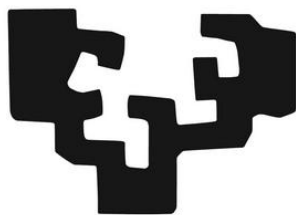


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Efectividad de las prendas de compresión como modalidad de recuperación de la fatiga muscular en jugadores de fútbol



Jarduera Fisikoaren eta
Kirolaren Zientzien Fakultatea
Facultad de Ciencias de la
Actividad Física y del Deporte



Departamento de
Educación Física y Deportiva
Gorputz eta Kirol
Hezkuntzako Saila

**Programa de Doctorado en
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
aprobado de acuerdo con el Real Decreto R.D. 1393.**

**Presentada por:
Diego Marqués Jiménez**

**Directores:
Dr. Iñaki Arratibel Imaz
Dr. Julio María Calleja González**

Vitoria-Gasteiz, 2017

Índice de contenidos

Índice de figuras e imágenes	p. 14
Índice de tablas	p. 18
Índice de anexos	p. 20
Agradecimientos	p. 22
Conflicto de interés y consideraciones éticas	p. 24
Lista de publicaciones	p. 26
Abreviaturas	p. 28
Prólogo	p. 32
Resumen / Abstract / Laburpena	p. 34
1. Introducción	p. 38
2. Revisión de la literatura	p. 44
2.1. Descripción del fútbol	p. 46
2.2. La fatiga	p. 54
2.3. Daño muscular inducido por el ejercicio	p. 63
2.4. La recuperación	p. 81
2.4. Resumen	p. 106
3. Hipótesis y objetivos	p. 108
3.1. Hipótesis de la Tesis Doctoral	p. 110
3.2. Objetivos de la Tesis Doctoral	p. 110
4. Diseño de la investigación	p. 112
5. Revisión sistemática	p. 118
5.1. Terapia de compresión	p. 120
5.2. Son eficaces las prendas de compresión para la recuperación del EIMD? Una revisión sistemática con metaanálisis	p. 140
6. Parte empírica (descriptiva y experimental)	p. 164
6.1. Método	p. 166
6.2. Análisis estadístico	p. 179

6.2.1	Análisis descriptivo de los partidos	p. 179
6.2.2	Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación	p. 179
6.2.3	Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación	p. 180
6.3	Resultados	p. 171
6.3.1	Análisis descriptivo de los partidos	p. 181
6.3.2	Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación	p. 191
6.3.3	Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación	p. 208
6.4.	Discusión	p. 225
6.4.1	Análisis descriptivo de los partidos	p. 225
6.4.2	Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación	p. 227
6.4.3	Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación	p. 237
7.	Conclusiones	p. 244
7.1	Conclusiones relacionadas con la primera hipótesis	p. 256
7.2	Conclusiones relacionadas con la segunda hipótesis	p. 246
7.3	Conclusiones relacionadas con la tercera hipótesis	p. 247
8.	Limitaciones y propuestas de futuro	p. 248
8.1	Limitaciones de la revisión sistemática	p. 250
8.2	Limitaciones de la parte empírica	p. 251
8.3	Propuestas de futuro	p. 252
9.	Aplicaciones prácticas	p. 254
10.	Referencias bibliográficas	p. 258
11.	Anexos	p. 312

Índice de figuras e imágenes

Figura 1. Interrupción de los filamentos en el vasto lateral a los 2 (B) y 7 días (C) posteriores al ejercicio dañino. Adaptado de Hortobágyi et al. (1998).	p. 66
Figura 2. Supercompensación (Bompa, 1983, tomado con permiso de Terrados et al., 2004).	p. 82
Figura 3. Correcta aplicación e incorrecta aplicación de las cargas de trabajo en el momento de supercompensación. Tomado con permiso de Terrados et al., (2004).	p. 83
Figura 4. Prenda de compresión graduada. Adaptado de Linnitt y Davies (2007).	p. 122
Figura 5. Disposición de la estructura de las fibras en el tejido de punto plano (A) y circular (B). Adaptado de Clark y Krimmel (2006).	p. 123
Figura 6. La envoltura de la fibra exterior alrededor del núcleo elástico se puede ajustar para variar la capacidad de estiramiento de la fibra. Una envoltura suelta (a) significa que es más elástico y menos fuerte que una fibra firmemente rodeada (b). Adaptado de Clark y Krimmel (2006).	p. 123
Figura 7. La compresión actúa contra la filtración y ayuda a la reabsorción. Adaptado de Partsch (2003).	p. 126
Figura 8. Incremento de la velocidad del flujo venoso por la presión externa. Adaptado de Litter (1952).	p. 132
Figura 9. Resumen de la estrategia de búsqueda y el proceso de selección basado en los estudios incluidos y excluidos (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 142
Figura 10. Resumen del riesgo de sesgo: juicios de los revisores acerca de cada elemento de riesgo de sesgo de cada estudio incluido (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 143
Figura 11. Juicios de los revisores sobre los elementos del riesgo de sesgo. 🟢 indica un bajo riesgo de sesgo; 🟡 indica un riesgo de sesgo incierto; 🔴 indica un alto riesgo de sesgo (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 144
Figura 12. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de $[La^-]$ (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016)	p. 151
Figura 13. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de CK (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016)	p. 152
Figura 14. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de LDH (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016)	p. 153
Figura 15. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de inflamación muscular (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016)	p. 154

Figura 16. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de potencia muscular (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 155
Figura 17. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de fuerza muscular (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 156
Figura 18. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de DOMS (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 158
Imagen 1. Sala donde se facilitó toda la información relacionada con la Tesis Doctoral.	p. 166
Imagen 2. Instalaciones donde se recogieron todos los datos de la Tesis Doctoral.	p. 168
Imagen 3. Momento de juego de uno de los partidos realizados.	p. 171
Figura 19. Representación esquemática del procedimiento de recogida de datos.	p. 171
Imagen 4. Momento de juego de uno de los partidos realizados en el que se aprecian las prendas de compresión utilizadas.	p. 172
Imagen 5. Monitorización de carga interna y externa.	p. 173
Imagen 6. Recogida de datos de altura en salto vertical.	p. 176
Imagen 7. Recogida de datos de sprint de uno de los participantes.	p. 177
Figura 20. Variables de carga interna registradas durante los partidos de futbol. Fig 20.1: %FC _{med} ; Fig 20.2: %FC _{máx} ; Fig 20.3: Tiempo (min) 50-59 % FC; Fig 20.4: Tiempo (min) 60 - 69 % FC; Fig 20.5: Tiempo (min) 70 - 79 % FC; Fig 20.6: Tiempo (min) 80 - 89 % FC; Fig 20.7: Tiempo (min) 90 - 100 % FC.	p. 188
Figura 21. Variables de carga externa registradas durante los partidos de futbol. Fig 21.1: N° Máximas Deceleraciones (-3.0 m/s ²); Fig 21.2: N° Altas Deceleraciones (-2.9; -2.0 m/s ²); Fig 21.3: N° Altas Aceleraciones (2.0; 2.9 m/s ²); Fig 21.4: N° Máximas Aceleraciones (3.0 m/s ²); Fig 21.5: Distancia Total (m); Fig 21.6: Velocidad Máxima (km/h); Fig 21.7: N° Sprints.	p. 189
Figura 22. Descripción de la diferencia de medias en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada. Fig 22.1: [La ⁻] (mmol/L); Fig 22.2: SaO ₂ (%); Fig 22.3: U (mg/dL); Fig 22.4: C (µg/dL); Fig 22.5: T (ng/dL); Fig 22.6: T/C.	p. 197
Figura 23. Descripción de la diferencia de medias en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada. Fig 23.1: altura CMJ (cm); Fig 23.2: altura SJ (cm); Fig 23.3: T-Test (s); Fig 23.4: Sprint 10 m (s); Fig 23.5: Sprint 20 m (s); Fig 23.6: Distancia YYIR2 (m); Fig 23.7: RSA medio (s); Fig 23.8: RSA Total (s); Fig 23.9: RSA IFF (%).	p. 198
Figura 24. Descripción de la diferencia de medias en esfuerzo (RPE) y recuperación percibida (TQR) en función del momento y la condición asignada. Fig 24.1: RPE (u.a); Fig 24.2: TQR (u.a).	p. 199

Figura 25. Tamaño del efecto en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; C: cortisol; D: descanso; La: lactato; P: post-partido; SaO₂: saturación de O₂ de la hemoglobina; T: testosterona; T/C: ratio testosterona/cortisol; U: urea. p. 204

Figura 26. Tamaño del efecto en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; CMJ: countermovement jump; D: descanso; IFF: Índice de fatiga Fitzsimons; P: post-partido; RSm: tiempo medio RSA; RSt: tiempo total RSA; SJ: squat jump; S10: Sprint 10 m; S20: Sprint 20 m; T: T-test; YY: Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2. p. 206

Figura 27. Tamaño del efecto en esfuerzo y recuperación percibida en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; D: descanso; P: post-partido; RPE: rango de esfuerzo percibido; TQR: escala de recuperación percibida. p. 207

Figura 28. Descripción de la diferencia de medias en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada. Fig 28.1: CK (UI/l); Fig 28.2: LDH (UI/l); Fig 28.3: GOT (UI/l); Fig 28.4: GPT (UI/l); Fig 28.5: GGT (UI/l). p. 214

Figura 29. Descripción de la diferencia de medias en DOMS en función del momento y la condición asignada. Fig 29.1: DT (u.a); Fig 29.2: DC (u.a); Fig 29.3: DA (u.a); Fig 29.4: DS (u.a); Fig 29.5: DI (u.a); Fig 29.6: DG (u.a) p. 215

Figura 30. Descripción de la diferencia de medias en inflamación en función del momento y la condición asignada. Fig 30.1: Inflamación muslo (% respecto a pre-partido); Fig 30.2: Inflamación pantorrilla (% respecto a pre-partido). p. 216

Figura 31. Tamaño del efecto en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; CK: creatina fosfoquinasa; GGT: gamma glutamil transferasa GOT: transaminasa glutámico oxalacética; GPT: transaminasa glutámico pirúvica; LDH: lactato deshidrogenasa; T: Testosterona total. p. 219

Figura 32. Tamaño del efecto en DOMS en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; DA: dolor aductor; DC: dolor cuádriceps; DG: dolor glúteo; DI: dolor isquiotibiales; DS: dolor sóleo; DT: dolor tibial. p. 221

Figura 33. Tamaño del efecto en inflamación en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; D: descanso; IM: inflamación muslo; IP: inflamación pantorrilla; P: post-partido. p. 222

Índice de tablas

Tabla 1. Distancia total recorrida (valores medios) por posiciones, durante un partido de futbol.	p. 48
Tabla 2. Distancia recorrida a diferentes intensidades (valores medios) por posiciones, durante un partido de futbol.	p. 49
Tabla 3. Frecuencia cardiaca durante un partido de futbol.	p. 51
Tabla 4. Concentración de lactato sanguíneo durante un partido de futbol.	p. 52
Tabla 5. Clasificación de los métodos y medios de recuperación.	p. 84
Tabla 6. Escala RPE (Borg, 1970) y escala TQR (Kenttä, 1996) en su versión traducida al castellano.	p. 96
Tabla 7. Principales características metodológicas de los estudios de la presente Tesis Doctoral.	p. 114
Tabla 8. Características de los tejidos (Clark y Krimmel, 2006).	p. 124
Tabla 9. Comparación de la clasificación de las medias de acuerdo a diferentes normas.	p. 125
Tabla 10. Estudios que investigan el efecto de las prendas de compresión en la recuperación (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).	p. 147
Tabla 11. Características antropométricas de los participantes para cada uno de los grupos realizados en la parte experimental.	p. 167
Tabla 12. Características de los grupos realizados en la parte experimental.	p. 167
Tabla 13. Análisis estadístico para comprobar la normalidad de la distribución de las variables de carga interna y carga externa.	p. 182
Tabla 14. Análisis descriptivo de las variables registradas durante las partes de los partidos.	p. 183
Tabla 15. Análisis descriptivo de las variables registradas durante los partidos.	p. 184
Tabla 16. Descripción de la diferencia de medias entre las variables de carga interna en pre-partido, descanso y post-partido en función de la condición asignada.	p. 186
Tabla 17. Descripción de la diferencia de medias entre las variables de carga externa en pre-partido, descanso y post-partido en función de la condición asignada.	p. 187
Tabla 18. Correlaciones ($>0,85$; $p<0,01$) entre las variables de carga interna y carga externa.	p. 191
Tabla 19. Análisis estadístico para comprobar la normalidad de la distribución de las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga, variables de rendimiento físico, y esfuerzo y recuperación percibida.	p. 192

Tabla 20. Descripción de la diferencia de medias en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada.	p. 193
Tabla 21. Descripción de la diferencia de medias en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada.	p. 194
Tabla 22. Descripción de la diferencia de medias en esfuerzo y recuperación percibida en función del momento y la condición asignada.	p. 196
Tabla 23. Tamaño del efecto en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada.	p. 203
Tabla 24. Tamaño del efecto en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada.	p. 205
Tabla 25. Tamaño del efecto en esfuerzo y recuperación percibida en función del momento y la condición asignada.	p. 207
Tabla 26. Análisis estadístico para comprobar la normalidad de la distribución los biomarcadores de EIMD, DOMS e inflamación.	p. 208
Tabla 27. Descripción de la diferencia de medias en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada.	p. 210
Tabla 28. Descripción de la diferencia de medias en DOMS en función del momento y la condición asignada.	p. 211
Tabla 29. Descripción de la diferencia de medias en inflamación en función del momento y la condición asignada.	p. 213
Tabla 30. Tamaño del efecto en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada.	p. 219
Tabla 31. Tamaño del efecto en DOMS en función del momento y la condición asignada.	p. 220
Tabla 32. Tamaño del efecto en inflamación en función del momento y la condición asignada.	p. 222
Tabla 33. Correlaciones ($>0,95$; $p<0,01$) entre las variables analizadas en función del momento y la condición asignada.	p. 223

Índice de anexos

Informe del Comité de Ética para las Investigaciones con Seres Humanos, sus
Muestras y sus Datos (CEISH) de la UPV/EHU.

p. 314

Agradecimientos

*No hay deber más urgente que el de saber ser agradecido.
James Allen (1864-1912), escritor filosófico británico*

La presente Tesis Doctoral ha necesitado de un proceso lleno de dedicación, esfuerzo, y sobre todo, ilusión. Aunque sólo tenga un protagonista, este trabajo no se podría haber realizado sin el apoyo y cariño incondicional de muchas personas. Todas ellas han contribuido, de una manera u otra, a que se haya realizado satisfactoriamente.

Por supuesto, quiero dar las gracias de corazón a las personas que han intervenido directamente en este trabajo. En primer lugar, al Dr. Julio María Calleja González por ayudarme con este trabajo, por empujarme, por aconsejarme, por creer que lo podía lograr. Gracias por ser mi tutor, gracias por confiar en aquel joven desconocido que se presentó en el despacho en busca de ayuda en mi periplo doctoral. En segundo lugar, agradecer al Dr. Iñaki Arratibel Imaz toda la ayuda, atención y esfuerzo realizado. Gracias por acompañarme en este proceso que por fin ha visto la luz. En tercer lugar, al Dr. Nicolás Terrados Cepeda, por hacerme un hueco en su desbordada agenda para guiarme en la realización esta Tesis Doctoral. Gracias por la enorme confianza que habéis depositado en mí en cada momento, por vuestro tiempo y paciencia.

Quiero dar las gracias a la UPV-EHU y el Departamento de Educación Física y Deportiva por ofrecerme todo tipo de facilidades para realizar este proyecto. A Javier Yanci, Julen Castellano, Rubén Ayarra y Hugo Salazar por la cesión de medios materiales para llevar a cabo todos los procedimientos requeridos. A Anne Delextrat por la colaboración en la traducción de las publicaciones científicas de este proyecto. A Fernando Uriarte por la colaboración en el análisis de las muestras hematológicas.

No puede faltar el eterno agradecimiento a los participantes, sin cuya colaboración no podría haber realizado esta Tesis Doctoral. Esta dificultosa tarea hubiera sido imposible sin vosotros, gracias por haberme ayudado en este transcendental trabajo. Gracias a Francisco García por el compromiso mostrado y por el esfuerzo realizado, y al Ayto del Tarazona y al personal del Servicio Municipal de Deportes por las facilidades en la cesión de instalaciones para llevar a cabo las tareas necesarias.

Gracias también a todos los profesores, investigadores y compañeros de carrera, tanto de Huesca como de Vitoria-Gasteiz, que me han ayudado a entender que, por mucho que se aprenda, siempre hay algo mejor. Gracias a mis familiares y amigos, a aquellos de cuya compañía sigo disfrutando como el primer día que los conocí, a pesar de que no nos veamos con la frecuencia deseada. Ya sabéis quienes sois y siempre contaréis conmigo. Sois los mejores.

Mama, gracias por darme tantas lecciones de vida, por hacer de mí una mejor persona. Prometo que seguiré tus consejos, y al verme te sentirás orgulloso de mí.

Papa, gracias por convertirme en la persona que soy hoy. De ti recibí las lecciones de vida más importantes, esas que toda persona debe aprender. Gracias por ello. Tu ausencia duele, pero tu recuerdo siempre me hará sonreír. Fuiste mi guía y mi luz, me abriste los ojos a la vida cuando yo aún era un niño. Me alegro de que lo hicieras porque hoy, cuando ha pasado el tiempo, te lo agradezco.

Conflicto de interés y consideraciones éticas

El autor declara que no tiene ningún conflicto de interés. El autor no recibió ninguna financiación y no está directa o indirectamente relacionado con el instrumental usado en la presente investigación.

El autor declara que la presente Tesis Doctoral es un trabajo original.

Se presentó el proyecto de investigación de la presente Tesis Doctoral al Comité de Ética para las Investigaciones con Seres Humanos, sus Muestras y sus Datos (CEISH) de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (CEISH/357/2015/MARQUÉS JIMÉNEZ), obteniendo un informe favorable (ver Anexos). Asimismo, se respetaron en todo momento los Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos establecidos en la Declaración de Helsinki (1964) y actualizados en Fortaleza (2013) promulgada por la Asociación Médica Mundial (WMA).

Lista de publicaciones

Publicaciones

- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Terrados, N. (2016). Fatiga y daño muscular en fútbol: un proceso complejo. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 21.
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Terrados, N. Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. (2016). *Archivos de Medicina del Deporte*, 33(6): 402-412
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., Terrados, N. (2017). Fatigue and recovery in soccer: evidence and challenges. *The Open Sports Sciences Journal*, 10, (Suppl 1: M5) 52-70.
- Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel I, Delextrat, A., Terrados, N. (2016). Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiology and Behavior*, 153: 133–484
- Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel I, Delextrat, A., Uriarte, F., Terrados, N. (2017). Influence of different types of compression garments on soccer match induced fatigue and recovery. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, (under review).
- Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel I, Delextrat, A., Uriarte, F., Terrados, N. (2017). Influence of different types of compression garments on exercise-induced muscle damage markers after a soccer match. *Research in Sports Medicine*, (under review).

Ponencias

- Marqués-Jiménez, D. ¿Son eficaces los medios de compresión en el deporte? En: Jornada “Sistemas de entrenamiento y recuperación. ¿Qué es eficaz y que no?”. Escuela Vasca del Deporte. Getxo, 11 junio de 2016.

Contribuciones a congresos

- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., Uriarte, F., Terrados, N. Compression garments and inflammatory markers in semi-professional players En: XXVI International Conference of Sport Rehabilitation and Traumatology. Football Medicine Strategies – The future of football medicine. Barcelona, Spain 13-15 May 2017.
- Calleja-González, J., Marqués-Jiménez, D., Arratibel, I., Delextrat, A., Terrados, N. Compression garments, physical performance and recovery after soccer matches En: XXVI International Conference of Sport Rehabilitation and Traumatology. Football Medicine Strategies – The future of football medicine. Barcelona, Spain 13-15 May 2017.

Abreviaturas

Acute Recovery and Stress Scale (ARSS)
Adenosín difosfato (ADP)
Adenosín trifosfato (ATP)
Alanina transaminasa, transaminasa glutámico-pirúvica (ALT/GPT)
Amonio (NH₄)
Aspartato transaminasa, transaminasa glutámico-oxalacética (AST/GOT)
Calcio (Ca)
Capacidad para repetir sprints (RSA - Repeated sprint ability)
Ciclo estiramiento-acortamiento (CEA)
Coeficiente de variación (CV)
Concentración de ácido láctico en sangre ([La⁻])
Contracción voluntaria máxima (MVC – maximal voluntary contraction)
Consumo de oxígeno (VO₂)
Consumo máximo de oxígeno (VO_{2máx})
Cortisol (C)
Countermovement Jump (CMJ)
Creatinkinasa (CK)
Cuestionario Perfil de Estados de Ánimo (POMS)
Daily Analysis of Life Demands for Athletes (DALDA)
Daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD - Exercise-induced muscle damage)
Desviación estándar (SD - Standar deviation)
Dolor aductores (DA)
Dolor cuádriceps (DC)
Dolor isquiotibiales (DI)
Dolor glúteo (DG)
Dolor muscular de aparición tardía (DOMS – Delayed-onset muscle soreness)
Dolor sóleo (DS)
Dolor tibial (DT)
Diferencia de medias estandarizada (SMD – Standard mean difference)
Distancia total (Dt)
Drop jump (DJ)
Efecto de intentos repetidos (RBE - Repeated bout effect)
Electrolitos de calcio (Ca⁺⁺)
Electrolitos de sodio (Na⁺)
Electromiografía (EMG)
Escala de percepción del esfuerzo (RPE – Rating of perceived exertion)
Esfuerzo muscular percibido (RPE_{mus})
Esfuerzo respiratorio percibido (RPE_{resp})
Especies reactivas de oxígeno (ROS)
Factor de crecimiento neuronal (NGF)
Factor de Necrosis Tumoral (TNF)

Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α)
Factor neurotrófico de células gliales ciclooxigenasa-2 (GDNF)
Fosfatos inorgánicos (Pi)
Fosfocreatina (PCr)
Frecuencia cardiaca (FC)
Frecuencia cardiaca máxima (FC_{máx})
Gamma glutamil transpeptidasa (GGT)
Horas (h.)
Iones de hidrogeno (H⁺)
Índice de correlación intraclase (ICC)
Índice de fatiga (IF)
Índice de fatiga de Fitzsimons (IFF)
Índice de masa corporal (IMC)
Interleucina 1 (IL-1)
Interleucina-6 (IL-6)
Interleucina 8 (IL-8)
Interleucina 10 (IL-10)
International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)
Intervalo de confianza (IC)
Inmunoglobulina A (IgA)
Inmunoglobulina G (IgG)
Inmunoglobulina M (IgM)
Kilómetro (km.)
Lactato deshidrogenasa (LDH)
Litros (l.)
Manganeso superóxido dismutasa (Mn-SOD)
Media (M)
Metros (m.)
Milimoles por litro (Mmol/L)
Minutos (min.)
Mioglobina (Mb)
Número de altas aceleraciones (AA; 2.0, 2.9 m/s²)
Número de altas deceleraciones (AD; -2.9, -2.0 m/s²),
Número de máximas aceleraciones (MA; 3.0 m/s²)
Número de máximas deceleraciones (MD, -3.0 m/s²),
Potasio (K)
Presión intramuscular (IMP)
Proteína C-reactiva (CRP)
Proteína Inflamatoria de Macrófago tipo 1 (MIP-1)
Rango de movimiento (ROM)
Ratio testosterona/cortisol (T/C)
Receptor Antagonista de IL-1 (IL-1Ra)
Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (REST-Q-Sport)
Repetición máxima (RM)

Saturación de O₂ de la hemoglobina (SaO₂)
Segundos (s.)
Squat Jump (SJ)
Tamaño del efecto (ES – Effect size)
Tamaño de la muestra (SS - Sample size)
Testosterona (T)
Testosterona libre (TL)
Testosterona total (TT)
Tiempo en zona de frecuencia cardíaca 1 (50-59% FC)
Tiempo en zona de frecuencia cardíaca 2 (60-69% FC)
Tiempo en zona de frecuencia cardíaca 3 (70-79% FC)
Tiempo en zona de frecuencia cardíaca 4 (80-89% FC)
Tiempo en zona de frecuencia cardíaca 5 (90-100% FC)
Tiempo medio obtenido en la prueba de RSA (RSAm)
Tiempo total empleado en la prueba de RSA (RSAt)
Total Recovery Scale (TQR)
Troponina I (TnI)
Urea (U)
Variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV – Heart rate variability)
Velocidad máxima (V_{máx})
Velocidad media (V_{med})
YoYo Intermittent Recovery Test 2 (YYIR2)
% frecuencia cardíaca media (%FC_{med})
% frecuencia cardíaca máxima (%FC_{máx})

Prólogo

La presente Tesis Doctoral se enmarca en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, en el área de fisiología aplicada al entrenamiento deportivo y, más concretamente, en el conocimiento del efecto de una estrategia de recuperación de la fatiga cada vez mas popularizada. Este estudio surge de la necesidad vocacional de uno mismo para contribuir honestamente a mejorar el proceso de entrenamiento en la modalidad deportiva que impera en la sociedad actual, el fútbol.

Considero de capital importancia aumentar el conocimiento acerca de los métodos de recuperación de la fatiga y el daño muscular inducido por el ejercicio en el proceso de entrenamiento en el fútbol. Asimismo, es fundamental disponer de información objetiva y fiable para aplicar unos estímulos de entrenamiento de manera idónea a cada situación y que optimicen al máximo el rendimiento deportivo.

En este sentido, el uso de las prendas de compresión puede ser una estrategia útil para mejorar el proceso de recuperación de la fatiga y el daño muscular inducido por el ejercicio. Por todo ello, esta Tesis Doctoral pretende aportar más información sobre la eficacia de las prendas de compresión en la recuperación del futbolista, indagando en aspectos que permitan optimizar el proceso de recuperación.

Uno de los aspectos destacables de esta investigación es que se pretende valorar la efectividad de las prendas de compresión para la recuperación de la fatiga y el daño muscular inducido por el perfil físico y fisiológico del fútbol en la máxima expresión de las demandas del fútbol, el partido. Son numerosos los estudios que han valorado la utilización de prendas de compresión en la recuperación, pero muy pocos lo realizan en deportes colectivos tras la actividad específica, el partido. Por ello, creemos fundamental que, antes de juzgar la eficacia de una modalidad que pueda favorecer la recuperación, la fatiga y el daño muscular sea generada por la actividad deportiva realizada en sí misma. ¿Qué mejor manera de valorarlo que en las competiciones? De nada sirve confirmar una mejor recuperación ante grandes niveles de fatiga o un gran daño muscular provocado inespecíficamente, o con protocolos tremendamente fatigantes diseñados en laboratorio, si la actividad deportiva nunca va a generar esa magnitud de fatiga y/o daño muscular.

Por tanto, si las conclusiones y aplicaciones prácticas que se desprenden de esta investigación pueden ser de alguna ayuda para el proceso de entrenamiento del futbol, todo el trabajo habrá merecido la pena.

Resumen

Numerosas investigaciones han evidenciado los efectos fisiológicos, perceptivos y en la función muscular durante partidos de futbol y el periodo de recuperación. Actualmente se están mostrando los efectos de algunas estrategias de recuperación de la fatiga o del EIMD en futbolistas pero, para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que evalúa la influencia de llevar diferentes tipos de prendas de compresión durante partidos de futbol amistosos y durante el periodo de recuperación.

Los objetivos de la presente Tesis Doctoral fueron:

1. Revisar la literatura científica para identificar los beneficios de las prendas de compresión durante la recuperación, resumir los resultados de los datos existentes e identificar los posibles mecanismos de los resultados observados.
2. Valorar la influencia de utilizar diferentes prendas de compresión durante partidos amistosos y 7 h/día en la recuperación de la fatiga en jugadores de fútbol.
3. Valorar la influencia de utilizar diferentes prendas de compresión durante partidos amistosos y 7 h/día en la recuperación del EIMD en jugadores de fútbol.

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizó una revisión sistemática con meta-análisis y un estudio experimental compuesto de dos apartados. Se realizaron dos partidos de futbol amistosos mediante un diseño cruzado de dos etapas, en los que los participantes fueron asignados a un grupo experimental, los cuales también formaron el grupo control. Para valorar la influencia de diferentes tipos de prendas de compresión, los participantes fueron divididos aleatoriamente en tres grupos (grupo con medias de compresión, grupo con perneras de compresión, grupo con musleras de compresión), cada uno de los cuales las llevo durante el partido y 7 h/día durante los 3 días posteriores cuando tuvieron que actuar en la condición de experimental. Se midieron marcadores de fatiga (biomarcadores, rendimiento físico, marcadores perceptivos) y marcadores de EIMD (biomarcadores, dolor e inflamación) durante los partidos y hasta 72 h. post-partido

Los resultados muestran que, a pesar de la poca significación estadística alcanzada, los diferentes tipos de prendas de compresión tienen un efecto positivo tanto en la atenuación de las respuestas provocadas por la fatiga como en las respuestas asociadas al EIMD. En respuesta a los síntomas de la fatiga, las perneras de compresión son las más efectivas, y en respuesta a los síntomas del EIMD, las perneras y musleras de compresión son las más efectivas.

La alta variabilidad en la respuesta física del futbolista en respuesta a las exigencias de un partido de futbol pone de manifiesto la necesidad de nuevos estudios en situaciones reales de juego, de tal modo que permita establecer conclusiones prácticas y que sean aplicables teniendo en cuenta la variabilidad en la respuesta física del futbolista. Esto permitiría verificar la influencia de diferentes métodos de recuperación, como las prendas de compresión, en la fatiga periférica y el posible EIMD asociado en estos deportistas.

Abstract

Numerous investigations have aimed to determine the physiological, perceptual and neuromuscular function effects during match play and recovery periods. To reduce the magnitude of fatigue or EIMD and to accelerate the time to fully recover on, several recovery strategies are now used in soccer teams. But there is not enough information on the effects of compression therapy in soccer players during recovery after matches. To the best of our knowledge, this is the first study that evaluates the influence of different types of compression garments on soccer match induced fatigue, EIMD and recovery.

The objectives of this thesis were:

1. To review the current literature about the benefits of CGs for recovery, resume existing data and identify potential explanatory mechanisms for these results.
2. To evaluate the influence of wearing different types of compression garments during soccer matches and 7 h/day during recovery period on soccer match induced fatigue.
3. To evaluate the influence of wearing different types of compression garments during soccer matches and 7 h/day during recovery period on EIMD.

The objectives proposed were achieved through a systematic review with meta-analysis and an experimental study composed of two sections (fatigue and EIMD). Two friendly soccer matches were performed through a two-stage crossover design. Participants acted as controls in one match and were randomly assigned to an experimental group (compression stockings group, full-leg compression group, shorts group) in the other match. Participants in experimental groups played the match wearing the assigned compression garments, which were also worn in the 3 days post-match, for 7h each day. Fatigue markers (biomarkers, physical performance, perceptual markers) and EIMD markers (biomarkers, muscle soreness and swelling) were measured during matches and up to 72 h.

Despite the low statistical significance, results show that compression garments have moderate beneficial effects on the recovery of soccer match induced fatigue and can be useful to reduce EIMD symptoms. Full-leg compression garments are the best option to reduce soccer match induced fatigue, whereas EIMD symptoms can be attenuated largely when soccer players use full-leg compression garments or compression shorts. Individual variation in soccer match demands highlights the importance of conducting research in field or in real conditions, which enable us to make practical conclusions. This would allow verifying the effects of recovery strategies after specific soccer tasks, such as compression garments, on peripheral fatigue and associated EIMD.

Laburpena

Ikerketa ugariak futbol-partiden bitartean eta errekupeazio-aldietan efektu fisiologikoak, pertzeptiboak eta muskuluaren funtzioan nabarmentzen dituzte. Gaur egun futbolariengan nekearen errekupeazioko edo EIMD-eko estrategia batzuen efektuak erakusten ari dira, baina, guk dakigunez, hau da futboleko lagun arteko partidaren eta errekupeazio-aldian konpresio-jantziaren mota desberdinak eramatearen eragina aztertzen duen ikerketa da.

Doktore-tesi honen helburuak izan ziren:

1. Errekupeazio-aldian konpresio-jantziaren onuraren identifikatzeko, ageri diren datuen emaitzak laburtzeko eta ikusi diren emaitzetan izan daitezkeen mekanismoak identifikatzeko literatura zientifikoa ikuskatzea.
2. Futbol-jokalaritan lagun arteko partidetan eta nekearen errekupeazio-aldiko 7 h/egun konpresio-jantzi desberdinak erabiltzearen eragina baloratzea.
3. Futbol-jokalaritan lagun arteko partidetan eta EIMDen errekupeazio-aldiko 7 h/egun konpresio-jantzi desberdinak erabiltzearen eragina baloratzea.

Proposatutako helburuetara heltzeko berrikuste sistematikoa egin zen, meta-analisiarekin eta bi atalek konposatutako ikerketa esperimentalekin. Lagunarteko bi futbol-partida jokatu ziren, bi etapako gurutzatutako diseinuaren bitartez, parte-hartzaileak talde esperimentalera esleitu zutenetan, zeinek talde kontrola ere eratu zuten. Konpresio-jantzi desberdinen eragina baloratzeko parte-hartzaileak aleatorioki hiru taldetan banatuak izan ziren (konpresio-galtzerdietako taldea, konpresio-zangoen taldea, konpresio-izter-babeseko taldea). Talde bakoitzak, modu esperimentalean zeudenean, partidaren ondorengo 3 egunetan 7h/egun eraman zituen. Neke markatzaileak (biomarkatzaileak, errendimendu fisikoa, pertzeptzio-markatzaileak) eta EIMD markatzaileak (biomarkatzaileak, mina eta hantura) partidaren bitartean eta partidaren ondorengo 72 h-etan neurtu ziren.

Emaitzek erakusten dute, nahiz estatistikoki esanahi gutxi lortu, konpresio-jantzi desberdinak eragin positiboa dutela, bai nekeak eragindako erantzunen bai EIMD-rekin lotutako erantzunen moteltzean. Nekearen sintomen erantzunetan konpresio-zangoak eragingarriak izan dira, eta EIMD-ren sintomen erantzunetan berriz eragingarriak konpresio-galtzerdiak eta izter-babesak izan dira.

Futbol-partida baten eskaerei futbolariaren erantzun fisikoaren aldakortasun handiak jokoko egoera errealeara egokitzen diren ikerketa berrien beharra agerira ateratzen du, konklusio praktikoak ezartzea baimentzeko moduan, eta konklusio horiek futbolariaren erantzun fisikoaren aldakortasuna kontuan hartuta praktikan jartzea posible izatea. Honek, kirolari hauengan kanpoaldeko nekean eta elkarturiko EIMD posiblean konpresio-jantziaren antzeko errekupeazio-metodo desberdin eragina egiaztatzea baimenduko luke.

1. Introducción

**La verdadera ignorancia no es la ausencia de conocimientos,
sino el hecho de negarse a adquirirlos.**

Karl Popper (1902-1994), filósofo austríaco.

La verdadera ciencia enseña, sobre todo, a dudar y a ser ignorante.

Miguel de Unamuno (1864-1936), escritor y filósofo español.

La evolución del conocimiento en el área del entrenamiento deportivo deja cada vez menos margen a la improvisación y a la intuición en la gestión de las variables que afectan al rendimiento deportivo. A pesar de que desde el año 2000 más de 1200 estudios se hayan publicado en potentes revistas biomédicas describiendo la biología y la medicina de la recuperación post-ejercicio (Ostojic, 2016), el conocimiento de los procesos de recuperación del esfuerzo deportivo permanece en un estadio de subdesarrollo científico en comparación con el avance experimentado en el área del entrenamiento (Terrados, Mora, y Padilla, 2004). Tal deficiencia ha llevado al mantenimiento de rutinas de intervención por parte de entrenadores y deportistas poco justificadas científicamente, en ocasiones basadas en creencias, fundadas sobre observaciones, experiencias y anécdotas.

A pesar de ello, son muchos los autores que han señalado la relevancia que la recuperación tiene en el rendimiento deportivo, pues constituye uno de los principios básicos del entrenamiento. Según Luttrell y Halliwill (2015), la fisiología de la recuperación es un proceso multifacético y complejo, y es probable que involucre sistemas y vías distintas de la fisiología del ejercicio en sí misma. Por estas razones, merece una consideración especial en la investigación.

La recuperación es uno de los constituyentes menos comprendidos e investigados del ciclo ejercicio-adaptación (Bishop, Jones, y Woods, 2008) y con escaso conocimiento práctico, debido, entre otros, a la escasa comprensión de la fatiga (Abbiss y Laursen, 2005; Kay et al., 2001). El conocimiento de la fatiga pueden ayudar a investigar la recuperación, y los conocimientos adquiridos en el estudio de la recuperación pueden proporcionar conocimientos sobre las causas de la fatiga (Bishop et al., 2008). Lo mismo podría decirse del daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD). La dificultad para comprender los mecanismos de EIMD y el proceso de reparación es esencial para poder establecer claras estrategias de recuperación tras el entrenamiento.

Los miembros del cuerpo técnico de los equipos de fútbol deben equilibrar el entrenamiento destinado a mejorar la fuerza, la velocidad, la capacidad cardiovascular, el estado psicológico, y las habilidades técnicas a lo largo de la temporada, sin afectar a la recuperación y a la predisposición del futbolista para jugar el próximo partido (Sjökvist et al., 2011). Pero el gran reto es determinar el punto en el que las intensas demandas del entrenamiento y la competición genera una sobrecarga no funcional que afecta negativamente al rendimiento (Halsón, 2014). Así, el desarrollo de un plan estratégico dirigido a la comprensión de los procesos de fatiga y recuperación posterior al ejercicio permite a los deportistas entrenar y/o competir a mayor intensidad y con mejor calidad, evitar disminuciones en el rendimiento, prevenir la fatiga y experimentar síntomas de sobreentrenamiento y lesiones. (Bompa, 1994; Calder, 2003; Cochrane, 2004; Hogarth, Burkett, y McKean, 2014; Kuipers y Keizer, 1988; Porta y Miquel, 1990; Terrados et al., 2004). Por tanto, la evaluación rutinaria de la fatiga y la recuperación es de vital importancia para mejorar la prescripción del entrenamiento individual y garantizar la preparación para la competición (Wiewelhove et al., 2015).

Es relativamente sencillo examinar el efecto del entrenamiento en el rendimiento deportivo, pero no es fácil discernir científicamente la valía de un método de recuperación: en determinadas ocasiones no podemos constatar si la recuperación del esfuerzo deportivo es suficiente e idónea hasta la siguiente sesión de entrenamiento o competición. Es más, si es demasiado tarde para actuar puede haber malas prestaciones

del deportista o equipo (Terrados et al., 2004). Generalmente se valora un método de recuperación midiendo el rendimiento deportivo tras su aplicación. Esto proporciona una comprensión de cómo un deportista se recupera de la competición y/o entrenamiento y facilita una guía práctica sobre cuando los deportistas pueden ser más vulnerables a lesiones y estados de sobreentrenamiento no funcionales (Hogarth et al., 2014).

La dificultad para valorar la efectividad de un método recuperador radica en dos motivos. Por un lado, los estudios que miden el rendimiento deportivo en laboratorio, aunque simulan la realidad, nunca son completamente iguales a una situación de competición (Terrados et al., 2004). Por otro lado, se deben utilizar varias medidas neuromusculares, perceptuales y bioquímicas para describir el ciclo de recuperación de la fatiga post-ejercicio que proporcionen conocimientos más concluyentes (Hogarth et al., 2014). Además, con el fin de hacer interpretaciones significativas, los entrenadores deben ser conscientes de la variabilidad diaria de las medidas neuromusculares, perceptuales y bioquímicas (Hogarth et al., 2014).

Si bien los hallazgos suponen un gran avance en el conocimiento de la fatiga muscular aguda en el fútbol, una vez más la falta de especificidad en el protocolo de inducción a la fatiga, que debe ser apuntado como un requerimiento mejorable que permita extraer información más precisa y fiable, pues la actividad competitiva presenta requerimientos de carácter sensorial o psicológico de acción sinérgica con las demandas condicionales (Zhelyazkov, 2001). Dado que los futbolistas pueden fatigarse física, metabólica y mentalmente, los estudios de recuperación en fútbol deberán centrarse en invertir o minimizar la fatiga producida en competición y/o entrenamiento, lejos de protocolos fatigantes en laboratorio. La evaluación de la fatiga fisiológica debe realizarse en situaciones en las que el carácter de la tarea sea específica al deporte en cuestión (Greig, Marchant, Lovell, Clough, y McNaughton, 2007). En caso de no ser así, se puede sobreestimar la respuesta fisiológica, ya que realizar una tarea con connotaciones mentales o tácticas implica una disminución de la respuesta fisiológica (frecuencia cardíaca, lactato en sangre), debido a la asociación con la tarea cognitiva y disociación del esfuerzo físico.

Todas las sesiones de entrenamiento y competición suponen una oportunidad de mejora de las capacidades, por lo que es objetivo básico para los deportistas tratar de afrontar cada sesión o encuentro en el mejor estado posible (Calder, 2003). Cualquier tipo de retraso en la reparación del EIMD o aplicación de estímulos en estados de fatiga superiores a los deseados por el cuerpo técnico puede tener un impacto negativo en los mecanismos de la recuperación. Los procesos de recuperación para reducir la fatiga y el EIMD se presentan, por tanto, como un elemento fundamental en la gestión del balance estrés-regeneración. Diferentes métodos y medios han sido contemplados como estrategias válidas para recuperación en el fútbol, pero la evidencia científica en algunos casos no es lo suficientemente amplia ni concluyente.

La mayoría de estudios han investigado los efectos de las prendas de compresión en los individuos con trastornos vasculares, concluyendo que las prendas de compresión inician una serie de efectos fisiológicos y bioquímicos complejos que implican a venas, arterias y al sistema linfático. En teoría, el mecanismo de actuación de las prendas de compresión es multifactorial.

Al aumentar la presión hidrostática del tejido y su compresión mecánica, la prenda estimula la creación de un gradiente de presión (caída de la presión externa), lo que compensa parcialmente cambios en la presión osmótica, favoreciendo la reabsorción de líquidos y reduciendo el diámetro de los vasos venosos y el espacio posible para el edema. Estos mecanismos simulan la acción de la bomba muscular, favoreciendo el retorno venoso y aumentando la velocidad del flujo sanguíneo. La inflamación también se puede reducir debido al aumento de la presión hidrostática aplicada al tejido, facilitando el drenaje linfático y reduciendo la extravasación de líquido de los capilares, provocando mejoras en la función muscular y en la reducción del daño celular en la unidad contráctil. En su conjunto, estos factores podrían explicar los resultados positivos de las prendas de compresión, la disminución de la exudación y el grado de la quimiotaxis, atenuando así la respuesta inflamatoria y el dolor muscular de aparición tardía (delayed-onset muscle soreness - DOMS).

A nivel muscular pueden actuar como medio para reducir la fatiga muscular y el EIMD por diversos mecanismos. Con su aplicación se atenúan las fuerzas de impacto posterior al salto y reducen la oscilación muscular durante ejercicios de carrera, de modo que una reducción en la vibración también puede reducir el estrés mecánico del tejido muscular. Frente a los síntomas del EIMD, el tratamiento compresivo parece minimizar la pérdida temporal de fuerza, probablemente debido a la reducción del número de fibras musculares afectadas, a una mejor reparación y alineación de las fibras musculares y unidades contráctiles dañadas, a una posible inmovilización o limitación de ciertos movimientos, y a la reducción de la inflamación y del DOMS.

Aunque existe una gran investigación sobre el uso de prendas de compresión ante de una gran variedad de estímulos de ejercicio físico, es insuficiente lo publicado hasta el momento en deportes de equipo, como el fútbol. En primer lugar, por tanto, realizamos una aproximación teórica al proceso de fatiga-recuperación en fútbol y en segundo lugar analizamos los conceptos asociados al tratamiento compresivo. Tras ello, se expone la parte experimental de esta Tesis Doctoral.

2. Revisión de la literatura

**Nuestro conocimiento es necesariamente finito,
mientras que nuestra ignorancia es necesariamente infinita.**

Karl Popper (1902-1994), filósofo austríaco.

**No son las discusiones políticas tan largas y complejas que se leen en
los periódicos los que hacen progresar a la humanidad,
sino más bien los descubrimientos científicos
o los trabajos del pensamiento humano y sus aplicaciones.**

Louis Pasteur (1822-1895), químico y bacteriólogo francés.

2.1. Descripción del fútbol

2.1.1. El fútbol y su lógica interna

En el fútbol se dan situaciones sociomotrices o procesos de interacción y de comunicación interpersonal que se desarrollan en el marco estratégico impuesto por la regla del juego (Parlebas, 2001). Siguiendo a este autor, la lógica interna del fútbol se definiría en base a los siguientes rasgos:

- Duelo colectivo. Situación de enfrentamiento entre dos equipos adversarios con intereses contrapuestos, de modo que hay una intermotricidad simultánea. La red de comunicación es de colaboración-oposición, habiendo relaciones dentro del grupo de colaboración, mientras que las intergrupales son siempre de oposición.
- Uso simultáneo del balón. No debemos confundirlo con la alternancia que los equipos tienen del balón. Las excepciones quedan circunscritas a las situaciones a balón parado, donde el equipo poseedor del balón dispone de tiempo y espacio para poner el balón en juego, el equipo contrario no podrá intervenir hasta que el balón se ponga en movimiento. El resto del tiempo la disponibilidad del uso del balón dependerá de la propia iniciativa de los jugadores, pues no existe ninguna limitación reglamentaria al respecto.
- Secuencia libre de las posesiones. Alternancia de posesiones y no posesiones de balón que tienen los equipos.
- Espacio polarizado. Las porterías determinan el sentido del juego de los equipos.
- Soporte de marca. El resultado del partido es uno de los objetivos prioritarios del juego, incluso puede condicionar el planteamiento táctico del encuentro.

En definitiva, es un deporte abierto cuya variabilidad de situaciones es muy amplia y que no son, como ya señalaba Bartlett (1932), idénticas entre sí.

2.1.2. La actividad física del futbolista

El fútbol es un deporte intermitente que abarca breves periodos de carreras a alta intensidad y períodos de ejercicio a baja intensidad (Bangsbo, 1994a; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, y Impellizzeri, 2007), con cambios de actividad cada 4-6 segundos (s.) (Bangsbo, 1994a; Krstrup, Mohr, Ellingsgaard, y Bangsbo, 2005; Mohr, Krstrup, y Bangsbo, 2003; Reilly y Bowen, 1984; Reilly y Thomas, 1976). Un jugador de nivel internacional realiza aproximadamente 1.330 acciones durante un partido, incluyendo cerca de 220 carreras a alta velocidad (Barros et al., 2007; Di Salvo et al., 2007; Mohr et al., 2003; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, y Wisløff, 2009).

Aunque es predominantemente aeróbico (Stølen, Chamari, Castagna, y Wisløff, 2005), donde el 90% de la energía es facilitada por dicho metabolismo (Hoff, Wisløff, Engen, Kemi y Helgerud, 2002), la existencia de esfuerzos de alta intensidad dan relevancia a la vía anaeróbica (Sporis, Ruzic, y Leko, 2008). Las demandas del juego incluyen un gran número de movimientos explosivos tales como aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección (Varley y Aughey, 2013), saltos, impactos, golpes al balón y tackles (Andersson, Ekblom, y Krstrup, 2008), los cuales tienen un poderoso componente excéntrico con un potencial EIMD (Nédélec et al., 2012). Un reciente estudio ha demostrado que en futbolistas profesionales, las aceleraciones suponen el 7-10% de la carga que soporta el futbolista, mientras que las desaceleraciones suponen el

5-7% (Dalen, Jørgen, Gertjan, Geir Havard, y Ulrik, 2016), las cuales se realizan de manera independiente o unidas al resto de acciones anteriormente señaladas. Esas acciones explosivas son cruciales para los resultados de los partidos (Hoff y Helgerud, 2004), pues muchas de ellas preceden a situaciones decisivas del juego (Dupont, Millet, Guinhouya, y Berthoin, 2005; Oliver, Armstrong, y Williams, 2007). Por ello, la capacidad para repetir las sin perder eficacia es clave para que el jugador tenga éxito en la competición (Paton, Hopkins y Vollebregt, 2001). Además, la evolución del fútbol ha provocado que haya un aumento de la intensidad y una reducción del tiempo efectivo de juego, de modo que pausas más largas permiten una mejor recuperación para soportar la creciente intensidad (Wallace y Norton, 2014).

2.1.3. Perfil físico y fisiológico del futbolista

Las demandas fisiológicas del fútbol están representadas por las intensidades a las cuales se llevan a cabo las distintas actividades durante un partido. Esto tiene implicaciones en cuanto a la capacidad física necesaria de los jugadores y también para la determinación de adecuados regímenes de entrenamiento y programas de recuperación. Por ello, la planificación del entrenamiento en deportes de equipo no puede estar ajeno ni alejado del conocimiento de las demandas físicas, fisiológicas y energéticas del deporte en el que se actúe (Barbero, 1998).

La fuerza y la potencia, las cuales ofrecen información determinante en la capacidad del futbolista para las acciones de sprintar, saltar, etc. (Le Gall, Carling, y Reilly, 2007), comparten importancia con la resistencia (Stølen et al., 2005). La potencia, a su vez, depende en gran medida de la fuerza máxima (Bührlé y Schmidtbleicher, 1977), y un aumento en la segunda parece estar conectado con una mejora en la fuerza relativa y por lo tanto con una mejora en las habilidades que requieren potencia (Hoff, Berdahl, y Bråten, 2002). De todos modos, la clasificación de los deportes de equipo en función del sistema metabólico preferente, está aún en proceso de estudio (Calleja-González, Lekue, Leibar, Seco, y Terrados, 2007).

Según el enfoque aportado por Grosgeorge (1990), y utilizado por Terrados, Calleja-González y Schelling (2011), se distinguen dos tipos de aspectos fisiológicos comunes en deportes de equipo y su relación con la fatiga. Ambos refieren al concepto de carga que soportan los jugadores, definida por González-Badillo y Serna (2002) como el conjunto de exigencias psicológicas y biológicas (carga interna o real) provocadas por las actividades de entrenamiento o competición (carga externa o propuesta):

- Indicadores externos: son todas aquellas variables externas al organismo que nos informan de la carga competitiva del jugador (distancias recorridas por cada uno de los jugadores, tiempos, intensidades, etc.).
- Indicadores internos: son todas aquellas variables internas al propio organismo que, con la ayuda de aparatos y de tecnología avanzada, podemos conocer y que nos informan del esfuerzo biológico desarrollado por el jugador (niveles de lactato en sangre, tasa cardiaca, volumen de oxígeno consumido, etc.).

i) Subcomponentes de los indicadores externos

a) La distancia recorrida

A nivel general, el análisis de actividades durante los partidos de fútbol indica que un jugador de fútbol de élite cubre una distancia media 11-13 km (Bangsbo, Mohr, y Krustup, 2006; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, y Drust, 2009; Mohr et al., 2003; Njororai, 2012; Rey, Lago-Peñas, Lago-Ballesteros, Casais, y Dellal, 2010). Sin embargo, el conocimiento de esta variable no debería entenderse de forma aislada a las variables de orden estructural como son las posiciones de los sistemas de juego, ya que cada posición lleva asociada una serie de comportamientos tácticos que influye en las distancias recorridas. En la Tabla 1 se encuentran reflejadas algunas de las diferencias a las que estamos haciendo alusión:

Tabla 1. Distancia total recorrida (valores medios) por posiciones, durante un partido de fútbol.

Distancia cubierta (m) por jugadores de fútbol masculinos y femeninos según la posición					
Autor	Nivel/País (sexo)	Posición sin especificar	Defensa	Centrocampista	Delantero
Mohr et al. (2003)	Élite / Dinamarca e Italia (F)		9740 (centrales)	11000	10480
			10980 (laterales)		
Rampinini, Coutts et al. (2007)	Profesionales (M)		9995 (centrales) 11233 (laterales)	11748	10233
Di Salvo et al. (2007)	Profesionales / España (M)	11.393	11410 (laterales) 10627 (centrales)	11990 (laterales) 12027 (centrales) (mediocentros)	11254
Zubillaga, et al. (2008)	Profesionales / España (M)	5.598 (por periodo)	5557 (laterales por parte) 5205 (centrales por parte)	5925 (mediocentros por periodo) 5835 (laterales por periodo)	5750 (por periodo)
Lago-Peñas et al. (2010)	1ª División / España (M)		10491 (laterales)	11320 (mediocentros)	10686
			11050 (centrales)	11425 (laterales)	
Dellal et al. (2011)	1ª División / Inglaterra (M)		10649,7 (laterales)	11247,3 (mediocentros)	10717,7
			10617,3 (centrales)	11240,8 (laterales)	
Dellal et al. (2011)	1ª División / Inglaterra (M)		10775,3 (laterales)	11555,6 (mediocentros)	10802,8
			10617,3 (centrales)	11040,8 (laterales)	

b) Tipo e intensidad de los desplazamientos

La distancia total (Dt) recorrida por el futbolista no se realiza a la misma intensidad, sino que es variable. Se ha demostrado que la mayor parte de la actividad se realiza a baja intensidad, mediante actividades como caminar y trotar (Di Salvo et al., 2009). Durante un partido, un jugador permanece inmóvil durante un 20% del encuentro, andando durante un 40%, desplazándose mediante carreras de baja intensidad durante un 30% y a carreras de alta intensidad durante un 10%. En cambio, los sprints sólo representan el 1% sobre el total (Krustup et al., 2005; Mohr et al., 2003). Por ejemplo, en el Copa Mundial de la FIFA 2010, los movimientos de baja intensidad dominaron

(84,1%), seguidos de los de alta (8,3%) y media intensidad (7,6%) (Njororai, 2012). Aproximadamente 2–3 km son realizados a alta intensidad y 0.5 km a sprint (Bradley et al., 2009; Mohr et al., 2003). Hallazgos recientes han demostrado que jugadores de élite mundial realizan $17,2\pm 3,9$ sprints por partido, mostrando secuencias de sprints repetidos (mínimo 3 sprints consecutivos con una duración menor de 30 s. entre sprints) cada 462 minutos (min.) (Schimpchen, Skorski, Nopp, y Meyer, 2016).

Otro factor muy importante en la actividad de alta intensidad es la influencia de la posición de los jugadores (Bangsbo, 1994a; Mohr et al., 2003). En un primer momento parecía que los jugadores de mediocampo corrían menos distancia a una velocidad más baja que los defensores y delanteros, y no parecían existir diferencias entre las posiciones al comparar la distancia cubierta a alta velocidad (Bangsbo, 1994a), pero se ha demostrado no ser así. Se encontró que los defensas centrales cubren menos Dt y distancia a alta intensidad que jugadores de otras posiciones (Mohr et al., 2003), datos confirmados por otros autores (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009; Rampinini, Coutts et al., 2007; Zubillaga et al., 2008). Parece que los defensas laterales son los jugadores que más distancia recorren a intensidades altas (Rampinini, Coutts et al., 2007; Zubillaga et al., 2008), pero otros estudios han mostrado que son los centrocampistas laterales (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2009; Mallo, Mena, Nevado, y Paredes, 2015). Los centrocampistas recorren más distancia con velocidades de 11-23 km/h (Di Salvo et al., 2007), incluso entre 14-23 km/h (Rampinini, Coutts et al., 2007; Zubillaga et al., 2008). Por último, los delanteros recorren mayor número de metros (m.) en sprint, con velocidades superiores a 23 km/h (Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009). En la Tabla 2 se encuentran reflejadas algunas de las diferencias a las que estamos haciendo alusión:

Tabla 2. Distancia recorrida a diferentes intensidades (valores medios) por posiciones, durante un partido de fútbol.

Distancia cubierta a diferentes intensidades (m) por jugadores de fútbol masculinos y femeninos según la posición								
Autor	Nivel / País (sexo)	Nivel de intensidad	Defensas	Defensas laterales	Centrocampistas	Cent. laterales	Delanteros	
Rampinini, Coutts et al. (2007)	Profesionales (M)	0-0,7 km/h	297±101	263±93	238±76	310±77	310±77	
		0,7-7,2 km/h	3549±213	3241±209	3103±207	3534±210	3534±210	
		7,2-14,4 km/h	1498±155	1601±156	1726±174	1361±160	1361±160	
		14,4-19,8 km/h	278±62	411±72	467±76	321±59	321±59	
		19,8-23 km/h	76±24	123±26	118±24	95±18	95±18	
		>23 km/h	18±10	31±12	24±12	27±10	27±10	
Di Salvo et al. (2007)	Profesionales / España (M)	0-11 km/h	7080±420	7012±377	7061±272	6960±601	6598±438	
		11,1-14 km/h	1380±232	1590±257	1965±288	1743±309	1562±295	
		14,1-19 km/h	1257±244	1730±262	2116±369	1987±412	1683±413	
		19,1-23 km/h	397±114	652±179	677±184	738±174	621±161	
		>23 km/h	215±100	402±165	248±116	446±161	404±140	
Zubillaga, et al. (2008)	Profesionales / España (M)	<14 km/h	932±207 ^a	1299±27 ^a	1463±344 ^a	1514±302 ^a	1420±313 ^a	
		14-21 km/h	736±166 ^a	958±198 ^a	1175±304 ^a	1112±245 ^a	1080±239 ^a	
		>21 km/h	196±82 ^a	341±126 ^a	287±104 ^a	402±135 ^a	339±128 ^a	
Lago-Peñas et al. (2010)	1ª División / España (M)	0-11 km/h	6864±228	6791±245	69421±175	6892±261	6813±251	
		11,1-14 km/h	1611±181	1621±175	1794±210	1671±278	1378±232	
		14,1-19 km/h	1441±277	1735±247	1903±334	1916±161	1567±336	
		19,1-23 km/h	388±114	576±135	502±132	609±117	584±116	
		>23 km/h	188±84	327±131	179±84	337±94	334±112	
Dellal et al. (2011)	1ª División / España (M)	21-24 km/h	226.1±53.8	284.8±54.7	279.6±66.2	310.6±67	288.6±56.1	
		>24,1 km/h	193±64.6	248.9±77.4	203.3±76.4	250.8±71.5	260±72.6	
		21-24 km/h	240.8±63.9	270.1±55	319.67.7±	298±62.4	299.8±63.7	
		Inglaterri (M)	>24,1 km/h	208.5±69.4	263±76.4	245.8±77.9	259.2±48.9	278.2±78.0

^a: datos referentes a media parte

La distancia cubierta con balón a diferentes intensidades también varía según la posición (Di Salvo et al., 2007; Rampinini, Coutts et al., 2007). Gracias a los avances

tecnológicos conocemos el número y frecuencia de las aceleraciones que realizan los futbolistas. Las máximas aceleraciones o deceleraciones ($>3 \text{ m/s}^2$; $<3 \text{ m/s}^2$) son las que aparecen con menor frecuencia en los partidos, mientras que las bajas aceleraciones o deceleraciones ($0-1 \text{ m/s}^2$; $-1-0 \text{ m/s}^2$) son las que aparecen con mayor frecuencia (Akenhead, Hayes, Thompson, y French, 2013; Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, y Di Prampero, 2010).

ii) Subcomponentes de los indicadores internos

La dificultad de determinar el consumo de oxígeno (VO_2) durante los partidos de fútbol hace necesario el uso de otras variables fisiológicas para determinar o estimar la carga interna (Dellal et al., 2012). Por ello, los subcomponentes de los indicadores internos serían los siguientes:

a) La frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca (FC) parece ser una opción adecuada para el control de la carga interna del futbolista y la estimación indirecta de la producción de energía aeróbica (Bangsbo et al., 2006; Eniseler, 2005; Esposito et al., 2004; Reilly, 2005), pero no de la producción de energía anaeróbica, ejercicios de velocidad, y de potencia (Achten y Jeukendrup, 2003; Alexiou y Coutts, 2008; Ali y Farrally, 1991; Seliger, 1968). Así pues, las ventajas que presenta el monitoreo de la FC, tales como la correlación con el VO_2 y la facilidad en la recolección de los datos (Dellal et al., 2012) hace que sea una opción realmente útil.

La intensidad del trabajo, medida como porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima ($\text{FC}_{\text{máx}}$), durante un partido de fútbol está cerca del umbral anaeróbico (Stølen et al., 2005). Se ha confirmado que la intensidad de un partido oficial se estima en un 80-90% de la $\text{FC}_{\text{máx}}$, independientemente del nivel de los participantes (Dellal et al., 2012). Cuando se consideran zonas de intensidad, aproximadamente el 65% de la duración total del partido se desarrolla a una intensidad entre el 70-90% de la $\text{FC}_{\text{máx}}$ y rara vez por debajo del 65% de la $\text{FC}_{\text{máx}}$ (Dellal et al., 2012; Rohde y Espersen, 1987).

La respuesta de la FC varía según las posiciones de juego: los centrocampistas presentan mayor intensidad, seguido de delanteros y defensas (Dellal et al., 2012). Además, la intensidad durante la segunda mitad del partido es menor que en la primera, y podría estar correlacionada con el acondicionamiento físico del jugador (Dellal et al., 2012). Algunos de los estudios que han analizado las respuestas de la FC en el fútbol, tanto durante entrenamientos y los partidos, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Frecuencia cardiaca durante un partido de fútbol.

Frecuencia cardiaca en jugadores de fútbol masculinos y femeninos				
Autor	Nivel/País (sexo)	Carácter partido	FC (p/min)	FCmax (%)
Ali y Farrally (1991)	Universitario/Escocia (M)	Liga	172	
	Recreacional/Escocia (M)	Liga	168	
	Semiprofesional/Escocia (M)	Liga	168	
Bangsbo (1994a)	Liga/Dinamarca (M)	Liga	159	
	Elite/Dinamarca (F)	Internacional	170	
Brewer y Davis (1994)	Elite/Suecia (F)	Liga (3 partidos)	175	89-91
Helgerud et al. (2001)	Elite juniors/Noruega (M)	Liga		82.2
	Grupo entrenamiento/Noruega (M)	Liga		85.6
Billows et al. (2005)	Academia/Inglaterra (M)	Liga		86
Mohr, et al. (2004)	4ª División/Dinamarca (M)	Amistoso	160	
	4ª División/Dinamarca (M)	Amistoso	162	
Stroyer et al. (2004)	Elite inicio pubertad/Dinamarca (M)	Liga	175	86.8
	Elite fin pubertad/Dinamarca (M)	Liga	176	87.1
Coelho (2005)	Sub17/Brasil (M)	Liga		85
Eniseler (2005)	1ª División/Turquía (M)	Amistoso	157	
Edwards y Clark (2006)	Profesionales/Inglaterra (M)	Amistoso	161.35	83.4
	Amateurs/Inglaterra (M)	Amistoso	156.2	77.4
Impellizzeri et al. (2006)	Junior profesionales/Italia	Liga		83
Condessa (2007)	1ª División/Brasil (M)	Amistoso	171	86
Rodrigues et al. (2007)	Elite Sub17/Brasil (M)	Liga	166	84

b) Lactacidemia

Para responder a la pregunta sobre en qué medida ha participado el metabolismo anaeróbico durante el partido se debe recurrir a la concentración de lactato en sangre ($[La^-]$). Durante los partidos de fútbol, la acumulación de lactato se produce situaciones de actividad de alta intensidad. Si bien la mayoría de los estudios sobre la $[La^-]$ han mostrado valores de 4-6 Mmol/L (Tabla 4), también se han observado concentraciones máximas de 12 Mmol/L durante el partido (Ekblom, 1986) y entre 10-14 Mmol/L (Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006). En muchos casos se produce una disminución de $[La^-]$ en la segunda parte respecto a la primera. Estas observaciones están de acuerdo con la distancia reducida cubierta y la intensidad más baja reportada en la mayoría de los estudios (Bangsbo, Nørregaard, y Thorsø, 1991; Mohr et al., 2003; Reilly y Thomas, 1976; Rienzi, Drust, Reilly, Carter, y Martin, 2000; Van Gool, Van Gerven, y Boutmans, 1988; Withers, Maricic, Wasilewski, y Kelly, 1982).

La $[La^-]$ depende en gran medida del patrón de actividad del jugador en los minutos anteriores al muestreo de sangre. Se ha demostrado que $[La^-]$ puede correlacionar con la cantidad de trabajo realizado justo antes de la toma de muestras (Stølen et al., 2005). La mayoría de los estudios toman las muestras al final del partido o al descanso, ya que las características reglamentarias de fútbol hacen que sea imposible recoger muestras de sangre durante los partidos oficiales. Puede que el futbolista haya permanecido inmóvil los últimos minutos (o realizando una actividad muy intensa), por lo que al realizar la toma de lactato, no obtendremos valores muy fiables. Además, es poco probable que refleje las demandas físicas generales porque, aun sabiendo que la correlación entre la concentración de lactato muscular y $[La^-]$ no es muy alta (Bangsbo et al., 1991; Bangsbo et al., 2006; Krustrup, Mohr, Steensberg et al., 2006), no se suelen recoger los valores de lactato directamente desde el músculo. También se han cuestionado el método idóneo para establecer el umbral láctico de los futbolistas (Cerdeira-Kohler et al., 2016).

Tabla 4. Concentración de lactato sanguíneo durante un partido de fútbol.

Lactato sanguíneo en jugadores de fútbol masculinos y femeninos (números entre paréntesis indican rango)					
Autor	Nivel/País (sexo)	Lactato 1ª parte (Mmol/L)		Lactato 2ª parte (Mmol/L)	
		Durante	Final	Durante	Final
Ekblom (1986)	1ª División/Suecia (M)		9,5 (6,9-14,3)		7,2 (6,5-10,8)
	2ª División/Suecia (M)		8,0 (5,1-11,5)		6,6 (3,1-11,0)
	3ª División/Suecia (M)		5,5 (3,0-12,6)		4,2 (3,2-6,0)
	4ª División/Suecia (M)		4,0 (1,9-6,3)		3,9 (1,0-8,5)
Rohde y Espersen (1987)	1ª y 2ª División/ Dinamarca (M)		5,1		3,9
Gerisch et al. (1988)	Top amateurs /Alemania (M)		5,6		4,7
	Universitarios /Alemania (M)	6,8	5,9	5,1	4,9
Bangsbo et al. (1991)	1ª y 2ª División/ Dinamarca (M)	4,9 (2,1-10,3)		3,7 (1,8-5,2)	4,4 (2,1-6,9)
Bangsbo (1994a)	Liga/Dinamarca (M)	4,1 (2,9-6,0)	2,6 (2,0-3,6)	2,4 (1,6-3,9)	2,7 (1,6-4,6)
	Elite/Dinamarca (F)	6,6 (4,3-9,3)	3,9 (2,8-5,4)	4,0 (2,5-6,2)	3,9 (2,3-6,4)
Brewer y Davis (1994)	Elite/Suecia (F)		5,1		4,6
Capranica et al. (2001)	Jóvenes/Italia (M)		(3,1-8,1) durante el partido		
Roi et al. (2004)	1ª División /Italia (M)				6,3
Edwards y Clark (2006)	Profesionales /Inglaterra (M)				3,7
	Amateurs / Inglaterra (M)				5,3
Krustrup, Mohr, Steensberg et al. (2006)	4ª División/ Dinamarca (M)	6,0		5,0	
Krustrup et al. (2010)	Elite/ Dinamarca (M)		5,1 ± 0,5		2,7 ± 0,4

c) Consumo máximo de oxígeno

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) no es un factor preponderante en el rendimiento de un futbolista (Faina, Gallozzi, y Lupo, 1986), pues su capacidad de trabajo no está necesariamente condicionada por este parámetro (Bangsbo y Mizuno, 1987). No obstante, este parámetro parece beneficiar el rendimiento del futbolista indirectamente, pues una mejora del $VO_{2\text{máx}}$ modificaría de forma positiva los índices de fatiga del jugador retrasando la aparición de la misma, permitiendo una recuperación más rápida entre esfuerzos, y manteniendo el trabajo a alta intensidad (Dupont et al., 2005; McMahon y Wenger, 1998; Tumilty, 1993). Por ello, el $VO_{2\text{máx}}$ puede proporcionar una información útil para predecir en qué medida un jugador es capaz de recuperarse de una manera adecuada tras realizar esfuerzos intensos y también el tiempo de aparición de la fatiga. Aun así, otros estudios han sugerido que el $VO_{2\text{máx}}$ podría no ser el indicador más conveniente del rendimiento aeróbico en jugadores de fútbol, debido a que ellos entrenan de modo intermitente más que de modo continuo (Bangsbo, Iain, y Krustrup, 2008a; Bangsbo et al., 2006; Drust, Reilly, y Cable, 2000; Krustrup, Mohr, Amstrup et al., 2003).

Se ha estimado que en el fútbol el VO_2 se corresponde con el 70-80% del $VO_{2\text{máx}}$ (Bangsbo, 1994a; Dellal et al., 2012; Reilly, 1990), valor probablemente cercano al umbral anaeróbico (LT) en los futbolistas de alto nivel. Se ha mostrado que el $VO_{2\text{máx}}$ en jugadores de campo de fútbol masculino oscila entre 50-75 ml/kg/min, mientras que

los porteros tienen 50-55 ml/kg/min (Stølen et al., 2005). Los defensas laterales parecen tener los valores superiores y los delanteros y defensas centrales los más bajos (Bangsbo, 1994a; Van Gool et al., 1988). Asimismo, el $VO_{2\text{máx}}$ se relaciona con la Dt recorrida en el partido (Helgerud et al., 2001; Smaros, 1980; Van Gool et al., 1988) y con el número de sprints realizados (Hoff, Wisløff et al., 2002). De hecho, parece que el equipo con mayor puntuación en liga tiene valores más elevados de $VO_{2\text{máx}}$ (Apor, 1988).

d) Glucógeno muscular

El glucógeno de los músculos activos parece ser el sustrato más importante para la producción de energía durante un partido de fútbol (Alghannam, 2011; Bangsbo, 1994a). De hecho, la capacidad de resistencia es proporcional al contenido de glucógeno muscular (Bergström, Hermansen, Hultman, y Saltin, 1967), y los futbolistas tienen bajos niveles al finalizar los partidos (Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson, y Houghton, 1982; Saltin, 1973; Smaros, 1980). Saltin (1973) observó que la cantidad de glucógeno muscular era de 96 mmol/kg antes del partido, de 32 mmol/kg en el descanso y de 9 mmol/kg al finalizar el encuentro. Asimismo, si se realizaba el día antes del partido un esfuerzo intenso que disminuyera los niveles de glucógeno, se podía observar que al terminar la primera parte, estos niveles estaban prácticamente bajo mínimos. Esa depleción de la reserva glucogénica ocurre principalmente en las fibras lentas, reflejando la característica aeróbica del juego (Smaros, 1980). Karlsson (1969) pudo demostrar que la distancia recorrida a alta intensidad está relacionada con los depósitos de glucógeno muscular antes y después del partido, pues el tiempo de carrera a máxima velocidad fue un 75% menor en los jugadores con bajos valores iniciales de glucógeno muscular. Ekblom (1986) mostró que los futbolistas con reservas más bajas de glucógeno en el descanso habían alcanzado una velocidad de desplazamiento media más baja y que recorrían menos Dt que otros compañeros con reservas más elevadas durante la segunda parte del partido.

Parece evidente, por tanto, que el uso del metabolismo glucolítico, ya sea aeróbico o anaeróbico, tiene una importancia mayor de la que se pensaba hasta ahora. El vaciamiento del sustrato energético del metabolismo glucolítico implicará situaciones de fatiga muscular (Terrados et al., 2011). Sin embargo, también se usan triglicéridos del músculo, ácidos grasos libres y glucosa de la sangre como sustratos para el metabolismo oxidativo de los músculos (Bangsbo, 1994a; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006). La mayor utilización de los triglicéridos musculares pueden ocurrir en la segunda mitad debido a las concentraciones de catecolaminas elevadas (Galbo, 1992). Estos procesos pudieran ser mecanismos compensatorios para la reducción progresiva de glucógeno muscular y son favorables para mantener una concentración de glucosa sanguínea constante.

2.2. La fatiga

La fatiga deportiva es considerada como el estado en el que el deportista no puede mantener el nivel de rendimiento o entrenamiento esperado, en palabras de Enoka y Stuart (1992), una disminución acusada del rendimiento. Asmussen (1979) la definió como la disminución transitoria de la capacidad de trabajo del músculo esquelético durante la actividad física, y Bonete y Suay (2003) como una disminución de la capacidad funcional de un sistema por sobresolicitación. Desde el punto de vista neurobiológico es la dificultad para mantener una fuerza o potencia (Edwards, 1986).

Una definición más específica y concreta es la que define la fatiga como la disminución de la capacidad de generar fuerza muscular máxima (Gandevia, 2001), medida en una contracción voluntaria máxima (MVC) o en términos provocados eléctricamente. Sin embargo, dicha definición no abarca todos los aspectos fisiológicos, psicológicos y temporales que se incluyen en los diferentes tipos de fatiga muscular. El término de fatiga también se utiliza para describir tanto el estado de un grupo concreto y localizado de músculos, como para referirnos a una situación en la que el cansancio es generalizado y afecta a la totalidad del organismo. Por lo tanto, podríamos definir de manera general, y muy simple, el término de fatiga como la imposibilidad de generar una fuerza requerida o esperada, producida o no por un ejercicio precedente (Fernández-García y Terrados, 2004).

2.2.1. Fatiga como mecanismo de defensa

La fatiga deportiva puede percibirse como un factor negativo que reduce las posibilidades de rendimiento. Sin embargo, es importante considerarla como un mecanismo de defensa que se activa ante el deterioro de determinadas funciones orgánicas y celulares que acontecen durante el ejercicio físico. En este sentido, la fatiga es un mecanismo ante los cambios metabólicos, modificaciones hormonales, hipoxia, alteraciones hidroelectrolíticas, alteraciones térmicas, depleción de sustratos metabólicos, alteraciones estructurales como son las microroturas fibrilares, etc. Por ello, la fatiga es un aviso que previene de la aparición de lesiones celulares irreversibles y de situaciones orgánicas que pueden condicionar la aparición de lesiones deportivas (Fernández y Diego, 1992; Fernández-García y Terrados, 2004).

2.2.2. Clasificación de fatiga

Para atender a la diversidad en las respuestas generadas por los cuadros de fatiga y dar una idea sobre la naturaleza, límites y magnitud de las reacciones del organismo ante este estado-proceso se han establecido diferentes taxonomías siguiendo varios criterios. Desde una concepción analítica y ciertamente simplificada del proceso, basada en los modelos lineares-catastróficos de la fatiga (Edwards, 1983), que postulan que el ejercicio termina cuando los límites bioquímicos o fisiológicos del organismo son superados causando un fallo en la homeostasis intracelular, ésta puede ser clasificada en función del lugar de aparición y estructuras afectadas en central o periférica (Green, 1987). Aunque es un proceso continuo en el que no hay un punto de corte exacto, también podemos clasificar la fatiga en función del tiempo o duración del estado de fatiga (Fernández y Diego, 1992). Este criterio puede facilitar la identificación de ciertos estados patológicos vinculados a la fatiga. Así pues, se puede clasificar la fatiga

desde el punto de vista temporal en fatiga aguda, subaguda y crónica (Fernández y Diego, 1992; Fernández-García y Terrados, 2004).

i) Según la duración

a) Fatiga aguda

La aparición de la fatiga aguda ocurre durante y/o después de una sesión de entrenamiento o competición y produce una disminución del rendimiento o una parada del ejercicio, afectando a las diferentes cualidades motrices: resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad, y coordinación (Fernández-García y Terrados, 2004). Asimismo, esta fatiga puede afectar a un grupo localizado de músculos (fatiga local), o a una gran masa muscular (fatiga global - cuando afecta aproximadamente a más de 2/3 de los músculos esqueléticos). Esta fatiga es necesaria durante el entrenamiento para que se produzca la supercompensación. Existe una superposición e interacción de los mecanismos que la generan (Knicker, Renshaw, Oldham, y Cairns, 2011), y también múltiples síntomas. Además, los factores involucrados y el número y extensión de los síntomas de la fatiga dependen de las características de la modalidad deportiva y el tipo de tarea predominante, las características individuales y el medio ambiente (Hunter, Duchateau, y Enoka, 2004).

b) Fatiga subaguda (sobrecarga)

La fatiga subaguda, también denominada sobrecarga, es aquella que ocurre tras uno o varios microciclos de cierta intensidad y frecuencia y/o pocas e inadecuadas sesiones regenerativas (García Manso, Navarro, y Ruiz, 1996). Es decir, cuando el deportista realiza niveles de entrenamiento ligeramente más alto que a los que estaba acostumbrado. En realidad este tipo de fatiga también es necesaria para estimular la adaptación y la supercompensación del organismo ante el ejercicio físico (Fernández-García y Terrados, 2004). De ahí que se diferencie entre sobrecarga funcional (caracterizada por una disminución del rendimiento y alteraciones transitorias en la homeostasis, incluyendo la inmunidad, que es necesaria para alcanzar un estado de forma superior) y no funcional. Si la fatiga subaguda no funcional se mantiene a largo plazo, acaban por generar un síndrome de fatiga crónica o sobreentrenamiento.

c) Fatiga crónica (sobreentrenamiento)

La fatiga crónica, también denominada overtraining o Síndrome de Sobreentrenamiento (Bonete y Suay, 2003; Fernández-García y Terrados, 2004), aparece después de varios microciclos en los que la relación entrenamiento-competición y recuperación se va desequilibrando, ocasionando un cuadro sistémico y global de fatiga, que siempre conlleva la caída del rendimiento (Fernández-García y Terrados, 2004). La fatiga crónica o sobrecarga se diferencia de la fatiga subaguda o sobreentrenamiento en la duración y gravedad de los síntomas y el tiempo necesario para la recuperación, más que en el cuadro de síntomas propiamente dicho (Fernández-García y Terrados, 2004). La sintomatología dependerá del tono o actividad del sistema nervioso vegetativo, del predominio del sistema nervioso simpático o del predominio del sistema nervioso parasimpático (Fernández-García y Terrados, 2004).

ii) Según el lugar de aparición

En función del punto del proceso excitación-contracción-relajación alterado en la producción de fuerza esperada o requerida (Green, 1987), podemos diferenciar entre fatiga central, cuando afecta a la parte nerviosa de la contracción muscular, y periférica, cuando están deteriorados los procesos bioquímicos y contráctiles del músculo propiamente dicho (Carroll, Taylor, y Gandevia, 2016). En la mayoría de los casos la fatiga involucra, en mayor o menor medida, a todas aquellas estructuras (nerviosas, contráctiles, energéticas, etc.) que participan en la contracción muscular (Fernández-García y Terrados, 2004).

a) Fatiga central

Se habla de fatiga central, o con más precisión de fallo en la activación central (Gandevia, Allen, Butler, y Taylor, 1996), cuando la causa del deterioro de la contracción muscular está por encima de la placa motora (cuando afecta a una o varias estructuras nerviosas involucradas en la producción, mantenimiento o control de la contracción muscular). Se ha sugerido que la fatiga central actúa como un mecanismo protector del excesivo EIMD (Bishop et al., 2008). Los lugares de aparición de la fatiga central corresponden, por tanto, a los distintos elementos del sistema nervioso que participan en la activación de las fibras musculares. Green (1987) y Fernández-García y Terrados (2004) proponen posibles puntos de aparición de la fatiga central:

- Nivel supraespinal.
- Inhibición aferente desde husos neuromusculares y terminaciones nerviosas.
- Depresión de la excitabilidad de la motoneurona.
- Fallos en la sinapsis.

La fatiga central se puede determinar mediante técnicas de electromiografía (EMG), pues permiten diferenciar entre central y periférica (Gibson y Noakes, 2004). En esta prueba se solicita una MVC al tiempo que se mide la producción de fuerza. Cuando aparece la fatiga (disminución de la fuerza) se estimula eléctricamente al músculo. Si aumenta la fuerza el sujeto presenta fatiga central (siendo el músculo capaz de generar más fuerza, el sistema nervioso es incapaz de activar dicho músculo), pero si no aumenta, la fatiga puede ser tanto central como periférica (Fernández-García y Terrados, 2004). Es más, si el potencial de acción no disminuye, hecho que indica una correcta activación por parte del sistema nervioso, y si lo hace la fuerza, la fatiga es periférica. Así, algunos autores encontraron un incremento de la contracción muscular con estimulación externa entre 1-9,8% de la fuerza (Gandevia et al., 1996).

b) Fatiga periférica

Siguiendo la clasificación propuesta por Green (1987) la fatiga podría afectar a las estructuras por debajo de la placa motora que intervienen en la contracción muscular:

- Fallo pre-sináptico (fatiga central).
- Membrana postsináptica de la placa motora.
- Fallo en el sarcolema para propagar el impulso nervioso.
- Fallo en el acople de los tubos T y el retículo sarcoplásmico.
- Fallo en la afinidad del calcio (Ca) con la troponina.
- Fallo en la producción de puentes actina-miosina.
- Recaptación de electrolitos de calcio (Ca⁺⁺).

Después de una sesión de entrenamiento y/o competición que excede el nivel de tolerancia muscular al esfuerzo pueden presentarse síntomas de fatiga muscular aguda, la cual puede acompañar a cualquiera de las anteriores (aguda, subaguda o crónica) (Fernández-García y Terrados, 2004). Esta fatiga muscular afecta solamente a los músculos involucrados en el ejercicio y puede derivar en un EIMD.

2.2.3. Evidencias, mecanismos y causas de la fatiga en el fútbol

En tanto que las estrategias para ayudar a la recuperación de la fatiga dependerán de los mecanismos que la causan (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, y Terrados, 2016a; Terrados y Calleja-González, 2010) debemos conocer los mecanismos y las evidencias de los descensos en el rendimiento por la fatiga de los futbolistas para poder plantear estrategias de recuperación realmente útiles.

El desarrollo de fatiga se ha convertido en una de las áreas de investigación principales en el campo de la fisiología de fútbol (Andersson, Ekblom et al., 2008; Bangsbo et al., 2006; Di Salvo et al., 2009; Ekblom, 1986; Mohr, Krstrup, y Bangsbo, 2005; Rampinini, Coutts et al., 2007; Reilly, 1997). La actividad física de los futbolistas provoca que gran parte de los sistemas fisiológicos se vean estresados (Reilly y Rigby, 2002), como por ejemplo el sistema metabólico de energía, el sistema neuromuscular, y/o el sistema inmune, dando lugar a una fatiga aguda, e incluso subaguda, que puede comprometer el rendimiento del futbolista (García Manso et al., 1996).

Los empeoramientos de rendimiento físico con el transcurrir del partido se han asociado tradicionalmente a fatiga fisiológica de los jugadores (Barros et al., 2007; Mohr et al., 2005; Rampinini, Coutts et al., 2007). Uno de los indicadores de rendimiento físico más analizado es el rendimiento de carrera. Diferentes estudios han demostrado que los futbolistas recorren más distancia en el primer tiempo que en el segundo, pudiendo ser esa diferencia del 5% (Bangsbo et al., 1991), 12% (Bradley y Noakes, 2013), incluso 18% independientemente de las posiciones (Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, y Sheldon, 2010). Esta disminución no necesariamente ocurre en todos los jugadores, pues parece que aquellos jugadores con mayor $VO_{2m\acute{a}x}$ (centrocampistas y defensores laterales) muestran menores diferencias en la Dt en el segundo tiempo respecto a la primera parte (Reilly y Thomas, 1976).

También existe un descenso en la cantidad de esfuerzos de alta intensidad realizados por los jugadores hacia el final del encuentro (Bangsbo, 1994a; Bangsbo et al., 1991; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Mohr et al., 2003; Tessitore et al., 2005). Parece que los centrocampistas profesionales recorren más distancia a baja intensidad en la segunda parte respecto a la primera (Di Salvo et al., 2007), y que en los últimos 15 minutos del partido, la distancia recorrida a alta intensidad es un 20% menor respecto a los 15 primeros minutos, independientemente de la posición del jugador (Bradley et al., 2009). Cabe señalar que el tiempo medio de recuperación entre carreras de alta intensidad puede ser 72 s., siendo un 28% mayor si esas carreras son en los últimos 15 minutos del partido respecto a los primeros 15 minutos (Bradley et al., 2009). Además, el descenso en la carrera de alta intensidad inmediatamente posterior al periodo de 5 minutos más intenso se sitúa alrededor del 8% (Bradley y Noakes, 2013), y parece ser más evidente en los delanteros y en los defensores centrales (Bradley et al., 2009). La

distancia recorrida a diferentes intensidades en la primera mitad influye significativamente en las distancias recorridas en la segunda mitad (Rampinini, Coutts et al., 2007), y los perfiles de actividades realizadas en la primera parte tienen un impacto significativo en la recuperación posterior a periodos de 5 minutos de elevada intensidad realizados en la segunda parte (Sparks, Coetzee, y Gabbett, 2016). Incluso la distancia recorrida a alta intensidad con el balón y sin el balón es significativamente mayor en los 15 primeros minutos respecto a los 15 últimos (Bradley et al., 2009). Por tanto, la fatiga puede ser evidente por el aumento del tiempo realizando actividades de baja intensidad (Lago-Peñas, 2012).

También se ha observado una reducción en la capacidad para repetir sprints (Repeated Sprint Ability – RSA) tras la competición comparada con el valor obtenido previo al encuentro (Krustrup, Mohr, Steensberg et al., 2003; Krustrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Mohr et al., 2004; Mohr, Nybo, Grantham, y Racinais, 2012; Rebelo et al., 1998; Rebelo, Krustrup, Soares, y Bangsbo, 1998). La reducción en la intensidad del ejercicio y el rendimiento en sprints al final de los encuentros es independiente de la posición o nivel competitivo, lo cual sugiere que la gran mayoría de los jugadores agotan su potencial físico durante los encuentros (Mohr et al., 2005). Sin embargo, utilizar rangos de alta velocidad para determinar la variabilidad de los esfuerzos entre los jugadores puede ser debatible, en tanto que la individualización de umbrales de carrera a alta velocidad de acuerdo a las características físicas podrían ser unos indicadores más estables del rendimiento en distancias recorridas y de aparición de la fatiga (Carling, Bradley, McCall, y Dupont, 2016). Además, no se han observado descensos en la velocidad de sprint durante secuencias de sprints de, al menos, 3 sprints consecutivos con una recuperación menor de 30 s. entre ellos, de modo que las cortas aceleraciones podrían ser más importantes en situaciones específicas de partido (Schimpchen et al., 2016).

Otras mediciones de rendimiento físico, como saltos y capacidad de sprint, también se han utilizado como indicadores de la fatiga. Inmediatamente después de un partido la fatiga se evidencia por reducciones de la capacidad de sprint (-3%, $p < 0,001$) (Andersson, Raastad et al., 2008; Rampinini et al., 2011) y salto ($-4,4 \pm 0,8\%$) (Andersson, Raastad et al., 2008). Estos descensos se asocian al perfil de la actividad desarrollada por el futbolista durante entrenamientos o competiciones (Krustrup et al., 2011; Marshall, Lovell, Jeppesen, Andersen, y Siegler, 2014). Aunque el rendimiento físico disminuye en el transcurso de un partido, parece que los jugadores son capaces de mantener el rendimiento técnico a pesar de la fatiga, o son capaces de adoptar una estrategia que les permita prevenir decrementos en el rendimiento técnico (Carling y Dupont, 2011).

Todavía no se comprenden completamente los mecanismos que reducen el rendimiento. Parece que la fatiga después de períodos de ejercicio intenso en ambas partes de un partido se relaciona con alteraciones en la homeostasis de los iones de la célula muscular y una deteriorada excitación del sarcolema muscular; en la fase inicial de la segunda mitad parece deberse a la menor temperatura muscular en comparación con el final de la primera mitad; y en la fase final del partido puede ser causada por bajas concentraciones de glucógeno muscular (Mohr et al., 2005). La fatiga post-partido es multifactorial y está relacionada principalmente con la deshidratación, el agotamiento del glucógeno, EIMD y la fatiga central (Nédélec et al., 2012).

Los mecanismos del desarrollo de la fatiga temporal después de períodos de elevada intensidad no son concluyentes. Parece que el efecto depresivo que puede generar la acumulación de ácido láctico sobre la contracción muscular es limitado, y no supone un problema para la misma, así que no es responsable directo de la fatiga e incapacidad para mantener la intensidad de un ejercicio (Terrados et al., 2004; Westerblad, Allen, y Lännergren, 2002). Los fosfatos inorgánicos (Pi) aumentan en situaciones de fatiga debido a la ruptura de la fosfocreatina (PCr), y podrían tener un rol clave en la fatiga del músculo esquelético (Westerblad et al., 2002). La acumulación de iones de hidrogeno (H^+), la cual ocurre durante las reacciones glucolíticas que implican la hidrólisis del adenosín trifosfato (ATP) (Lindinger, Kowalchuk, y Heigenhauser, 2005; Robergs, Ghiasvand, y Parker, 2005), incrementa la acidez (bajada del pH) en la fibra muscular, lo cual podría interferir en el funcionamiento de las proteínas contráctiles y en el funcionamiento de las enzimas encargadas de recuperar los fosfatos de alta energía (ATP y PCr) (Terrados et al., 2004). Sin embargo, se ha demostrado que la fatiga temporal después de períodos de elevada intensidad se relaciona con una acumulación de potasio (K) en el intersticio muscular, y no a una elevada concentración de lactato muscular, a un alta acidosis muscular o escasez de PCr muscular (Mohr et al., 2005). La evidencia sobre la que se fundamenta es que la acumulación de K extracelular puede perjudicar la excitación del sarcolema (despolarizando el potencial de la membrana muscular) y reducir la fuerza (Mohr et al., 2005).

El deterioro de la fuerza en la fase final del partido aparece reflejado en la paralela depleción de las reservas de glucógeno en los músculos activos (Mohr et al., 2005; Rahnama, Reilly, Lees, y Graham-Smith, 2003), sobre todo considerando que la fatiga en los últimos minutos coincide con la depleción de glucógeno. Aunque las reservas de glucógeno no siempre llegan a la depleción total durante un partido de fútbol, se han constatado importantes reducciones de este sustrato energético en el músculo (Bangsbo et al., 2006; Bendiksen et al., 2012; Jacobs et al., 1982; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Krstrup et al., 2011; Shephard, 1999), así como en diferentes compartimentos celulares (Nielsen et al., 2012), pero dependerá de un gran número de diferencias interindividuales como la motivación, capacidad física, rol táctico, etc.

El descenso de la capacidad glucolítica y del glucógeno muscular se asocian a la disminución de la $[La^-]$ en la segunda parte respecto de la primera, y a su vez, a la reducción de la distancia e intensidad con el transcurso del partido (Bangsbo et al., 1991; Mohr et al., 2003; Reilly y Thomas, 1976; Rienzi et al., 2000; Van Gool et al., 1988; Withers et al., 1982). Por otro lado, los frecuentes periodos de descanso y acciones de baja intensidad en el juego, han sido sugeridos como precursores de un significativo flujo sanguíneo al tejido adiposo, que promueve la liberación de dichos ácidos grasos libres (Bangsbo et al., 2006). Es por ello que esta reducción de la $[La^-]$, unida al incremento de la concentración plasmática de ácidos grasos libres, se haya interpretado como una modificación de la tendencia en la utilización de los sustratos energéticos (Bangsbo, 1994a; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2003; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Weltan, Bosch, Dennis, y Noakes, 1998), en tanto que la modificación y reducción de los esfuerzos predominantes en torno a los últimos minutos sugiere una alteración en la manifestación físico-condicional del jugador en la fase final de los encuentros.

Otros factores, como la deshidratación y la hipertermia asociada, también han sido señalados como agentes responsables en el desarrollo de la fatiga aguda en el fútbol

(Magal et al., 2003; Reilly, 1997). Los jugadores pueden llegar a experimentar pérdidas de más de tres litros (l.) de fluido, llegando hasta los 4-5 l. en condiciones de elevada temperatura y humedad (Bangsbo, 1994a; Reilly, 1997), las cuales están ligadas a descensos en el rendimiento de los jugadores. Se ha observado una gran correlación ($r=0,73$) entre la pérdida neta de líquido durante el partido y el índice de fatiga (IF) en las pruebas de sprint post-partido (Mohr et al., 2010). Asimismo, pérdidas de alrededor del 2,7% del peso corporal llevan consigo deterioros en el rendimiento en sprints de 5-10 m. (Magal et al., 2003), y pérdidas de masa corporal de 1-2% contribuyen a la aparición de hipertermia (Cable y Bullock, 1996). En el fútbol, la temperatura central media oscila entre 39-39,5° C (Mohr et al., 2005; Nybo y Nielsen, 2001), alcanzándose valores individuales por encima de los 40° C, que podrían ser lo suficientemente elevados como para inducir fatiga central por deterioro de la función cerebral (Gleeson, Blannin, y Walsh, 1997; Mohr et al., 2005; Nybo y Nielsen, 2001). Esto se debe a que un estado hipertérmico puede acelerar la degradación de nucleótidos de purina y/o el catabolismo de aminoácidos con una hiperamonemia asociada, lo cual se ha relacionado con la fatiga central (Mohr, Rasmussen, Drust, Nielsen, y Nybo, 2006; Nybo, 2010). Por ello, la función cognitiva, expresada como la toma de decisiones requeridas durante el partido, se mantiene mejor cuando se les suministra agua a los jugadores (Reilly, Lewis, Brown, y Goldsmith, 1985). A nivel muscular, la temperatura parece ser 0,5-1° C menor que la temperatura central (Mohr et al., 2004), y su rendimiento se deteriora a medida que disminuye la temperatura. Así, el descenso de temperatura muscular durante el descanso se asocia a una menor capacidad de realizar sprints al inicio de la segunda parte, aunque puede mantenerse esa capacidad si se mantiene la temperatura muscular durante el descanso (Mohr et al., 2004).

Las demandas físicas del fútbol pueden inducir EIMD (Fatouros et al., 2010; Silva et al., 2014), el cual se asocia a empeoramientos en la capacidad de manifestar una fuerza y potencia determinadas (Friden, Sjöström, y Ekblom, 1983; Romagnoli et al., 2016; Russell et al., 2015), al aumento de los niveles de enzimas intramusculares (Ascensão et al., 2008; Djaoui, Diaz-Cidoncha, Hautier, y Dellal, 2016; Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Romagnoli et al., 2016; Russell et al., 2015; Silva et al., 2013), a una marcada respuesta inflamatoria (Andersson, Bøhn et al., 2010; Ingram, Dawson, Goodman, Wallman, y Beilby, 2009; Ispirlidis et al., 2008; Romagnoli et al., 2016; Silva et al., 2013) y al estrés oxidativo (Andersson, Karlsen, Blomhoff, Raastad, y Kadi, 2010; Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Silva et al., 2014). Estos cambios pueden perjudicar el rendimiento físico durante las horas (h.) y los días siguientes al partido, por lo que probablemente el EIMD sea otro factor importante a considerar en un intento de explicar la fatiga post-partido en futbolistas (Nédélec et al., 2012). De todos modos, es necesaria más investigación porque el rendimiento de carrera parece no verse afectado en periodos de elevada densidad competitiva a pesar de que los futbolistas muestren síntomas de EIMD y empeoramientos en su rendimiento físico hasta 72 h. post-partido (Carling et al., 2015).

Mientras se plantean algunas discusiones acerca de si la regulación del rendimiento en el ejercicio es un evento consciente (Marcora, 2008) o un evento anticipador (Marino, 2004), todo indica que los cambios en la regulación del sistema nervioso central y el reclutamiento de unidades motoras están asociados con la fatiga y con la reducción del rendimiento (Billaut, 2011; Girard, Mendez-Villanueva, y Bishop, 2011). El fútbol presenta un carácter de la fatiga en la que no sólo prevalece el componente físico sino también el emocional, sensorial o mental (Meeusen, Watson, y Dvorak, 2006). Por ello,

la fatiga central también podría ser un factor inherente en el transcurso del partido, siendo importante hacia el final del mismo y ligada al deterioro de las capacidades físicas. Sin embargo, hay poca información sobre el efecto de la fatiga central en el rendimiento en fútbol. La fatiga central deteriora el rendimiento técnico (Badin, Smith, Conte, y Coutts, 2016), la precisión y la velocidad en la toma de decisiones (Smith, Zeuwts et al., 2016), pero no hay un consenso científico sobre cuál es el efecto de la fatiga central en el rendimiento físico (Badin et al., 2016; Rampinini et al., 2011; Smith, Coutts et al., 2016), aunque parece que los procesos centrales contribuyen significativamente en la fatiga neuromuscular (Thomas, Dent, Howatson, y Goodall, 2017). Consecuentemente, esta fatiga central también debería considerarse en el proceso de entrenamiento y recuperación en fútbol, pero se necesita más investigación para aclarar su impacto.

La respuesta hormonal y su relación con la función inmune en los jugadores de fútbol también se han asociado con la fatiga. La competición puede ocasionar estrés hormonal que conduzca a un aumento de diversas sustancias conocidas por su influencia sobre la función leucocitaria, cuya capacidad numérica y funcional puede verse reducida tras el ejercicio intenso (Nieman y Bishop, 2006; Reilly y Ekblom, 2005; Shephard, 1997). Aunque estas respuestas no parecen ser elevadas, se han mostrado variaciones en el número y funcionalidad de las células inmunes en jugadores profesionales de fútbol a lo largo de una temporada, aspecto que podría influir en el rendimiento (Nieman y Bishop, 2006).

Por tanto, la fatiga fisiológica parece estar determinada por una combinación de factores centrales (relacionados con las vías motoras descendentes del cerebro y la médula espinal, que regulan la actividad de la célula muscular y la producción de energía) y periféricos (incapacidad muscular) (Carroll et al., 2016; Rampinini et al., 2011; Robineau, Jouaux, Lacroix, y Babault, 2012). Este descenso en el rendimiento puede verse todavía más deteriorado en ambientes cálidos y húmedos, y en sujetos deshidratados (Mohr et al., 2010). Los mecanismos fisiológicos subyacentes de cada tipo de fatiga influyen en el rendimiento físico y técnico, pero parece que el rendimiento físico se ve afectado en mayor medida por la fatiga periférica, mientras que el rendimiento técnico está influenciado por factores centrales.

2.2.4. Otros factores a considerar en el análisis de la fatiga en el fútbol

La fatiga fisiológica no es la única causa asociada al descenso de actividad física de un jugador durante un partido de fútbol (Lago-Peñas, Martín Acero et al., 2011). Diferentes investigaciones parecen confirmar que el rendimiento físico de los futbolistas está condicionado por variables contextuales del juego. Los jugadores profesionales de fútbol regulan sus esfuerzos físicos de acuerdo a las demandas específicas de cada partido, por lo que esas variables deben considerarse en la evaluación del rendimiento físico (Lago-Peñas, 2012). Algunos autores sugieren que los descensos en el tipo e intensidad de desplazamientos podrían deberse a estrategias conscientes o inconscientes de los jugadores que les permitan estar a un buen nivel técnico-táctico durante las últimas fases del partido (Drust, Atkinson, y Reilly, 2007).

El ritmo de trabajo de los futbolistas profesionales está influenciado por el perfil de actividad de los oponentes. Una de las posibles razones de la disminución en el rendimiento podría ser la repetida presión de los oponentes sobre un jugador en concreto, generando eventualmente una incapacidad para responder a las demandas del juego (Lago-Peñas, 2009; Rampinini, Coutts et al., 2007; Zubillaga, Gorospe, Mendo, y Villaseñor, 2007). La Dt y distancia recorrida a alta intensidad es mayor cuando se compite contra mejores equipos en comparación a la competición con peores equipos (Rampinini, Coutts et al., 2007), mientras que cuanto peor es la calidad del oponente, menor es la distancia recorrida por el equipo de referencia (Bloomfield, Polman, y O'Donoghue, 2005; Lago-Peñas et al., 2010). Además, el análisis por posiciones del tipo e intensidad de los desplazamientos parece estar influenciado por el sistema táctico utilizado por los equipos (Bradley et al., 2011) y por el intercambio de posiciones durante el partido (Schuth, Carr, Barnes, Carling, y Bradley, 2016). También el hecho de iniciar el partido como titular o suplente determina la intensidad de los desplazamientos durante el mismo periodo de tiempo, siendo un 15% mayor en los suplentes durante ese periodo de tiempo (Bradley y Noakes, 2013).

El marcador también es un factor fundamental que influye en el rendimiento físico de los futbolistas (Lago-Peñas, Rey, Lago-Ballesteros, Casáis, y Domínguez, 2011), pues se ha observado que recorren menos distancia a alta intensidad cuando tienen el marcador a favor, ya que cuando pierden necesita aumentar la intensidad con el fin de hacerse con el móvil e intentar anotar gol (Bloomfield et al., 2005; Castellano, Blanco-Villaseñor, y Alvarez, 2011; O'Donoghue y Tenga, 2001). La localización del partido (es decir, jugar en casa o fuera) también parece influir (Lago-Peñas, Rey et al., 2011). Se han obtenido datos que reflejan que los jugadores que compiten como local recorren una distancia mayor que los visitantes a baja intensidad (Lago-Peñas, 2009; Lago-Peñas et al., 2010; Zubillaga et al., 2007), aunque el efecto de este factor debe abordarse en la interacción con otras variables situacionales (por ejemplo, jugar en casa y perder contra un oponente débil) (Castellano et al., 2011). Las causas precisas no están claras, pero las explicaciones más plausibles son: efectos de los espectadores, efectos del viaje, familiaridad, influencia en el árbitro, territorialidad, tácticas específicas y factores psicológicos (Pollard, 2008). Otros factores extrínsecos que pueden influir en el ritmo de trabajo de los jugadores son las condiciones climáticas y el tipo de terreno (por ejemplo, hierba natural, fangosa, nevada, artificial) (Pinnington y Dawson, 2001).

En definitiva, resulta difícil valorar la influencia real de la fatiga sobre la actividad física de los futbolistas si no se incorporan en los modelos explicativos algunas de las variables que recojan la influencia de los factores tácticos y estratégicos (Lago-Peñas, Martín Acero et al., 2011). Por ello, el análisis del rendimiento físico de los equipos debe ser realizado incorporando las características concretas de las variables situacionales que se han manifestado en el partido (Carling, Williams, y Reilly, 2005; Paul, Bradley, y Nassis, 2015).

2.3. Daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD)

El ejercicio puede ser considerado como no dañino, si no se producen alteraciones estructurales o funcionales, o dañino, en caso de haberlas (Morton, Kayani, McArdle, y Drust, 2009). El segundo de los casos se conoce como EIMD, y surge, tanto en deportistas amateurs como en profesionales, debido a la realización de ejercicio físico de manera esporádica o a un nivel de intensidad mayor al habitual y que incorpora contracciones musculares excéntricas (Byrne, Twist, y Eston, 2004; Cheung, Hume, y Maxwell, 2003; Deschenes et al., 2000; Iguchi y Shields, 2010; Torres et al., 2013). Cada vez se da más importancia al EIMD en el rendimiento deportivo, en tanto que la comprensión de los mecanismos del EIMD son de vital importancia (Terrados y Calleja-González, 2010; Terrados et al., 2011). De hecho, existe una relación entre EIMD y fatiga pues la fatiga periférica puede derivar parcialmente de los síntomas del EIMD (Finsterer y Drory, 2016; Terrados y Calleja-González, 2010). Aun habiéndose estudiado muchas estrategias post-ejercicio para reducir el EIMD, es difícil extrapolar información al deporte de élite, debido a que los estudios generalmente se hacen con sujetos no o poco entrenados (Barnett, 2006).

2.3.1. Mecanismos mecánicos y metabólicos

El EIMD durante el ejercicio puede definirse como un daño mecánico, aunque el daño y DOMS experimentado días después se deben a mecanismos metabólicos causados por el daño mecánico durante el ejercicio. Es decir, los factores mecánicos y metabólicos actúan de forma sinérgica en la manifestación de EIMD, (Armstrong, Warren, y Warren, 1991; Kuipers, 1994; Soricter, Puschendorf, y Mair, 1998).

La manifestación mecánica del EIMD viene determinada por la prevalencia de las contracciones excéntricas en el ejercicio previo al EIMD (Friden, Sjöström et al., 1983; Lavender y Nosaka, 2008; Newham, Mills, Quigley, y Edwards, 1983; Schwane, Johnson, Vandenakker, y Armstrong, 1982; Sewright, Hubal, Kearns, Holbrook, y Clarkson, 2008). Algunos trabajos han mostrado resultados referentes a daños miofibrilares, es decir, generalizados en las fibras musculares (Lieber, Shah, y Friden, 2002). Los expertos apuntan hacia daño de la fibra muscular, pero no rotura ni microrrotura, sino hacia las proteínas de anclaje del citoesqueleto celular (Lieber et al., 2002). Es decir, no hay evidencias de daño intracelular y todo se localiza a nivel extracelular, en la matriz extracelular, el epimisio y endomisio (Crameri et al., 2007a). Concretamente, son roturas de la matriz extracelular que se producen a lo largo de todo el paquete de fibras musculares y se manifiestan como microinflamaciones (Lee, Mitchell, y Healy, 2012). Es decir, estamos ante el mecanismo de anclaje y transmisión de fuerzas entre las miofibrillas que realizan la contracción y la membrana celular desde la parte interna de la célula.

El estrés mecánico sobre el músculo daña varias estructuras dentro de la célula muscular, principalmente la línea Z del sarcómero (Friden y Lieber, 1992; Friden, Sjöström et al., 1983). Durante una contracción excéntrica, el enlace actina-miosina se rompe mecánicamente por la fuerza de la actina, en lugar de someterse a reacomplamiento y separación dependiente de ATP, es decir, sin dividir el ATP (Huxley, 1975; Iguchi y

Shields, 2010). Dado que menos cantidad de miosina se mantiene unida a la actina, los filamentos intermedios asociados a la línea Z (desmina, vimentina, sinemina y titina) deben tener un papel más importante en el mantenimiento estructural e integral del sarcómero, cuyo aumento de la tensión es parcialmente responsable del EIMD (Friden y Lieber, 1992; Friden, Sjöström et al., 1983; McHugh, Connolly, Eston, y Gleim, 1999; Raastad et al., 2010). No sólo eso sino que otras estructuras pueden sufrir un desgarro mecánico por las contracciones excéntricas, como son el sarcolema o membrana celular, los túbulos T, y el citoesqueleto, compuesto por distintos tipos de filamentos (Allen, Whitehead, y Yeung, 2005; Brentano y Martins, 2011).

En uno de los primeros estudios destacables sobre la temática se señaló que el incremento en el EIMD que se produce desde una hora a tres días posteriores a la finalización del ejercicio excéntrico se debe a una "violencia metabólica" que incluye un aumento del Ca intracelular y su posterior mediación en la activación de las enzimas peptidasas o proteasas (Friden, Sjöström et al., 1983). Es decir, hay una pérdida de la homeostasis iónica de Ca^{++} infiriendo en la contracción muscular y en especial en la relajación muscular (Torres et al., 2013), incrementando todavía más el daño mecánico.

Estos mecanismos metabólicos posteriores a los mecanismos mecánicos se originan por un aumento de la permeabilidad de la membrana y los túbulos T debido a las contracciones excéntricas (Allen et al., 2005). Tras ello, la concentración de Ca en la célula aumenta, aspecto clave para favorecer el EIMD inducido por el componente metabólico, y que ocasiona varias respuestas (Allen et al., 2005; Brookes, Yoon, Robotham, Anders, y Sheu, 2004; Feasson et al., 2002; Koch, Pereira, y Machado, 2014; Raastad et al., 2010). Por un lado, se activa la enzima fosfolipasa, la cual se aferra a los fosfolípidos y producen lisofosfolípidos y ácidos grasos libres que incrementan la permeabilidad del sarcolema y de los túbulos T, aumentando así los mecanismos mediadores de la actividad del Ca (Allen et al., 2005). Y por otro, también se activa la calpaína (Raastad et al., 2010), una enzima proteasa con cisteína que se encuentra inactiva alrededor del línea Z y la banda I del sarcómero. La calpaína degrada varias proteínas asociadas con el línea Z, sobre todo desmina, titina, troponina y tropomiosina (Allen et al., 2005; Feasson et al., 2002; Raastad et al., 2010). Investigaciones anteriores han mostrado que la actividad de la calpaína es significativamente más elevada varios días posteriores al ejercicio que origina el EIMD (Feasson et al., 2002; Raastad et al., 2010).

El Ca es un potente activador de varias enzimas implicadas en vías oxidativas incluyendo α -cetoglutarato deshidrogenasa, isocitrato deshidrogenasa, piruvato deshidrogenasa y ATP-sintasa (Brookes et al., 2004). Esta es una consideración importante en el EIMD debido a la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) a partir de las vías oxidativas, principalmente superóxido. En reposo, las ROS producidas a partir de las vías oxidativas están equilibradas por el sistema antioxidante. Durante el ejercicio la producción de ROS se vuelve demasiado grande para el sistema antioxidante. Esto implica que las ROS libres causarán la oxidación de lípidos y proteínas (Allen et al., 2005; Tupling, Bombardier, Stewart, Vigna, y Aqui, 2009). La oxidación lipídica se traducirá en peróxidos lipídicos, los cuales perturban la fluidez y aumentan la permeabilidad de la membrana. Dicho aumento de la permeabilidad incrementa aún más la entrada de Ca en la célula, intensificando la acción de los mecanismos mediadores de la actividad del Ca (Allen et al., 2005). Puesto que el Ca aumenta la fosforilación oxidativa, un aumento del Ca intracelular generará una mayor

producción de ROS, y por ello, un daño de proteínas (oxidación) y el aumento de permeabilidad de la membrana (Allen et al., 2005; Brookes et al., 2004).

Por tanto, el EIMD es un proceso mecánico en el que se rompen las estructuras contráctiles y esqueléticas de la fibra muscular al realizar contracciones excéntricas, que desencadena una serie de procesos metabólicos que empujan a la pérdida de la homeostasis celular, particularmente debido a la alta concentración de Ca^{++} intracelular y la activación del proceso inflamatorio, y que produce dolor y disminución de rendimiento (Armstrong, 1984; Byrne et al., 2004; Cheung et al., 2003; McKune, Semple, y Peters-Futre, 2012).

2.3.2. Signos y síntomas del EIMD

El efecto nocivo del EIMD en el rendimiento está claramente demostrado (Armstrong, 1986; Braun y Dutto, 2003; Clarkson, Nosaka, y Braun, 1992; Clarkson y Sayers, 1999; Dierking y Bembem, 1998; MacIntyre, Reid y McKenzie, 1995; Rawson, Gunn, y Clarkson, 2001). Ante el ejercicio excéntrico intenso, el EIMD y el posible DOMS provoca disminución del rango de movimiento (ROM), rigidez, pérdida de fuerza y alteración en la secuencia y reclutamiento de patrones motores (Armstrong, 1984; Cheung et al., 2003; Iguchi y Shields, 2010). Estos síntomas conducen a una incapacidad muscular a corto plazo, pero no de manera permanente (Armstrong, 1984). El tiempo de recuperación del EIMD depende de su magnitud, el cual está influenciado por la intensidad y duración del ejercicio, el ROM de la articulación implicada, la longitud del músculo dañado y los grupos musculares utilizados en el ejercicio (Peake, Neubauer, Gatta, y Nosaka, 2016). Estos fenómenos limitantes se ven subsanados por mecanismos compensatorios que derivan en un estrés desacostumbrado, no sólo a nivel muscular, sino también en ligamentos y tendones, lo cual incrementa el riesgo de sufrir lesiones si la vuelta a la práctica deportiva es prematura, sin que haya pasado el tiempo necesario de recuperación tras el ejercicio (Cheung et al., 2003).

Existen varios métodos para medir el EIMD, de los cuales la mayoría son medidas indirectas. La única medida directa real es mediante la realización de una biopsia muscular (Friden y Lieber, 1992) y el análisis de las estructuras para detectar señales de la continuidad de la línea Z, o alteraciones en los túbulos T, las miofibrillas, el sarcolema o el citoesqueleto. Dentro de las medidas indirectas de EIMD podemos diferenciar entre aquellas que determinan la presencia del EIMD gracias a cuestionarios de nivel de DOMS de los individuos (cuantificación subjetiva), y aquellas para determinar su magnitud como la evaluación de la fuerza muscular, el ROM, la circunferencia de la extremidad implicada, la EMG (examen funcional), las resonancias magnéticas (examen estructural), los ultrasonidos, la obtención de valores de los marcadores de la degradación del colágeno, y diferentes marcadores bioquímicos que se encuentran en la sangre o enzimas, proteínas contráctiles y reguladoras contenidas en las fibras musculares esqueléticas (Armstrong, 1984; Brancaccio, Maffulli, y Limongelli, 2007; Brentano y Martins, 2011; Byrne et al., 2004; McMillan, Shi, Pratt, y Lovering, 2011; Rahnama et al., 2003; Torres et al., 2013; Warren, Lowe, y Armstrong, 1999).

A nivel práctico, los impedimentos funcionales asociados con el EIMD (Armstrong, 1986; Braun y Dutto, 2003; Clarkson et al., 1992; Dierking y Bembem, 1998; MacIntyre et al., 1995; Rawson et al., 2001) pueden afectar a la preparación del deportista para la

competición. En el ámbito de la investigación científica, el DOMS es el marcador de EIMD más usado en los estudios con humanos a pesar de la subjetividad con la que cada sujeto lo expresa (Byrne et al., 2004; Warren et al., 1999). Aun sabiendo la pobre relación con evidencia histológica entre el EIMD (Jones, Newham, Round, y Tolfree, 1986; Newham, Mills, et al., 1983) y las mediciones de la función muscular (Newham, Mills, et al., 1983; Nosaka, Newton, y Sacco, 2002; Rodenburg, Bar, y De Boer, 1993), el DOMS es usado comúnmente como un indicador de EIMD. Esta suposición puede conducir a problemas prácticos cuando se utiliza la ausencia de DOMS como una señal para reanudar el entrenamiento normal, cuando probablemente el músculo todavía se mantenga afectado por el EIMD (Byrne et al., 2004).

i) Alteraciones estructurales

Mediante biopsia se ha identificado que, en presencia del EIMD, en la fibra muscular humana se producen alteraciones en el sarcómero, una desorganización de los miofilamentos y disrupción de las líneas Z (Friden, Sjöström et al., 1983; Jones, Allen, Talbot, Morgan, y Proske, 1997). Aunque el análisis de la biopsia muscular proporciona una visión muy interesante sobre los cambios estructurales que se producen como resultado del ejercicio dañino, las cuestiones económicas, capacitación del personal e idoneidad ética deben considerarse. Además, el análisis cuantitativo y cualitativo de las muestras puede verse comprometido por el sesgo del observador y la muestra, así como por las dificultades en la determinación de los criterios para establecer la presencia o la magnitud de los daños (Warren et al., 1999).

La interrupción miofibrilar puede ser observable inmediatamente después del ejercicio dañino (Jones et al., 1997), aunque alcanza su máximo nivel a los 2-3 días post-ejercicio y se suele dar por finalizada, en gran medida, 6-7 días post-ejercicio (Fridén, Seger, Sjöström, y Ekblom, 1983; Hortobágyi et al., 1998; Newham, McPhail, Mills, y Edwards, 1983; Stupka, Tarnopolsky, Yardley, y Phillips, 2001). Este proceso depende del tamaño de la región muscular dañada, pues los miofilamentos necesitan más o menos tiempo tras el ejercicio para reorganizarse hasta las condiciones previas al mismo (Jones et al., 1997). De hecho, y tras la interrupción como consecuencia del ejercicio, las proteínas de la línea Z pueden quedar expuestas a las enzimas proteolíticas causando más daños, y facilitando esa desorganización en los 3 días posteriores al ejercicio (Friden, Sjöström et al., 1983).

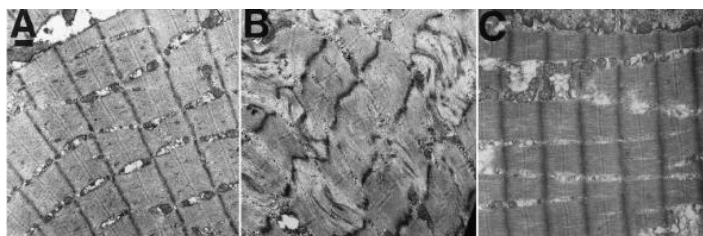


Figura 1. Interrupción de los filamentos en el vasto lateral a los 2 (B) y 7 días (C) posteriores al ejercicio dañino. Adaptado de Hortobágyi et al. (1998).

ii) Inflamación

Dependiendo de la intensidad del EIMD puede manifestarse un cuadro de inflamación muscular entre las 8 y las 72 h. post- ejercicio (Friden y Lieber, 1998; Lieber y Friden, 1999; Lieber, Thornell, y Friden, 1996; Smith, 1991; Terrados et al., 2004). Aunque la

inflamación se ha visto históricamente como perjudicial para la recuperación del ejercicio, actualmente se acepta que las respuestas inflamatorias, si están estrictamente reguladas, son parte integral de la reparación y regeneración muscular (Peake et al., 2016).

La inflamación se produce por la acumulación de las proteínas libres en el intersticio después de una lesión. Después de un ejercicio excéntrico se compromete la integridad celular, pues parte de las alteraciones del funcionamiento de la célula muscular dañada son debidas a un aumento del Ca^{++} intracelular procedente del exterior del retículo sarcoplásmico, debido a la activación de la fosfolipasa A2 (Yasuda, Sakamoto, Nosaka, Wada, y Katsuta, 1997). Esa entrada no regulada de Ca en la célula puede activar la acción de las proteínas calpaínas, afectando aún más la integridad de la miofibra (Tidball, 1995), cuya acumulación modifica la presión normal de la filtración capilar, lo que permite que se produzca la inflamación (Denegar, 2000).

Se han observado incrementos en la función de los neutrófilos entre 1-6 h. después de finalizar el ejercicio excéntrico (Pizza, Koh, McGregor, y Brooks, 2002; Smith et al., 1989; Smith et al., 1994). Meyer, Gabriel, Ratz, Muller, y Kindermann (2001) observaron un aumento de neutrófilos, interleucina-6 (IL-6) y PCr después de series repetidas de ejercicio anaeróbico. Se observa, por tanto, que la acumulación de macrófagos está íntimamente relacionada con la respuesta inflamatoria. Igualmente, parece lógico relacionar los procesos inflamatorios con el DOMS pues provoca mayor presión en el tejido local (Cleak y Eston, 1992; Crenshaw, Thornell, y Friden, 1994; Friden, Sfakianos, y Hargens, 1986; Smith et al., 1994). Aun así, varios estudios han observado una pobre relación entre el dolor y la inflamación (Semark, Noakes, Gibson, y Lambert, 1999; Zainuddin, Hope, Newton, Sacco, y Nosaka, 2005).

iii) Dolor muscular

Cuando las fibras musculares se dañan se vuelven débiles, dolorosas y rígidas. Por ello, tras el ejercicio, e incluso en unos días posteriores al mismo, el deportista puede percibir una sensación molesta o dolorosa localizada (Iguchi y Shields, 2010; López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006). Hay dos tipos de dolor muscular post-ejercicio reconocidos (Plowman y Smith, 2008): el dolor de aparición inmediata (immediate-onset soreness), caracterizado por sensaciones doloras durante e inmediatamente después del ejercicio, y el ya mencionado previamente DOMS (Drobnic, 1989). Este DOMS es conocido como “agujetas”. Es un dolor que aparece en regiones musculares sometidas a esfuerzo horas después de la finalización del ejercicio, alcanzando su máxima intensidad entre las 24-72 h. y que puede no desaparecer hasta los 5-7 días post-ejercicio, pudiendo llegar incluso a los 10 días (Armstrong, 1984; Cochrane, 2004; Friden, Sjöström et al., 1983; Hilbert, Sforzo, y Swensen, 2003; Miller, Bailey, Barnes, Derr, y Hall, 2004; Newham, McPhail et al., 1983; Zainuddin, Hope et al., 2005). En cualquier caso, el DOMS puede percibirse 1 h. post-ejercicio (Jakeman, Byrne, y Eston, 2010a; Pruscino, Halson, y Hargreaves, 2013).

Aunque algunos estudios han demostrado un aumento significativo e inmediato en el dolor muscular percibido (Twist y Eston, 2005), sus síntomas se perciben entre 8-24 h. post-ejercicio, alcanzando su máxima expresión entre 24-72 h. después del ejercicio (Armstrong, 1984; Asmussen, 1956; Bobbert, Holander, y Huijing, 1986; Cheung et al., 2003; Clarkson et al., 1992; Cleak y Eston, 1992; Jones, Newham, y Clarkson, 1987;

Newham, 1988; Newham, Mills et al., 1983). Cuando personas no entrenadas realizan actividades físicas a las que no están acostumbradas, las sensaciones y síntomas se mantienen entre 14-96 h. post-ejercicio, pero esta respuesta es muy variable entre individuos y supeditada al tipo de actividad (Asmussen, 1956; Jakeman et al., 2010a; Jakeman, Byrne, y Eston, 2010b; Kraemer et al., 2001a; Newham, McPhail et al., 1983; Thompson, Nicholas, y Williams, 1999). Sin embargo, los deportistas o personas entrenadas suelen experimentar DOMS durante periodos temporales más cortos. Esto puede deberse, en parte, al efecto protector de las contracciones excéntricas realizadas previamente y repetidas con regularidad (Bowers, Morgan y Proske, 2004; Nosaka y Newton, 2002a). De hecho, cuando los jugadores de deportes de equipo participan en partidos o tareas específicas pueden experimentar DOMS durante 24-48 h. (Ascensão, Leite, Rebelo, Magalhães, y Magalhães, 2011; Dawson, Gow, Modra, Bishop, y Stewart, 2005; Ingram et al., 2009).

La principal característica del DOMS y reconocida por el propio deportista es la hipersensibilidad, la cual se manifiesta por una reducción del umbral del dolor a la estimulación mecánica. Es por ello que, en presencia de DOMS, un estímulo normalmente inocuo como una palpación, un estiramiento o la activación del músculo dañado pueden provocar sensaciones dolorosas (Byrne et al., 2004). Por ello el DOMS es una de las medidas más pertinentes y utilizadas para evaluar el EIMD. Aunque sea un buen indicador de la presencia de EIMD, no es un buen indicador de la magnitud del EIMD (Nosaka y Kuramata, 1991; Nosaka, Newton y Sacco, 2002). En cualquier caso, el DOMS no se expresa como dolor en reposo, a diferencia del dolor de origen inflamatorio (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006).

Una importante función del dolor es proteger al organismo indicándole la presencia de lesiones en los tejidos. Sin embargo, el DOMS no cumple este papel. Dado que aparece tiempo después de la actividad física, es de suponer que no funciona para avisar al organismo de una posible sobresolicitación durante la actividad que genera el EIMD (Armstrong, 1984). A pesar de que el DOMS puede acompañarse de una atenuación de la fuerza máxima en los músculos afectados, tanto en MVC como en involuntaria (Armstrong, 1986; Braun y Dutto, 2003; Clarkson et al., 1992; Clarkson y Sayers, 1999; MacIntyre et al., 1995), el patrón temporal del dolor se relaciona pobremente con la función muscular, la cual puede verse afectada antes de que surja el dolor (Cleak y Eston, 1992; Jones et al., 1986; Nosaka, Newton y Sacco, 2002; Rodenburg et al., 1993). En cualquier caso, el DOMS también se asocia a una inhibición neuromuscular después del ejercicio dañino para proteger al músculo de mayores lesiones frente a cargas elevadas (Jakeman et al., 2010a; Westing, Cresswell, y Thorstensson, 1991).

Estas sensaciones, por supuesto, dependen del volumen y la intensidad del ejercicio (Armstrong, 1984), así como del tipo de ejercicio, ya que una de sus características es que el DOMS es mayor después del ejercicio excéntrico que tras el concéntrico (Iguchi y Shields, 2010). Se ha demostrado que la fatiga es mayor tras finalizar un protocolo concéntrico que tras un protocolo excéntrico, pero el DOMS es superior en el protocolo excéntrico (Iguchi y Shields, 2010). Esos resultados indican la independencia entre los eventos del DOMS y los eventos que contribuyen a la fatiga. La explicación reside en su origen, ya que la fatiga es un proceso fisiológico a diferencia del EIMD (y DOMS subsecuente), ambos pueden coexistir en el sujeto, pero también se pueden dar de forma independiente uno del otro. La diferenciación radica en que las contracciones

concéntricas tienen una mayor facturación metabólica, mientras que las contracciones excéntricas son mecánicamente más estresantes.

a) Mecanismos teóricos del DOMS

Todavía no se conocen completamente las causas subyacentes del DOMS (Miller et al., 2004). Existen varias teorías para explicarlo: acumulación de ácido láctico, espasmos musculares, microtraumas, daño del tejido conectivo, inflamación y flujo de electrolitos y enzimas (Lewis, Ruby, y Bush-Joseph, 2012). Cada teoría presenta diferentes reacciones en cadena manifestadas en síntomas clínicos y/o signos de DOMS.

Numerosas investigaciones han desacreditado la teoría de que el DOMS se produce por la acumulación del ácido láctico (Newham, McPhail et al., 1983; Newham, Mills et al., 1983; Schwane, Watrous, Johnson, y Armstrong, 1983). La teoría del espasmo muscular también ha sido descartada por gran parte por los estudios con EMG, que no han demostrado una mayor actividad en los músculos doloridos o una correlación entre la actividad y el dolor post-ejercicio (Bobbert et al., 1986; Howell, Chila, Ford, David, y Gates, 1985; Talag, 1973). Aun existiendo otras teorías con sus respectivos defensores, el consenso general de los investigadores defiende hoy en día el modelo integrador propuesto por (Armstrong, 1984), pues una sola teoría no puede explicar la aparición del DOMS, en tanto que es el resultado de una secuencia de acontecimientos que involucran el desgarramiento del tejido conectivo, el daño muscular, la salida de flujos enzimáticos, y la inflamación.

La secuencia de acontecimientos que plantea Smith (1991) comienza con la teoría mecánica o del daño muscular y del tejido conectivo, pues las fuerzas aplicadas durante la contracción excéntrica muscular causan la perturbación de las proteínas estructurales en las fibras musculares (Cheung et al., 2003; Friden y Lieber, 1992; Friden y Lieber, 1998; Hilbert et al., 2003; Hough, 1902; Lieber y Friden, 1999; Lieber et al., 1996). Este daño en el sarcolema origina una acumulación de Ca que inhibe la respiración celular (Armstrong, 1984), asumiendo así parte de la teoría neurogénica o de la salida de flujos enzimáticos. Los componentes intracelulares y del tejido conectivo y los marcadores del EIMD se difunden en el plasma y el intersticio. Los mastocitos y la producción de histamina se activan y en pocas horas hay un aumento significativo en la circulación de los neutrófilos en el lugar dañado. También hay un aumento del número de macrófagos en la zona dañada entre las 24-48 h. después de la lesión del tejido (Smith, 1991). Tras la exposición a este entorno inflamatorio, los macrófagos producen dinoprostona (PGE_2) que sensibilizan las terminaciones nerviosas tipo III y IV ante estímulos mecánicos, químicos, y/o la inflamación térmica (Barlas, Walsh, Baxter, y Allen, 2000; Ebbeling y Clarkson, 1989; Hilbert et al., 2003) Según estos hechos, el dolor se relaciona con la actividad de las prostaglandinas de la serie E (Smith, 1991). La acumulación de histamina, K, y quininas de la fagocitosis y la necrosis celular, junto a la acumulación de fluidos que pasan del sistema vascular al espacio intersticial (Armstrong, 1986; Smith y Miles, 2000; Wilcock, Cronin, y Hing, 2006) elevando de la presión del edema tisular posterior al EIMD (Sayers y Hubal, 2008), y el aumento de la temperatura local, activa los nociceptores que conducen a la sensación de DOMS (Barlas et al., 2000; Dierking y Bembem, 1998; López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006; Weerakkody, Whitehead, Canny, Gregory, y Proske, 2001). Además, el aumento en la presión intramuscular (IMP) generada durante una contracción o una palpación causa un estímulo mecánico para los sensibilizados receptores de PGE_2 (Smith, 1991).

Por tanto, el daño de las proteínas estructurales de las fibras musculares genera una percepción de dolor (Miller et al., 2004), cuyo patrón temporal de aparición se relaciona con la dinámica de fluidos subyacente al EIMD y recuperación de tejido afectado (Kraemer et al., 2001b), concretamente con la inflamación y el retraso en la entrada de macrófagos en la zona lesionada.

Recientemente se ha señalado la posible influencia de factores neutróficos (Mizumura y Taguchi, 2016). A diferencia de observaciones anteriores en las que el DOMS es debido al daño de las fibras musculares y la inflamación, estos autores observaron una hiperalgesia mecánica (estado de sensibilidad aumentada al dolor) en ratas entre 1 y 3 días después de ejercicios excéntricos sin ningún EIMD microscópico aparente o signos de inflamación. Estos autores proponen que hay dos posibilidades para explicar el aumento del dolor a pesar de no haber daño muscular o inflamación: la activación del receptor nervioso B2 de la bradicina del factor de crecimiento neuronal (NGF), y la activación del factor neurotrófico de células gliales ciclooxigenasa-2 (GDNF). Ello se debe a que dichos factores neurotróficos fueron producidos por las fibras musculares y/o células satélite. Por ello, se puede considerar que el EIMD no es esencial, aunque suficiente, para la inducir DOMS, pero el NGF y el GDNF producidos por las fibras musculares y/o células satélite desempeñan papeles cruciales en el DOMS.

iv) La amplitud o rango de movimiento (ROM) y el ángulo articular en reposo

El ROM y el ángulo articular en reposo son indicadores de EIMD utilizados en numerosos estudios (Cleak y Eston, 1992; French et al., 2008; Gleeson, Eston, Marginson, y McHugh, 2003; Nosaka y Newton, 2002a; Nosaka, Sakamoto, Newton, y Sacco, 2001), y se define como la valoración cuantitativa del arco de movimiento articular (específico) al realizar un movimiento, independientemente de la velocidad de ejecución (Heredia, 2011; Warren et al., 1999).

Generalmente, cuando el EIMD afecta a los músculos implicados en una articulación particular existe una reducción en la amplitud de movimiento de dicha articulación (Dierking y Bembem, 1998; Lee et al., 2002; Rawson et al., 2001). La inhibición recíproca generada alrededor de la articulación implicada también actúa como un mecanismo de protección en respuesta al dolor asociado con el movimiento cuando se experimenta el DOMS (Sandrini et al., 2005; Willer, 1977). Esto puede interferir en los patrones biomecánicos normales al realizar tareas de acondicionamiento físico y de mejorar de las habilidades técnico-tácticas. Por ejemplo, se asocia a una disminución de la economía de carrera debido a respuestas compensatorias a la reducción del ROM (Braun y Dutto, 2003; Calbet, Chavarren, y Dorado, 2001; Cheung et al., 2003). Específicamente, esto se manifiesta a través de la alteración del patrón de activación de la unidad motora, un ROM modificado en la rodilla, el tobillo y/o la cadera, y malestar general (Braun y Dutto, 2003). La economía de carrera parece menos sensible a los efectos del EIMD en sujetos no entrenados, posiblemente por tener unos patrones de carrera menos depurados (Paschalis et al., 2005).

Es probable que la limitación del ROM surja por mecanismos neurales de tipo reflejo en respuesta al DOMS, pérdida de fuerza isométrica y dinámica, disminución de la potencia muscular máxima y de la capacidad anaeróbica, y disminución de la velocidad

de resíntesis de glucógeno muscular (Armstrong, 1984; Clarkson et al., 1992). También puede relacionarse con la inflamación de los tejidos conectivos, pues se han obtenido similares patrones temporales de comportamiento entre el ROM y la inflamación (Cleak y Eston, 1992; Hart, Swanik, y Tierney, 2005; Kraemer et al., 2001a; Zainuddin, Hope et al., 2005; Zainuddin, Newton, Sacco, y Nosaka, 2005). De todos modos, las mediciones de ROM y el ángulo articular en reposo son susceptibles de tener escasa fiabilidad y no se relacionan necesariamente con otros indicadores de EIMD (Cleak y Eston, 1992; Warren et al., 1999).

v) Pérdida de fuerza

El deterioro prolongado de la función muscular (Friden, Sjöström et al., 1983; Gibala, MacDougall, Tarnopolsky, Stauber, y Elorriaga, 1995; Hortobágyi et al., 1998) es consecuencia típica del EIMD. Es probable que el EIMD contribuya a una reducción de la capacidad de generar fuerza en las horas y días posteriores al ejercicio mediante la alteración de la estructura intracelular muscular, el sarcolema y la matriz extracelular (Friden y Lieber, 1992, 2001a; Friden, Sjöström et al., 1983; Stauber, Clarkson, Fritz, y Evans, 1990), superando incluso el 50% de pérdida de rendimiento en sujetos no entrenados (Clarkson et al., 1992; Newham, Jones, y Clarkson, 1987).

El mecanismo por el que hay una pérdida de fuerza tras el ejercicio excéntrico todavía no se ha identificado claramente. En principio parecía que la capacidad del músculo para producir fuerza simplemente se veía afectada por el daño de las unidades contráctiles, vinculadas a las percepciones de dolor (Newham, 1988), pero debemos sumarle a ello otras modificaciones en el sistema de transmisión de la tensión, traducidos en alteraciones en la transmisión del potencial de acción y en el acoplamiento entre excitación y contracción (Bottas, Linnamo, Nicol, y Komi, 2005). Además, la influencia del DOMS en la capacidad de contracción muscular tras el EIMD no está clara (Jakeman et al., 2010a) por varios motivos. Por un lado, es poco probable que el DOMS por sí mismo implique una pérdida en la capacidad para generar fuerza, porque puede haber reducciones en la fuerza inmediatamente después del ejercicio antes de percibir el DOMS (Perrey, Bringard, Racinais, Puchaux, y Belluye, 2008). Por otro, los músculos se pueden activar completamente mediante estimulación eléctrica a pesar de la presencia de DOMS (Saxton y Donnelly, 1996) y parece que el EIMD moderado no afecta al retardo electromecánico (Lacourpaille, Nordez, Doguet, Hug, y Guilhem, 2016). Además, el patrón temporal del DOMS se relaciona pobremente con la función muscular, la cual puede verse afectada antes de que surja el DOMS (Cleak y Eston, 1992; Jones et al., 1986; Nosaka, Newton y Sacco, 2002; Rodenburg et al., 1993).

Aunque los factores motivacionales y las limitaciones neuronales en MVC pueden llegar a ser problemáticas en los días siguientes al EIMD (Byrne y Eston, 2002a), las mediciones de la pérdida de fuerza y el deterioro funcional se consideran como una de las medidas indirectas válidas y fiables que se pueden asociar al EIMD (Byrne y Eston, 2002a; Falvo y Bloomer, 2006; Warren et al., 1999).

Numerosos investigadores han detectado reducciones significativas en los parámetros de fuerza y potencia durante períodos de EIMD mediante diferentes tipos de evaluaciones. De todas las posibilidades, la dinamometría isocinética es excepcionalmente fiable para evaluar la función muscular (Drouin, Valovich-McLeod, Shultz, Gansneder, y Perrin, 2004; Li, Wu, Maffulli, Chan, y Chan, 1996),

especialmente si se realiza conjuntamente con otros marcadores de rendimiento dada su consistencia respecto al patrón temporal de la recuperación y la magnitud de pérdida de fuerza (Byrne y Eston, 2002b). De hecho, la fuerza isométrica máxima (Cleak y Eston, 1992), salto vertical (Miyama y Nosaka, 2004; Vaile, Halson, Gill, y Dawson, 2008a), sprint de corta duración y habilidad en cambios de dirección (Highton, Twist, y Eston, 2009), y pruebas de potencia anaeróbica como el test de Wingate (Byrne y Eston, 2002b) también se han utilizado para evaluar la influencia de EIMD sobre la fuerza y potencia muscular de forma específica en el miembro inferior. Entre los diferentes tipos de saltos puede haber variaciones en las pérdidas de rendimiento, debido principalmente a la influencia del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) (Bobbert, Gerritsen, Litjens, y Van Soest, 1996). Asimismo, el rendimiento en test de habilidad en cambios de dirección se ve negativamente afectado por alteraciones en el CEA, en combinación con el aumento de la rigidez de la articulación de la rodilla, y asociados a una inhibición central de la fuerza por mecanismos neurales (Highton et al., 2009).

La recuperación de la fuerza sigue un patrón predecible, volviendo a niveles basales entre 72-120 h. en función de la magnitud del EIMD (Byrne, Eston, y Edwards, 2001; Byrne y Eston, 2002b; Martin, Millet, Lattier, y Perrod, 2004). Las discrepancias entre estos estudios se deben a la intensidad del protocolo de ejercicio, ya que se ha demostrado que la magnitud del EIMD se relaciona con la intensidad de ejercicio.

La tensión muscular durante las contracciones excéntricas influye significativamente en la magnitud del EIMD, pero parece ser que la reducción de fuerza del músculo afectado por el EIMD puede no ser tan elevada en función de la capacidad elástica del tendón, la cual puede disminuir esa tensión muscular, y por tanto, el EIMD (Guilhem et al., 2016). La alteración del control de movimiento (Bottas et al., 2005) y la función propioceptiva también puede verse alterada por la presencia del EIMD y su posible influencia negativa sobre el feedback sensorial (Brockett, Warren, Gregory, Morgan, y Proske, 1997). Esto podría manifestarse en alteraciones en el equilibrio por causas centrales y periféricas aún por determinar (Twist, Gleeson, y Eston, 2008).

vi) Liberación de enzimas

La existencia de EIMD puede verificarse al detectar un aumento de la concentración en sangre de enzimas musculares (Fernández-García y Terrados, 2004), que dado su tamaño no pueden atravesar la membrana muscular, como la creatinquinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH), aspartato transaminasa o transaminasa glutámico-oxalacética (AST/GOT), alanina transaminasa o transaminasa glutámico-pirúvica (ALT/GPT), manganeso superóxido dismutasa (Mn-SOD), etc. y por lo tanto, para que aparezcan en sangre se tiene que haber producido una ruptura del sarcolema de fibras musculares y una extravasación en el medio extracelular (Aquino et al., 2016a; Fallon, 2008; Fernández-García y Terrados, 2004; Margaritis, Tessier, Verdera, Bermon, y Marconnet, 1999; Nosaka y Kuramata, 1991; Sorichter et al., 2001, 1998). Después del ejercicio excéntrico también pueden observarse aumentos de la destrucción de colágeno, el cual puede ser valorado, entre otros, mediante el aumento de la anhidrasa carbónica III en el suero, la cual tiene una buena correlación con la CK (Takala et al., 1989).

La CK, principal enzima implicada en la producción de ATP y que regula el metabolismo anaeróbico, es uno de los marcadores de EIMD más utilizados. En el citosol, su función principal es la eliminación de un fosfato de la PCr y agregarlo al

adenosín difosfato (ADP), formando de esta manera la molécula de ATP. La CK mitocondrial hace lo contrario: la CK elimina un fosfato del ATP derivado de la fosforilación oxidativa y se une a una molécula de creatinina, formando PCr (Baird, Graham, Baker, y Bickerstaff, 2012; Koch et al., 2014). Existen, por tanto, dos formas de CK, una mitocondrial y otra citosólica. La CK citosólica presenta una unión significativa a las miofibrillas en el músculo esquelético y cardiaco. Es una molécula dimérica compuesta de subunidades B (forma cerebral) o bien M (forma muscular) y existen tres isoenzimas: CKBB (CK-1) encontrada predominantemente en el cerebro, CKMB (CK-2) encontrada predominantemente en el músculo cardiaco y CKMM (CK-3) encontrada predominantemente en el músculo esquelético (Baird et al., 2012; Koch et al., 2014; Page, Jackson, Coakley, y Edwards, 1989). La forma mitocondrial de la enzima es también un dímero y probablemente está compuesta de dos subunidades idénticas (CK-Mi). Existen dos formas de CK mitocondrial: una sarcomérica y una no sarcomérica. Además, la CK puede existir como macroenzima (un complejo de CK y la inmunoglobulina), que sólo está presente en los estados de enfermedad (Baird et al., 2012). A los efectos de la presente investigación, sólo la isoenzima CK-MM será motivo de interés por vincularse a fenómenos de destrucción muscular y ser un posible marcador de sobre-entrenamiento (Hartmann y Mester, 2000). De aquí en adelante, cuando se mencione CK nos estaremos refiriendo a la isoenzima MM (CK-3), a menos que se indique lo contrario.

Cuando el sarcolema se daña como resultado del ejercicio, la CK se filtra por la permeabilidad de la membrana hacia el líquido intersticial. Allí es recogida por el sistema linfático y se vierte en la sangre. En reposo, los niveles de CK están en un rango de 35-175 U/L (Baird et al., 2012) y de 60-400 U/L (Koch et al., 2014). Después de ejercicios de resistencia, los niveles máximos de CK oscilan entre 300-6000 U/L (Koch et al., 2014), pudiendo alcanzar más de 3.000.000 U/L en casos de rabdomiólisis extrema (Baird et al., 2012). Con los valores por encima de los 300-400 U/L no deberíamos esperar que el deportista alcance su máximo rendimiento, y, en consecuencia, planificar un periodo de recuperación de 2-5 días. En situaciones normales de entrenamiento es habitual encontrar valores aumentados de CK, sin necesidad de reducir el entrenamiento, siempre y cuando otros parámetros bioquímicos permanezcan estables (Fernández-García y Terrados, 2004).

La viabilidad de la CK como marcador de EIMD ha sido cuestionada por varios motivos. Existen sujetos con una variabilidad muy baja mientras que otros presentan valores muy elevados (Hartmann y Mester, 2000). La razón de este fenómeno se ha tratado de dilucidar a través de la variación genética entre los individuos. Hay varios polimorfismos genéticos vinculados a personas que pueden ser clasificadas como "altos respondedores" (aquellos que tienen una respuesta de la CK al ejercicio relativamente mayor), siendo la mejor evidencia la existencia de un polimorfismo en el gen que codifica la proteína α -actinina-3, la cual tiene un importante papel en el mantenimiento de la integridad estructural del sarcómero. Aquellos que tienen el polimorfismo en el gen que codifica la α -actinina-3 tendrán menos estabilidad estructural durante las contracciones excéntricas, y serán más susceptibles al daño muscular que se refleja en la alta respuesta de la CK (Koch et al., 2014). Esto ha sido evidenciado por otros estudios (Vincent et al., 2010). Otras variables que afectarán a la respuesta de la CK al EIMD son el género, la edad, el nivel de entrenamiento, y el tipo de ejercicio (Apple, Rogers, y Ivy, 1986; Klapcinska, Iskra, Poprzecki, y Grzesiok, 2001; Lavender y Nosaka, 2008; Nikolaidis et al., 2003; Rumley et al., 1985; Sewright et al., 2008), incluso y a pesar de

que tengan características similares y realicen ejercicios idénticos (Baird et al., 2012; Clarkson et al., 1992; Koch et al., 2014), como ya se ha apuntado en el párrafo anterior.

Aunque el aumento de CK se utiliza generalmente como un indicador del daño celular (Evans et al., 1986; Friden y Lieber, 2001a), se considera un mal indicador de la magnitud del EIMD, ya que a menudo correlaciona de forma no significativa con otros marcadores de EIMD (Chapman, Newton, Sacco, y Nosaka, 2006; Clarkson, Byrnes, McCormick, Turcotte, y White, 1986; Friden y Lieber, 2001b; Newham, Jones, y Edwards, 1983; Warren et al., 1999). Es más, es necesaria una intensidad elevada durante el ejercicio para provocar esa respuesta (Kyröläinen, Takala, y Komi, 1998). Se ha propuesto que la CK es más útil como medida cualitativa de si se ha producido el EIMD que como medida cuantitativa para evaluar su magnitud (Koch et al., 2014).

La LDH consiste en un tetrámero compuesto por dos subunidades, M (músculo) y H (corazón). Estas subunidades se combinan para formar 5 isoenzimas. La LDH1 (H4) y la LDH2 (H3M) predominan en el corazón, músculo no esquelético, eritrocitos, el sistema retículoendotelial y leucocitos, y se cree que favorecen la formación de piruvato a partir de lactato, mientras que LDH4 (HM3) y LDH5 (M4) predominan en riñones, placenta, páncreas, hígado y músculo esquelético (Urdampilleta, Martínez-Sanz, y Lopez-Grueso, 2013). De aquí en adelante, cuando se mencione LDH nos estaremos refiriendo a la isoenzima LDH-5, a menos que se indique lo contrario.

Aproximadamente, un 50-60% del lactato producido es metabolizado en el hígado, donde se difunde libremente a través de la membrana celular del hepatocito y se transforma de inmediato en piruvato a través de la reacción LDH dependiente. La utilización de esta vía aumentará los niveles de LDH en sangre, ya que participa en la reutilización del lactato. Aproximadamente el 20% del lactato producido durante el ejercicio se oxida a piruvato. El lactato se produce como resultado de la anaerobiosis celular, por lo que en deportes más anaeróbicos los valores de LDH serán más elevados (Juel, 1997). Esto explica por qué el músculo esquelético sometido a estrés crónico sobre-expresa las isoenzimas LDH-1 y LDH-2 con predominio de subunidades M.

Dado que la subunidad M de la LDH predomina en las fibras tipo II (Thorstensson, Sjödin, Tesch, y Karlsson, 1977), los deportistas que tengan más fibras de tipo II (rápidas), podrán alcanzar valores más altos en esta enzima, así como una máxima producción de lactato. Ciertamente, una disminución de esta enzima a una misma intensidad de carga de entrenamiento, supone una adaptación con menor grado de conversión hacia el metabolismo anaeróbico (Torres et al., 2009), es decir, mayor eficiencia metabólica. Así, la LDH presenta incrementos después de entrenamientos de corta duración y alta intensidad (Linossier, Denis, Dormois, Geysant, y Lacour, 1993), sugiriendo la existencia de roturas miofibrilares, y por tanto, la presencia de EIMD (Fallon, 2008). En los deportes de equipo se han observado diferencias significativas antes y después de los partidos (con unos valores de 781 mU/ml frente a 1.248 mU/ml), recuperándose a las 48 horas los valores basales (Rodenburg et al., 1993).

Las aminotransferasas AST o GOT y ALT o GPT son enzimas hepáticas relacionadas con la actividad muscular. La principal alteración hepática que se observa en un individuo que realiza ejercicio es un aumento de las aminotransferasas (Galvis, 2000). Los valores de GOT y GPT aumentan cuando se activa el ciclo de glucosa-alanina por déficit de glucógeno muscular (Fallon, 2008). La enzima que se modifica más

ampliamente es la GOT ya que, al hallarse presente en otros muchos órganos, no ha servido inicialmente para diferenciar el origen de su procedencia, ya sea muscular o hepática (Urdampilleta et al., 2013). La GPT es más específica para indicar daño hepático, modificándose con el ejercicio físico en menor medida, y siempre acompañándose del aumento de la GOT y la CK (Harrington, 2000). La enzima GGT (gamma glutamil transpeptidasa), con escasa presencia muscular, se utiliza para valorar si la elevación de transaminasas se debe a sobrecarga muscular o a alteraciones hepáticas, así que su evaluación también podría ser útil para la evaluación del EIMD.

La GOT y la GTP sugieren, en concentraciones altas, que la carga de entrenamiento ha sido elevada, y que se han producido roturas miofibrilares o activación del ciclo de glucosa-alanina (Fallon, 2008), de modo que pueden utilizarse también como posibles indicadores de la destrucción muscular. Es habitual encontrar valores por encima de los 30 U/L después de un entrenamiento o competición, los cuales correlacionan con un aumento de la CK (Pardo, 2001). En estado de sobreentrenamiento también aumentan considerablemente y se encuentran en la siguiente relación: GOT>GPT (Galvis, 2000). Aun así, la adaptación al entrenamiento produce una menor liberación de enzimas, producto de la reducción de la permeabilidad de la membrana de la célula muscular (Harris, Marlin, y Gray, 1998).

En definitiva, y a pesar de todas las variables que afectan a la CK, probablemente sea el marcador indirecto de EIMD más utilizado en esta área de investigación. La respuesta de la CK es superior a la mioglobina (Mb) o LDH, por lo que, de los diferentes métodos para medir el EIMD, la CK parece ser la mejor opción y de más práctica utilidad opción actualmente (Brentano y Martins, 2011). Por ello, su uso es apropiado para determinar si se ha producido el EIMD, pero se debe utilizar con precaución para determinar la gravedad del EIMD o la aptitud para la vuelta a la competición o al entrenamiento.

vii) Liberación de proteína miofibrilar

Hay una serie de proteínas musculares cuya valoración en sangre también puede ser muy útil, pero su uso como marcador de EIMD puede ser difícil de medir e interpretar debido a la concentración en sangre es una función de lo que se produce en el músculo y lo que se elimina de la sangre: La 3-metilhistadina de la orina (Evans et al., 1986), la hidroxiprolina en orina (que sugiere destrucción de fibras de colágeno, es decir, daño estructural en el tejido conjuntivo) (Abraham, 1976; Brown, Child, Day, y Donnelly, 1997a; Han et al., 1999), la detección de fragmentos de cadena pesada de la miosina, y la concentración de Mb (Bailey et al., 2007; Bishop et al., 2008; Saka et al., 2009), han sido utilizadas para indicar la presencia del EIMD. También la presencia de troponina I (TnI) o calpaína podrían utilizarse como marcadores de EIMD (Sorichter et al., 1997).

La Mb es una proteína fijadora de oxígeno que sirve como depósito de oxígeno y facilita su difusión en las fibras musculares estriadas (llega a representar un 5-10% de todas las proteínas citoplasmáticas). La Mb se mantiene en suero en niveles entre 0-0,003 mg/dL³, pero se libera rápidamente hacia la circulación tras el daño muscular. Una vez los niveles circulantes de Mb superan niveles entre 0,5-1,5 mg/dL, se sobrepasa su capacidad de unión a proteínas y endocitosis, y se excreta rápidamente por la orina (Sorrentino et al., 2011). Los niveles séricos aumentan rápidamente tras el EIMD y disminuyen mucho más rápido que los niveles de CK (normalmente entre 1-6 h., llegando al máximo entre 5-10 h.), por lo que tienen un bajo valor predictivo y no

debería utilizarse como un elemento para descartar la presencia o no de EIMD (Keltz, Khan, y Mann, 2014). Aun así, su valoración supone una interesante ayuda a la hora de conocer el estado y la evolución del músculo.

viii) Leucocitosis asociada

El EIMD va unido a diferentes cambios hematológicos como un incremento del número de leucocitos (Fernández-García y Terrados, 2004). Una leucocitosis elevada (9500 leucocitos/mm³) podría utilizarse, junto a otros biomarcadores, para pronosticar la presencia de EIMD, y su evolución conjunta con la de otros marcadores indicaría el grado de recuperación muscular (Kayashima, Ohno, Fujioka, Taniguchi, y Nagata, 1995). Esta leucocitosis también puede correlacionar con el ácido úrico, y existirá un aumento de ácido vanilmandélico y cortisol (C) libre en la orina (Fernández-García y Terrados, 2004).

2.3.3. El EIMD afecta la recuperación del glucógeno muscular

El agotamiento de glucógeno es probable que influya en la liberación de Ca⁺⁺, en los electrolitos de sodio (Na⁺), y el transporte de K⁺ a través de alteraciones en el retículo sarcoplásmico y en el Na⁺ y K⁺ATPasa (Dutka y Lamb, 2007; Entman, Keslensky, Chu, y Van Winkle, 1980; Fridén, Seger, y Ekblom, 1988; Okamoto, Wang, Rounds, Chambers, y Jacobs, 2001; Ørtenblad, Nielsen, Saltin, y Holmberg, 2011). El agotamiento de glucógeno también puede reducir la sensibilidad del Ca⁺⁺ del miofilamento (Helander, Westerblad, y Katz, 2002), y resultar en una reducción de los intermediadores del ciclo del ácido tricarbóxico, que contribuye a la fatiga (Helander et al., 2002; Sahlin, Katz, y Broberg, 1990).

No sólo las reservas de glucógeno muscular se agotan durante la competición en deportes de equipo como el fútbol (Jacobs et al., 1982; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Zehnder, Rico-Sanz, Kühne, y Boutellier, 2001), sino que la recuperación posterior del glucógeno muscular se ve minimizada con el ejercicio excéntrico (Widrick et al., 1992) por causas poco claras, pero podrían estar relacionados con la respuesta inflamatoria (Jentjens y Jeukendrup, 2003). Del mismo modo, los músculos ejercitados de forma excéntrica pueden contener el 27% menos glucógeno que los no ejercitados de manera excéntrica tras 72 h. de recuperación, probablemente por la infiltración de células fagocíticas durante las primeras horas tras el ejercicio (Costill et al., 1990). Así pues, si se realizan varios entrenamientos o competiciones con un mínimo tiempo de recuperación y se produce EIMD, se podría realizar estas últimas con menos glucógeno almacenado, teniendo impacto en la capacidad de generación de la fuerza durante las actividades posteriores.

2.3.4. Efecto de intentos repetidos (Repeated bout effect)

Se ha observado que sesiones posteriores de los mismos ejercicios excéntricos no producen el mismo daño que la primera sesión (Ebbeling y Clarkson, 1990; Foley, Jayaraman, Prior, Pivarnik, y Meyer, 1999; Nosaka y Clarkson, 1996) y que en las

situaciones donde se lleva a cabo una segunda sesión de ejercicio de características similares a la primera, el EIMD se reduce (Rubio-Sobrino, Rodríguez-Casares, Aguado, y Alegre, 2012). Este fenómeno es llamado efecto de intentos repetidos (repeated bout effect, RBE) (Clarkson et al., 1992; Howatson, Van Someren, y Hortobagyi, 2007; McHugh, Connolly, Eston, Gartman, y Gleim, 2001; McHugh et al., 1999; Nosaka y Sakamoto, 2001). En relación con los factores antes mencionados que aumentan el EIMD, éstos favorecen el efecto de protección. El efecto protector se caracteriza por una recuperación más rápida de la fuerza muscular y el ROM (Clarkson et al., 1992; McHugh et al., 1999; Newham et al., 1987; Nosaka, Clarkson, McGuiggin, y Byrne, 1991) y una menor inflamación y DOMS (Foley et al., 1999; Nosaka y Clarkson, 1996; Nosaka et al., 1991). De esta manera, la intensidad del primer intento aumenta el RBE, lo que implica un menor EIMD en el segundo intento, y el empleo de velocidades más lentas en un primer intento proporciona un efecto de protección frente a velocidades más rápidas (Chapman, Newton, Mcguigan, y Nosaka, 2008; Crameri et al., 2007).

La causa del RBE es desconocida, pero se han propuesto mecanismos nerviosos, mecánicos y estructurales para explicarlos (Hyldahl, Chen, y Nosaka, 2016; McHugh, 2003; McHugh et al., 1999; McHugh y Tetro, 2003). De hecho, se está cuestionando la existencia del RBE (Margaritelis et al., 2015). Mientras tanto, parece que los factores periféricos (mecánicos y estructurales) tienen un rol más importante que los nerviosos (Nosaka y Newton, 2002b) y que los factores nerviosos no están detrás de la respuesta protectora, pues se ha encontrado una respuesta similar de protección entre sujetos estimulados eléctricamente y de activación voluntaria (Black y McCully, 2008). La controversia está presente, pues las adaptaciones neuronales parecen subyacer a la RBE, al menos parcialmente (Hight, Beck, Bembem, y Black, 2015).

Los factores mecánicos implican que el incremento de la tensión pasiva tras ejercicio excéntrico (McHugh, 2003) provoca un desplazamiento de la tensión total activa de la fibra muscular hacia mayores longitudes musculares. Este incremento se debe al reforzamiento de los elementos citoesqueléticos que sufren daño y alteran las propiedades mecánicas de la fibra muscular (McHugh y Tetro, 2003). Por último, los mecanismos estructurales se apoyan en la hipótesis de creación de nuevos sarcómeros dispuestos en serie (McHugh y Tetro, 2003). La sarcomerogénesis propiciaría que los sarcómeros tuvieran que alargarse menos para la misma cantidad de tensión por lo que no sufrirían un estrés excesivo y de esa forma se mitigaría el EIMD. Varios de los trabajos consultados abogan por este tipo de mecanismo como responsable de sus resultados (Bowers et al., 2004; Brockett et al., 2001; McHugh y Tetro, 2003). Anteriormente también se propuso que el RBE puede ser resultante de la eliminación de material contráctil particularmente susceptible al EIMD (Newham et al., 1987; Nosaka y Clarkson, 1995).

El mecanismo de protección del RBE puede ocurrir poco después del ejercicio (Nosaka et al., 2001). La aplicación práctica de este concepto es que, a pesar de que los deportistas experimenten síntomas de EIMD, podrían ser capaces de completar las sesiones de entrenamiento. Aunque se desconoce la duración exacta del RBE, se ha sugerido que puede durar varias semanas o meses (Byrnes et al., 1985; Friden, Seger, Sjöström & Ekblom, 1983; Marginson, Rowlands, Gleason, y Eston, 2005; Nosaka et al., 2001). Curiosamente, es evidente que la primera sesión de ejercicio no tiene por qué provocar síntomas graves de EIMD con el fin de proporcionar la protección asociada a la RBE. El EIMD no es necesariamente un requisito previo para la adaptación asociada

al RBE, pero puede estar relacionado con una mejor capacidad para reparar el micro-trauma inicial (Brown, Child, Day, y Donnelly, 1997b). Esto tiene implicaciones importantes para los deportistas, pues un nivel previo de condición física puede aliviar algunos de los efectos nocivos de la EIMD, sin causar molestias indebidas.

2.3.5. Fatiga central, EIMD y DOMS: una posible interacción

La fatiga central puede desempeñar un papel importante en la fatiga subaguda a través de su superposición con el EIMD, específicamente en el DOMS resultante. Se ha planteado que el DOMS secundario al EIMD puede reducir el impulso neural a los músculos (O'Connor y Cook, 1999; Racinais, Bringard, Puchaux, Noakes, y Perrey, 2008). Esta inhibición de los potenciales motores evocados se ha observado durante periodo de máximo dolor y persiste después de la desaparición del dolor (Le Pera et al., 2001). El DOMS puede reducir, por tanto, la capacidad de generación de fuerza y rendimiento. Asimismo, el individuo puede sentir que las sensaciones de dolor no son tolerables y disminuir intencionalmente el nivel de actividad o intensidad del ejercicio (Taylor, Allen, Butler, y Gandevia, 2000).

2.3.6. Futbol y EIMD

En deportes de equipo, la carrera a alta intensidad, de manera intermitente y con diferentes distancias, así como los ejercicios de carácter pliométrico, inducen a la formación de EIMD a través del componente excéntrico del CEA (Avela, Kyröläinen, Komi, y Rama, 1999; Chambers, Noakes, Lambert, y Lambert, 1998; Hikida, Staron, Hagerman, Sherman, y Costill, 1983; Kyröläinen et al., 1998; Nicol, Komi, Horita, Kyröläinen, y Takala, 1996), a pesar del efecto protector de las contracciones excéntricas (Bowers et al., 2004; Chen, Chen, Lin, Wu, y Nosaka, 2009; Nosaka y Newton, 2002a) y del alto nivel preparación física que los futbolistas (especialmente los de élite) poseen por la frecuente repetición de estas contracciones en sus entrenamientos y competiciones. Este EIMD es mayor cuando un jugador no está acostumbrado (Clarkson et al., 1992), como puede ser en pretemporada, el periodo de transición entre una temporada y otra o la fase de recuperación de una lesión.

Las demandas del futbol pueden provocar EIMD (Ascensão et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008), pero su magnitud puede variar entre los partidos y las tareas específicas de entrenamiento, debido a la presencia o ausencia de diferentes acciones si se comparan ambos tipos de ejercicio, estableciéndose así una posible línea de futura investigación (Delextrat, Baker, Cohen, y Clarke, 2013; Robineau et al., 2012; Small, McNaughton, Greig, y Lovell, 2010). Además, el tipo de superficie y el estado del terreno de juego determinará la gravedad del EIMD, pues a mayor firmeza de la superficie sobre la cual se realizan actividades pliométricas, como es el fútbol, mayor magnitud del EIMD (Arazi, Eston, Asadi, Roozbeh, y Saati Zarei, 2016).

La competición se manifiesta de forma significativa en futbolistas, ya que las enzimas musculares se ven claramente alteradas (Lazarim et al., 2009). Numerosos estudios apoyan esta afirmación. Se ha mostrado que los futbolistas semi-profesionales puede tener aumentos post-partido respecto a valores pre-partido de 84% ($p=0,17$) en la CK y 238% ($p=0,05$) en Mb (Thorpe y Sunderland, 2012). En jóvenes jugadores de futbol

masculinos también hay incrementos significativos en la CK ($95,25 \pm 46,64$ % superiores al pre-partido) y LDH ($118,8 \pm 61,77$ superiores al pre-partido) a los 30 minutos de finalizar un partido (Aquino et al., 2016a). Varios estudios muestran que los cambios en los biomarcadores plasmáticos pueden mantenerse 48 h. post-partido. Se han encontrado concentraciones significativamente más elevadas de CK a las 24 h. post-partido (1411 ± 1364 U/L) respecto al pre-partido (228 ± 185 U/L), incluso a las 48 h. aunque no fueran significativas (729 ± 1224 U/L) en futbolistas profesionales (Djaoui et al., 2016). También con jugadores profesionales puede haber incrementos en los niveles de Mb y proteína C-reactiva (CRP) hasta las 24 h. post-partido, además de aumentos en la CK hasta 48 h. post-partido ($p < 0,05$) (Silva et al., 2013). Los resultados obtenidos con jugadores de un equipo filial de un club de inglés de la Premier League mostraron que, en comparación con los niveles basales previos a los partidos, los niveles de CK son significativamente elevados ($+334,8 \pm 107,2$ μ /L a las 24 h. post-partido; $+156,9 \pm 121$ μ /L a las 48 h. post-partido), siendo consistente esta respuesta entre los diferentes partidos y posiciones de juego ($p > 0,05$) (Russell et al., 2015). Junto a los biomarcadores de EIMD, los parámetros inflamatorios también pueden aumentar debido a su influencia en el EIMD. Por ejemplo, los niveles de CK, IL-6 y el número de neutrófilos se pueden mantener significativamente elevados hasta las 48 h. post-partido respecto a los niveles basales (Romagnoli et al., 2016). Además, los incrementos significativos de CK a las 48 h. post-partido también pueden acompañarse de niveles significativamente superiores de DOMS ($p < 0,05$) (Fatouros et al., 2010). Alguno de estos cambios puede mantenerse incluso 72 h. post-competición, como es el caso de los aumentos en Mb plasmática, CK y LDH (Ascensão et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008).

La presencia del EIMD puede relacionarse con diferentes indicadores del rendimiento físico manifestado por los jugadores. El número de sprints puede estar asociado con EIMD en jugadores de fútbol semiprofesionales ya que se ha mostrado que el aumento porcentual de CK y Mb puede correlacionar con el número de sprints durante el partido ($r=0,88$, $p=0,019$; $r=0,75$, $p=0,047$, respectivamente) (Thorpe y Sunderland, 2012). Los incrementos porcentuales de CK y LDH pueden correlacionar con la Dt recorrida, el número de sprints y la velocidad media (V_{med}) (Aquino et al., 2016a). También se han encontrado correlaciones significativas negativas al combinar actividades de baja intensidad (caminar y trotar) con el incremento porcentual de CK y LDH (Aquino et al., 2016a). La Dt se puede asociar a incrementos de biomarcadores inflamatorios, como demuestran las correlaciones con valores post-partido de IL-6 ($r=0,521$, $p=0,027$) (Romagnoli et al., 2016). Recientemente se han publicado datos que muestran correlaciones significativas entre la distancia cubierta a velocidad ≤ 21 km/h y la concentraciones de CK a las 24 ($r=0,56$) y 48 h. ($r=0,54$), y entre la concentración de CK a las 48 h. y la distancia cubierta a velocidad > 14 km/h ($r=0,50$), aceleraciones ($r=0,48$) y desaceleraciones ($r=0,58$) (de Hoyos et al., 2016).

De todos modos, estas respuestas son muy variables por múltiples factores. Por ejemplo, los futbolistas que manifiestan mayor fuerza en el tren inferior como resultado de ser más fuertes en las extremidades inferiores muestran niveles menores de CK 48 h. después del partido (Owen et al., 2015). Durante la temporada, los futbolistas se enfrentan a cambios significativos en los biomarcadores de estrés fisiológico (EIMD y estrés oxidativo), pero los valores vuelven a la normalidad durante el periodo de transición (Silva et al., 2014). También se ha demostrado en jóvenes futbolistas que una adecuada periodización puede provocar una reducción de la actividad en los marcadores bioquímicos relacionados con el EIMD (CK y LDH), asociada a un aumento de las

actividades a alta intensidad y mejoras en el rendimiento táctico, pues parece que aquellos que mostraron una mayor reducción en la actividad plasmática de CK y LDH también obtuvieron mayores incrementos en las actividades a alta intensidad (Aquino et al., 2016b). Numerosos factores todavía por conocer podrían afectar a estos resultados, pues hay estudios que han concluido que el EIMD apenas influyó en el rendimiento de los futbolistas analizados (Silva et al., 2013).

2.4. La recuperación

El entrenamiento deportivo es una actividad deportiva sistemática de larga duración, graduada de forma progresiva a nivel individual, cuyo objetivo es conformar las funciones humanas, psicológicas y psicológicas y fisiológicas para poder superar tareas más exigentes (Bompa, 1983). Para ello, se aplican una serie de estímulos que desplacen de forma reversible la homeostasis (Terrados et al., 2004), concepto definido en los estudios clásicos de Cannon (1914, 1929) como conjunto de reacciones fisiológicas que tienen lugar durante el periodo de tiempo que sigue a una carga de trabajo programada encaminadas a mantener constantes una serie de parámetros del medio interno.

Estas reacciones en busca de un nuevo equilibrio del sistema funcional del deportista se denominan recuperación (Terrados et al., 2004), es decir, el retorno post-ejercicio de diferentes variables al nivel homeostático anterior al ejercicio (Calder, 1991). En las respuestas del organismo durante el trabajo dinámico y la recuperación, el eje hipotálamo-pituitaria tiene un papel central (Terrados et al., 2004), debido principalmente a la importancia de las hormonas sexuales y las hormonas del estrés (catecolaminas, glucagón, cortisol, etc.) en el rendimiento deportivo (Fernández-García et al., 2002). Los fundamentales factores de una adecuada recuperación son la normalización de las funciones fisiológicas (por ejemplo, presión arterial, ciclo cardiaco), el restablecimiento de la homeostasis, la restauración de las reservas de energía (glucosa en sangre y glucógeno muscular), y la reposición de la energía celular enzimática (Jeffreys, 2005).

Aunque existen definiciones que asocian la recuperación a un proceso de retorno homeostático (Wilcock, 2005), ésta debería contemplar no sólo el nivel fisiológico del deportista sino también el psicológico y social. Así, para Kellmann y Kallus (2001) la recuperación sería un proceso fisiológico, psicológico y social, de naturaleza interindividual, y orientado a la recuperación de las habilidades de rendimiento específicas del deportista. Es decir, la compensación de fatiga y/o disminución del rendimiento (Kellmann, 2002). La recuperación está directamente vinculada con el efecto inmediato y acumulativo de las influencias del entrenamiento y la competición, es decir, la magnitud y el carácter de la fatiga que se desarrollan como resultado del trabajo efectuado son factores básicos que influyen sobre los mecanismos y procesos de recuperación (Zhelyazkov, 2001).

Como fin último, la recuperación debe tratar de superar todos los efectos de la fatiga, ya sean periféricos o centrales (Bishop et al., 2008). La fatiga central, en el caso de que sea el principal mecanismo de recuperación tras el entrenamiento, puede ser más problemática que la fatiga periférica. En casos de fatiga central, las señales no especificadas podrían alterar la química del cerebro para disminuir incluso detener el ejercicio o el trabajo. Por ello, manipular las señales periféricas y centrales en un intento de acelerar la recuperación del entrenamiento duplica la dificultad del reto de conseguir una total recuperación (Bishop et al., 2008). Realmente, las alteraciones periféricas (EIMD, agotamiento del glucógeno, estado de hidratación, reducción de la fuerza contráctil, diferentes ratios de recuperación del rendimiento y restablecimiento de marcadores fisiológicos) sugieren que el proceso de recuperación no puede ser explicado exclusivamente por factores periféricos, y aunque el papel cerebral en este proceso es todavía desconocido, la contribución del sistema nervioso central debe

considerarse más de lo que se ha hecho hasta ahora (Minett y Duffield, 2014). Conceptualmente, si el cerebro tiene un lugar central en el proceso de la disminución del rendimiento (es decir, fatiga), lógicamente también desempeñaría algún papel en la recuperación post ejercicio (De Pauw et al., 2013).

Parece relevante, por tanto, considerar la recuperación desde tres posibles perspectivas de análisis (Luttrell y Halliwill, 2015): como un estado vulnerable en el que el deportista puede sufrir riesgos si se aplican grandes cargas de entrenamiento no planificadas adecuadamente; como un periodo de oportunidades dado que los mecanismos responsables de los beneficios del entrenamiento todavía se mantienen activados, y como una posibilidad para predecir futuros resultados clínicos incluso en individuos aparentemente sanos.

2.4.1. La recuperación como parte integral del entrenamiento

Seyle (1936) sentó las bases para interpretar la mejora del rendimiento por el entrenamiento como un fenómeno de adaptación y supercompensación fruto de la sobrecarga. Dentro del principio de sobrecarga se ubica la “ley” que rige la recuperación, denominada supercompensación (Fig. 2), la cual se aplica para crear un déficit en los sistemas fisiológicos implicados en el ejercicio con la intención de superarse del superávit que se produce durante la recuperación de estas funciones hasta un nuevo estado de homeostasis (Terrados et al., 2004). El tiempo y acciones encaminadas restablecer el equilibrio previo al estímulo de entrenamiento tendrá que ajustarse a la duración e intensidad del estímulo de trabajo y el umbral de tolerancia a las cargas de trabajo del deportista, para prevenir un estímulo cuantitativamente excesivo o un periodo de regeneración demasiado corto que aboque (por un déficit de regeneración) en un síndrome de sobreentrenamiento (Terrados et al., 2004).

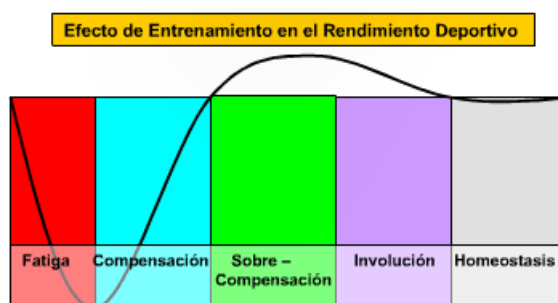


Figura 2. Supercompensación (Bompa, 1983, tomado con permiso de Terrados et al., 2004).

La naturaleza y magnitud de la adaptación que se produce va a depender del estímulo de ejercicio utilizado durante el entrenamiento, cuyas implicaciones afectarán al proceso de recuperación (Terrados et al., 2004). Además, la repetición de estímulos bajo un estado de regeneración incompleta puede provocar un desequilibrio muy grande, induciendo a un “valle de fatiga” (Counsilman y Counsilman, 1968). Si el tiempo de regeneración consiguiente al “valle de fatiga” es lo suficientemente importante como para obtener una recuperación total, el fenómeno de sobrecompensación será asimismo potente (Fig. 3). En definitiva, soportar elevadas cargas de entrenamiento puede provocar que el organismo sea incapaz de recuperarse completamente entre sesiones de entrenamiento, pero si se mejoran los procesos de recuperación, el deportista lo podrá soportar sin incurrir en las posibles secuelas negativas de sobreentrenamiento (Bishop et al., 2008).

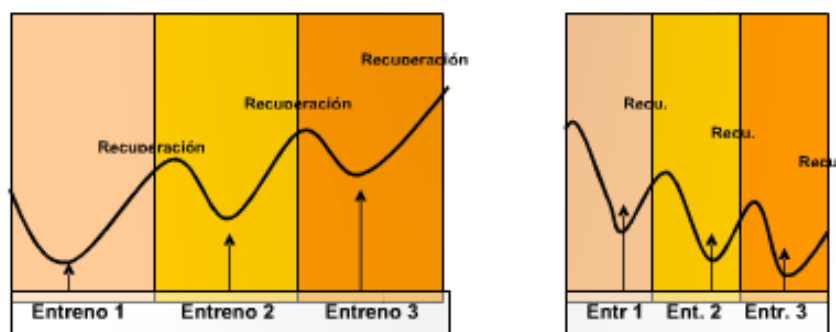


Figura 3. Correcta aplicación e incorrecta aplicación de las cargas de trabajo en el momento de supercompensación. Tomado con permiso de Terrados et al., (2004).

En este contexto, la fase de recuperación debe ser considerada como un componente del proceso de entrenamiento (Counsilman y Counsilman, 1968; Fry, Morton, y Keast, 1991; Harre, 1982), y debe, por tanto, monitorizarse el nivel de estrés y recuperación físico y psicosocial del deportistas (van der Does et al., 2015) y tener el mismo nivel de atención de la programación como las sesiones de entrenamiento en sí mismas (Hausswirth y Le Meur, 2011; Jeffreys, 2005). Es verdaderamente importante optimizar este proceso ya que el deportista pasa más tiempo recuperando que entrenando (Calleja-González et al., 2016).

2.4.2. Fases de recuperación de la fatiga

El término recuperación es muy general y según la duración del proceso (la cual puede ser parcial o completa) se puede diferenciar entre (Bishop et al., 2008):

- Recuperación inmediata: se produce entre esfuerzos rápidos, limitados temporalmente y próximos entre sí. Se observa en ejercicios de gran intensidad, y con una duración tolerable corta.
- La recuperación a corto plazo (short-term recovery): entre las series de ejercicio, como pueden ser sprints repetidos o ejercicios con pesas.
- Recuperación del entrenamiento: entre entrenamientos o competiciones sucesivos, y puede ser en el mismo día o implicar varios días.

La recuperación inmediata y la recuperación a corto plazo consisten en una regeneración metabólica, energética y electrolítica de corta duración (2 minutos), mientras que la recuperación del entrenamiento tiene la función de restaurar los elementos estructurales y sustancias energéticas como el glucógeno. La recuperación se considera completa cuando el jugador es capaz de alcanzar o superar la actividad de referencia (Bishop et al., 2008) y se podría valorar en función del tiempo requerido para la desaparición de la fatiga (Terrados et al., 2004). Únicamente descansado y con el paso del tiempo normalmente se consigue (Kenttä y Hassmén, 1998). Pero cuando el deportista no lo consigue en un periodo temporal determinado, o durante las 72 h. posteriores al ejercicio no puede dedicar tiempo de descanso para la recuperación (Kenttä y Hassmén, 1998), se pueden realizar acciones para acelerar los procesos de recuperación naturales. En consecuencia, las intervenciones de recuperación podrían incorporarse en el programa de entrenamiento.

2.4.3. Clasificación de los métodos y medios de recuperación

La Tabla 5 muestra la clasificación de los diferentes métodos y medios de recuperación de acuerdo a las clasificaciones de varios autores.

Tabla 5. Clasificación de los métodos y medios de recuperación.

Métodos y medios de recuperación	
Según la temporización	Recuperación intra-sesión o durante el partido
	Recuperación entre entrenamientos y entre partidos
Según el tipo de método	Métodos pedagógicos o integrales
	Métodos psicológicos o psicoprofilácticos
	Métodos físicos o fisiológicos
	Métodos médicos-biológicos (fisioterapéuticos, ergo-nutricionales, farmacológicos)

i) En función de la cronología temporal

Para Kipke (1985) la recuperación es un proceso que se produce antes, durante y después del entrenamiento, es decir, el periodo de tiempo en ausencia de estímulo de trabajo. Dependiendo cronología temporal (con relación al estímulo de trabajo) en que se aplica, podemos clasificar la recuperación en:

- Recuperación intra-sesión: aquella que se va produciendo en la propia sesión de entrenamiento o partido, entre las diferentes cargas de trabajo.
- Recuperación inter-sesión: aquella que se produce entre dos sesiones de entrenamiento y/o partidos.

ii) En función del tipo de método

Inspirándose en las clasificaciones propuestas por diferentes autores (Barnett, 2006; Calder, 2003; Platonov, 1988; Reilly, 2000; Reilly y Ekblom, 2005; Terrados et al., 2004), los métodos de recuperación del rendimiento deportivo se pueden clasificar en cuatro grupos.

a) Pedagógicos o integrales

Son conocidos como “recuperación invisible”, procesos de recuperación que se utilizan mediante una actividad física organizada que comprende una selección natural de métodos y medios. Se aplican no sólo cuando los síntomas de fatiga aparecen, sino que son una parte integral de la planificación de la temporada. Es más, los hábitos que conforman estos métodos pedagógicos o integrales son parte de un estilo de vida.

b) Psicológicos o psicoprofilácticos

Son métodos que atenúan la tensión neuropsíquica y el estado de abatimiento. Dentro de estos se incluye hipnoterapia, psicoterapia, entrenamiento autógeno y otros. El trabajo de motivación, concentración, práctica imaginada y otras técnicas (Barrero, 1994) son herramientas muy utilizadas por el psicólogo de los equipos de rendimiento deportivo.

c) Físicos o fisiológicos

Comprenden aquellos métodos naturales (Bompa, 1994), basados en las propias capacidades funcionales del deportista y consisten en utilizar estímulos propios del organismo como son el restablecimiento del sueño o la actividad física moderada a intensidad baja (recuperación activa), entre otros.

d) Médicos-biológicos

Surgen del avance de las ciencias biológicas y que aunque algunos han sido usados para curar patologías, en la actualidad se aplican a la recuperación deportiva:

- Métodos fisioterapéuticos: resumen los agentes externos que pueden provocar reacciones positivas orgánicas, entre los que se incluye el masaje (Cleak y Eston, 1992; Hemmings, 2001; Kargarfard et al., 2015), la hidroterapia (Cochrane, 2004; Vaile, Halson, Gill, y Dawson, 2008b), la terapia de compresión (Beliard et al., 2015; Born, Sperlich, y Holmberg, 2013; Hill, Howatson, van Someren, Leeder, y Pedlar, 2013; MacRae, Cotter, y Laing, 2011; Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, y Terrados, 2016), la electroestimulación (Gramly, 2012; Malone, Blake, y Caulfield, 2013; Vanderthommen, Makrof, y Demoulin, 2010) o la sauna.
- Métodos ergo-nutricionales: son muchas las investigaciones que desde el ámbito de la fisiología del ejercicio han abordado este objeto de estudio, existiendo gran evidencia empírica al respecto (Ivy, Katz, Cutler, Sherman, y Coyle, 1988; Reilly, 1998; Shirreffs, 2000; Shirreffs, Armstrong, y Cheuvront, 2004; Terrados et al., 2004). Fundamentalmente se contemplan dos medios: la recuperación del glucógeno muscular y la reposición hidroelectrolítica.
- Métodos farmacológicos: engloban un amplio abanico que implican la correcta utilización de agentes farmacológicos con posibles efectos beneficiosos para el sistema orgánico.

2.4.4. Tácticas para emplear los medios de recuperación

El entrenamiento y competición demandan del deportista un desgaste no solamente energético, sino coordinativo, nervioso, endocrino y psicológico. La utilización conjunta y racional de distintos medios de recuperación ayuda a recobrar los distintos eslabones del organismo (Terrados et al., 2004). Así, una recuperación integral debe conseguir recuperar:

- Capacidad coordinativa-motor del sistema neuromuscular que se fatigarían en los entrenamientos de velocidad de reacción y fuerza.
- Capacidad del sistema nervioso que se fatigarían en los deportes de una técnica y coordinación complejas o de gran estrés psicológico.
- Capacidad metabólica de síntesis y reestructuración que se fatigarían en los deportes de larga duración.
- Capacidad del sistema inmune que se fatigarían en cualquier deporte con un calendario de actuaciones muy apretado.

Con los actuales modelos deportivos se consideran de gran importancia, aunque no lo suficiente, los aspectos en base a la recuperación de la fatiga deportiva y del EIMD,

muchos de ellos relacionados con la activación de una síntesis proteica (Terrados y Calleja-González, 2010; Terrados, Calleja-González, Jukic, y Ostojic, 2009). Pero desde nuestro punto de vista no debemos despreciar el efecto de cualquier estrategia de recuperación, especialmente en el alto rendimiento, pues las diferencias entre el éxito y el fracaso son pequeñas.

2.4.5. Individualización y especificidad en la aplicación de los medios de recuperación

Los organismos tienen distinta sensibilidad a los medios de recuperación, por lo que es necesario probar que método ayuda más a cada deportista. Las cargas de trabajo intentan incidir sobre eslabones específicos del sistema funcional del atleta, mientras que se intenta inhibir acciones en otros sistemas. La lógica de la recuperación es que debe ser específica al trabajo realizado (Terrados et al., 2004): conocer el tipo de fatiga es fundamental para poder identificar la estrategia de recuperación idónea (Terrados y Calleja-González, 2010; Terrados et al., 2009). Para ello, se considera fundamental la comprensión de las adaptaciones fisiológicas, mecánicas y bioquímicas (agudas y crónicas) inducidas por el ejercicio que contribuyen a la fatiga, pues pueden ayudar en el diseño de las modalidades de recuperación óptimas (Bishop et al., 2008; Bompa, 1994; Fernández-García y Terrados, 2004; Terrados y Calleja-González, 2008). El tiempo de recuperación de las diferentes adaptaciones no es el mismo, es decir, la recuperación es asincrónica, y existe una jerarquía en el cuerpo en cuanto al sistema energético que se va a recuperar (Terrados et al., 2004). Por ello, debemos conocer si la intervención de recuperación que aplicamos responde a las necesidades del deportista y aplicarlas en el momento idóneo, ya que, de lo contrario, estaremos realizando esfuerzos banales si no perjudiciales.

Además, existen causas extrínsecas que pueden explicar las diferencias obtenidas en los estudios sobre la magnitud de la disminución aguda del rendimiento y el posterior periodo de recuperación, las cuales se han explicado en el apartado “2.2.4. Otros factores a considerar en el análisis de la fatiga en fútbol”. Pero también existen causas intrínsecas como el estado de forma, la edad (Fell y Williams, 2008), diferencias entre géneros y la tipología de la fibra muscular (Magal et al., 2010) que pueden explicar las diferencias interindividuales en la recuperación. Así, ciertos deportistas pueden ser más o menos susceptibles a alteraciones en la permeabilidad de la membrana de los miocitos o mostrar diferentes tasas de eliminación de biomarcadores (Montgomery, Pyne, Cox, et al., 2008). En conjunto, estos factores contribuyen a una magnitud de fatiga y EIMD que puede variar mucho de un partido a otro (Nédélec et al., 2012). Por ello, es necesario aplicar programas de recuperación individualizados.

A nivel general, estas intervenciones se aplican para que los indicadores de rendimiento vuelvan a los niveles de pre-ejercicio (Duffield et al., 2008; Duffield, Cannon, y King, 2010; Montgomery, Pyne, Hopkins et al., 2008; Vaile et al., 2008b) y para disminuir la percepción de fatiga y dolor muscular (Duffield et al., 2008; Montgomery, Pyne, Hopkins et al., 2008; Vaile et al., 2008a). A nivel mecánico, tales intervenciones también se aplican para reducir las concentraciones circulantes de marcadores bioquímicos de EIMD e inflamación (Gill, Beaven, y Cook, 2006; Montgomery, Pyne, Cox et al., 2008).

Está demostrado que cuando se realiza una adecuada recuperación los deportistas pueden entrenar antes y con mejor calidad que cuando no se realiza ningún tratamiento de recuperación o las prácticas efectuadas son inadecuadas (Burke, Kiens, y Ivy, 2004; Gill et al., 2006). De todos modos, el uso prolongado de algunos potentes medios de restablecimiento, principalmente farmacológicos y fisioterapéuticos puede tener como consecuencia la habituación y debilitamiento de sus efectos, el debilitamiento de la capacidad natural de restablecimiento, y la posible aparición de efectos residuales (Terrados et al., 2004). De hecho no existen evidencias en la literatura científica para aseverar qué estrategia es más eficaz de cara a la recuperación de los deportistas (Barnett, 2006).

2.4.6. Importancia de la recuperación en el proceso de entrenamiento en fútbol

En el fútbol profesional, la capacidad de recuperarse de un entrenamiento intenso o los partidos de competición es un aspecto determinante del rendimiento (Andersson, Raastad et al., 2008; Carling, Le Gall, y Dupont, 2012): aquellos que recuperen más rápido su nivel de fatiga, tendrán una mayor ventaja para su rendimiento (Terrados et al., 2011).

La actividad de los futbolistas durante el periodo competitivo implica microciclos semanales en los que hay fases de entrenamiento, afinamiento, competición y recuperación (Ascensão et al., 2008), secuencia repetida en los aproximadamente diez meses que dura el macrociclo competitivo. Estaría encuadrado dentro de las actividades de rendimiento de media densidad, que son aquellas modalidades que tienen un calendario competitivo que se dilata a lo largo de prácticamente un año (Norris y Smith, 2002). El amplio número de competiciones y encuentros genera una alta densidad competitiva en ciertos microciclos en los cuales se llegan a disputar dos o hasta tres encuentros en apenas siete días.

Las demandas competitivas y las elevadas y variables exigencias físicas pueden derivar en un gran nivel de fatiga y estrés en los sistemas fisiológicos, incluyendo el musculoesquelético, el nervioso, el inmunológico y el metabólico (Rainer, 1997; Reilly y Ekblom, 2005), y puede afectar el tiempo para recuperarse por completo después de la competición (Nédélec et al., 2014). Los procesos centrales influyen significativamente en la fatiga neuromuscular experimentada en los días posteriores a un partido de fútbol, pero la magnitud y la recuperación más lenta de la fatiga periférica parecen indicar que es el restablecimiento de la función muscular lo que explica la recuperación de la fatiga neuromuscular (Thomas et al., 2017). La investigación ha demostrado que la influencia de las acciones de juego realizadas durante los partidos en las respuestas neuromusculares podría observarse sólo en las primeras h. de recuperación, en lugar de ser persistente durante todo el período de recuperación (Nédélec et al., 2014) y que puede haber mejoras a las 24 h. post-partido (Krustrup et al., 2011). Sin embargo, generalmente se necesitan entre 48 y 72 h. para restaurar las perturbaciones metabólicas, el EIMD y el rendimiento anaeróbico posteriores a un partido de fútbol (Ascensão et al., 2008; Heisterberg et al., 2013; Ispirlidis et al., 2008; Krustrup et al., 2010; Magalhães et al., 2010; Nédélec et al., 2014; Nybo, 2012; Russell et al., 2015; Thorpe y Sunderland, 2012). Además, hay situaciones en las que 3-4 días de recuperación entre partidos sucesivos pueden ser insuficientes para restaurar la homeostasis (Andersson, Ekblom et

al., 2008; Fatouros et al., 2010), haciendo muy complicada la consecución de una recuperación psicobiosocial completa, asociada a descensos del rendimiento en épocas de gran densidad (Bangsbo, 1994b; Brady, Maile, y Ewing, 1997; Rebelo et al., 1998).

Además, la recuperación después de los partidos y las adaptaciones inflamatorias en respuesta a un microciclo semanal de tres partidos en una misma semana (domingo, miércoles y domingo) muestran patrones de respuesta diferentes, con fuertes indicios de un estrés fisiológico y un grado de fatiga post-competición mayor cuantos menos días hay para recuperar (Mohr, Draganidis et al., 2016). Ese insuficiente tiempo de recuperación entre partidos incrementa el riesgo de fatiga aguda y crónica y podría llegar a causar deterioro en el rendimiento y/o lesiones deportivas (Dupont et al., 2010; Ekstrand, Gillquist, Möller, Oberg, y Liljedahl, 1983; Ekstrand, Waldén, y Hägglund, 2004; Lehmann, Foster, Gastmann, Keizer, y Steinacker, 1999; Parry-Billings y Newsholme, 1992; Suay, 2003).

A pesar de que el EIMD y la disminución del rendimiento físico se mantienen hasta 72 h. post-partido, la investigación actual sugiere que el rendimiento físico de los futbolistas (en términos de distancias recorridas) no se ve afectado en períodos de alta densidad competitiva (Carling et al., 2015). Recientemente, varios estudios con jugadores de diferentes ligas (Dellal, Lago-Peñas, Rey, Chamari, y Orhant, 2015; Dupont et al., 2010; Lago-Peñas, 2009; Lago-Peñas et al., 2010; Lago-Peñas, Rey et al., 2011; Odetoyinbo, Wooster, y Lane, 2008; Rey et al., 2010) han analizado el perfil de la actividad física y las tasas de lesiones durante periodos con 2-3 partidos consecutivos en 7 días. Inesperadamente, señalan que el rendimiento físico de los futbolistas (medido en distancia recorrida a diferentes intensidades) no está influenciado por el corto periodo de recuperación entre los partidos, sino que está determinada por variables contextuales que se dan durante los partidos. No obstante, hay casos en los que sí que se aprecia que la Dt es ligeramente mayor en la primera parte respecto a la segunda parte, cuando éstos partidos se separan únicamente por 3 días (Rey et al., 2010). Además, parece que la adherencia a tratamientos de recuperación post-partido tampoco ayuda a mantener el rendimiento de carrera durante períodos cortos de alta densidad competitiva en aquellos casos en los que se ve disminuido (Carling et al., 2012). Sin embargo, los jugadores generalmente son capaces de mantener el rendimiento en relación a las habilidades técnicas cuando compiten sucesivamente en cortos períodos de tiempo (Carling y Dupont, 2011; Dellal et al., 2015). En este ámbito de estudio, la evidencia empírica para apoyar la eficacia de diversos tratamientos para acelerar la recuperación y asegurar que el rendimiento posterior (en cuanto a distancias recorridas) no se vea afectado negativamente es escasa, por lo que se recomiendan estudios controlados de intervención utilizando partidos simulados (Carling et al., 2015).

El sueño es una parte esencial del proceso de recuperación de los futbolistas, ya que proporciona una serie de importantes funciones psicológicas y fisiológicas (Nédélec, Halson, Abaidia, Ahmaidi, y Dupont, 2015), pero en ocasiones no es suficiente para garantizar una total recuperación. De hecho, se ha sugerido que cuando los jugadores de élite juegan un partido durante la noche, se produce una reducción de la cantidad y calidad del sueño y de la percepción de recuperación (Fullagar et al., 2016). Por ello, las estrategias de recuperación después del ejercicio son un factor esencial en la preparación del próximo partido o entrenamiento (Ascensão et al., 2008), las cuales debe aplicarse de modo individualizado en función de actividades musculares dañinas que se realizan durante los partidos (Young, Hepner, y Robbins, 2012). Los

entrenadores deben seguir una adecuada planificación y monitorización de la carga para lograr un equilibrio entre el estrés de entrenamiento y la recuperación (Freitas et al., 2014; Raastad, Theting, Ingjer, y Hallén, 2002), pero deben saber que la estrategia de recuperación aplicada debe gestionarse en base a la naturaleza y características de la unidad de planificación en la que se implementen, nivel y caracterización de fatiga de los deportistas y tiempo disponible para la recuperación (Rey, 2012). Además, cuanto antes se aplique la intervención de recuperación, mayores probabilidades de volver en un estado psicofisiológico adecuado a la actividad deportiva (Lindsay, Lewis, Gill, Gieseg, y Draper, 2015). En cualquier caso, todavía se desconocen los efectos de las diferentes estrategias de recuperación tras tareas específicas de entrenamiento en fútbol, debido a la falta de estudios llevados a cabo en condiciones de campo o reales (Tessitore, Meeusen, Cortis, y Capranica, 2007).

2.4.7. Marcadores relevantes para medir la recuperación en fútbol

Para realizar el seguimiento de la recuperación en deportes de equipo se suelen utilizar diferentes marcadores en reposo o durante acciones que requieren bajas demandas metabólicas y neuromusculares (Urhausen y Kindermann, 2002). En este sentido, un cambio en el rendimiento específico de los jugadores (realizando la propia actividad deportiva) representa el marcador más relevante para la diferenciación entre los deportistas fatigados y recuperados (Wiewelhove et al., 2015). Sin embargo, la mayoría de las pruebas de campo recomendadas y estandarizadas para medir el rendimiento en los deportes de equipo son físicamente exigentes y provocan fatiga adicional, pudiendo afectar al proceso de recuperación en sí mismo (Bangsbo y Lindquist, 1992; Nédélec et al., 2012). Por ello, las pruebas seleccionadas no deben afectar el proceso de recuperación causado por el partido, buscando un equilibrio entre el número, la frecuencia y el orden de las pruebas (Nédélec et al., 2012). También se debe comprobar la fatiga inducida por la batería de pruebas durante el pre-test con el fin de asegurarse de que no genera fatiga adicional (Nédélec et al., 2012).

No existe un consenso en cuanto a la utilidad de estas pruebas para la evaluación rutinaria de la fatiga y la recuperación de los deportistas de deportes de equipo (Meeusen et al., 2013; Nédélec et al., 2012; Urhausen y Kindermann, 2002). Todavía no se ha identificado un marcador exclusivo y definitivo que aporte información precisa (Halson, 2014), de modo que frecuentemente se utiliza una variedad de marcadores indirectos (subjetivos, neuromusculares, de rendimiento y bioquímicos) (Bishop et al., 2008; Lanier, 2003; Nédélec et al., 2012). En la práctica se debe utilizar una combinación de todos ellos (Filaire, Bernain, Sagnol, y Lac, 2001; Finsterer y Drory, 2016; Wiewelhove et al., 2015).

i) Marcadores de rendimiento físico

Las mediciones de rendimiento físico como marcador de la recuperación son las más importantes (Bishop et al., 2008), a pesar de que se ven menos afectados por el EIMD en comparación con otros marcadores (Verma, Moiz, Shareef, y Husain, 2016). Su utilización para medir el estado de recuperación permitiría una adecuada programación de las intensidades y volúmenes del entrenamiento diariamente, maximizando la adaptación del deportista, evitando el sobreentrenamiento y las lesiones, y lo más

importante, mejorando el rendimiento en los partidos (Sjökvist et al., 2011). Aun así, hay una falta de métodos no invasivos fiables para evaluar el nivel de recuperación de un futbolista entre sesiones (Sjökvist et al., 2011).

Varias pruebas se utilizan actualmente para evaluar el rendimiento físico de los futbolistas (Balsom, 1994; Chamari et al., 2004; Stølen et al., 2005; Svensson y Drust, 2005; Tanner y Gore, 2013). En caso de realizar más de una, se debe comenzar por pruebas anaeróbicas breves y finalizar con las más fatigantes (Nédélec et al., 2012).

a) Sprint y capacidad para repetir sprints

El rendimiento en sprints es un importante determinante de las acciones que permiten ganar los partidos (Nédélec et al., 2012). Se ha señalado que el 96% de los sprints durante un partido de fútbol se realizan en distancias menores a 30 m., y que el 49% son menores de 10 m. (Barros, Valquer, y Sant'Anna, 1999), pero también que es posible que haya jugadores con un mismo rendimiento en sprint de 30 m. y diferente en 10 m. (Stølen et al., 2005). De hecho, los futbolistas profesionales son más rápidos en 10-15 m. que los amateurs (Brewer y Davis, 1991; Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, y Maffulli, 2001; Kollath y Quade, 1993) y en 30-40 m. (Brewer y Davis, 1991; Kollath y Quade, 1993), aunque hay estudios en los que futbolistas franceses profesionales y amateurs han mostrado un rendimiento similar en un sprint de 30 m. (Cometti et al., 2001). Evidentemente, el rendimiento en sprints se ve afectado inmediatamente después del ejercicio, con pérdidas entre 2-9%, y la recuperación del rendimiento previo al esfuerzo se produce entre las 24-48 h., aunque también hay estudios que muestran una completa recuperación entre 5-96 h. post-ejercicio (Andersson, Raastad et al., 2008; Ascensão et al., 2008; Djaoui et al., 2015; Fatouros et al., 2010; Ingram et al., 2009; Ispirlidis et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Rampinini et al., 2011). En los estudios de recuperación en fútbol, la distancia de 20 m. es la más utilizada para evaluar la capacidad de los jugadores para realizar un sprint tras un partido (Nédélec et al., 2012).

Las pruebas de RSA pueden ser utilizadas durante el proceso de recuperación para verificar si un jugador es capaz de satisfacer las altas exigencias intermitentes de un partido de fútbol (Nédélec et al., 2012). Se han encontrado correlaciones significativas entre el tiempo medio obtenido en la prueba de RSA (RSAm), y la distancia completada a muy alta intensidad ($p < 0,01$) y a sprint ($p < 0,01$) durante partidos oficiales (Rampinini, Bishop et al., 2007). Aunque el rendimiento en RSA puede equipararse con un IF bajo (disminución en porcentaje del rendimiento desde el primer al último sprint), un mejor o peor IF no siempre equivale a un mejor o peor rendimiento (Mohr et al., 2007) y puede no ser un indicador sensible a cambios en el rendimiento (Impellizzeri et al., 2008). Por ello, las mejoras en RSA se caracterizan por una reducción del tiempo total empleado en la prueba de RSA (RSAt) (Mendez-Villanueva, Hamer, y Bishop, 2008) o por un alto rendimiento en RSAm, con o sin un IF bajo (Bishop, Girard, y Mendez-Villanueva, 2011). Además, es importante utilizar tests de RSA con cambios de dirección, ya que es un patrón de movimiento que se reproduce continuamente en los deportes intermitentes (Buchheit, Haydar, y Ahmaidi, 2012; Wong, Chan, y Smith, 2012).

Parece evidente que el suministro de energía durante un único sprint es diferente al necesario en pruebas de RSA, las cuales son físicamente agotadoras (Spencer, Bishop, Dawson, y Goodman, 2005). Esto puede explicar la escasez de estudios que investigan la RSA durante el periodo de recuperación (Bailey et al., 2007; De Nardi, La Torre,

Barassi, Ricci, y Banfi, 2011; Ingram et al., 2009; Krustup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Krustup et al., 2010; Mohr, Draganidis et al., 2016; Mohr et al., 2004; Nédélec, Wisløff, McCall, Berthoin, y Dupont, 2013). Además, la validez de las pruebas de RSA está en entredicho, porque se ha demostrado que los test clásicos de RSA no se ajustan a las secuencias de sprints que suceden en competición (Schimpchen et al., 2016). Aun así, el uso de las pruebas de RSA con menor número de sprints (Krustup et al., 2010; Mohr et al., 2004) pueden ser apropiadas durante el proceso de recuperación. Aún se requieren más estudios para comparar la evolución temporal de la recuperación de la RSA y de único sprint en futbolistas profesionales (Nédélec et al., 2012).

b) Saltos

La potencia muscular es un requisito importante para el rendimiento en fútbol, y es por tanto, comúnmente evaluada en futbolistas (Balsom, 1994; Svensson y Drust, 2005), especialmente mediante saltos, en tanto que el rendimiento en el salto vertical es un importante determinante de éxito en el fútbol (Arnason et al., 2004). Por ello, se ha utilizado para evaluar los cambios inducidos por entrenamientos o partidos en los jugadores de fútbol (Helgerud, Engen, Wisløff y Hoff, 2001; Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakevou, y Patikas, 2005; Siegler, Gaskill, y Ruby, 2003). Para su medición debe utilizarse una plataforma de fuerza portátil o una plataforma de contacto (Dias et al., 2011; Stølen et al., 2005), así como un procedimiento y un calentamiento estandarizado en el que no se incluyan estiramientos estáticos (Brodt, Wagner, y Heath, 2008; Burkett, Phillips, y Ziuraitis, 2005; Holt y Lambourne, 2008; Vetter, 2007).

El Squat Jump (SJ) y el Countermovement Jump (CMJ) son los tipos de saltos principalmente usados tras partidos de fútbol, y son fáciles y rápidos de implementar para conocer la potencia anaeróbica (Nédélec et al., 2012; Stølen et al., 2005). La fiabilidad test-retest para el SJ y el CMJ es alta: el índice de correlación intraclase (ICC) varía entre 0,89-0,95, mientras que el coeficiente de variación (CV) oscila entre 1,9-2,6% (Moir, Button, Glaister, y Stone, 2004). Además, la altura en el salto vertical puede correlacionar con la fuerza máxima en media sentadilla ($r=0,78$; $p<0,02$), el tiempo en sprint de 10 m. ($r=0,72$; $p<0,001$) y en el de 30 m. ($r=0,60$; $p<0,01$) (Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones, y Hoff, 2004), y con el rendimiento obtenido en liga (Arnason et al., 2004).

La ejecución de las tareas específicas del fútbol reducen el rendimiento en el salto vertical (SJ, CMJ, drop jump -DJ-), especialmente en el DJ, de modo que se ha sugerido una posible influencia del estiramiento muscular y la contracción excéntrica previa al salto en la reducida actividad muscular cuando está fatigado (Oliver, Armstrong, y Williams, 2008). Por ello, la fatiga debe evaluarse durante tareas con CEA, pues en él se reflejan claramente los patrones de recuperación de los componentes neuromecánicos (Nicol, Avela, y Komi, 2006). La prueba SJ implica una única acción concéntrica, mientras que la prueba CMJ se aprovecha del CEA (Bobbert et al., 1996; Jakeman et al., 2010a, 2010b). Dado que un partido de fútbol implica acciones con el CEA, el rendimiento obtenido en el CMJ es el más apropiado para detectar fatiga neuromuscular y verificar si un jugador está preparado para satisfacer las demandas del partido (Gathercole, Sporer, Stellingwerff, y Sleivert, 2015; Nédélec et al., 2012), y en menor medida el DJ (Gathercole et al., 2015). Otros saltos utilizados para diagnosticar la fuerza explosiva, y por ende, para estimar los cambios en la fatiga neuromuscular son el

Test de Pentasaltos (Chamari et al., 2008; Coutts, Slattery, y Wallace, 2007; Paavolainen, Häkkinen, Hämäläinen, Nummela, y Rusko, 1999), el Test de Triple Salto o el Test de Saltos Continuos durante un tiempo determinado (Bolgia y Keskula, 1997; Bosco, Luhtanen, y Komi, 1983; Hamilton, Shultz, Schmitz, y Perrin, 2008).

Inmediatamente después de un partido de fútbol o de ejercicios específicos de fútbol, la fatiga se manifiesta en pérdidas en el rendimiento en CMJ entre 4,4-12% respecto al control (Andersson, Raastad et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Oliver et al., 2007), aunque otros estudios no muestran pérdidas significativas (Krustrup et al., 2010; Robineau et al., 2012; Rowsell, Coutts, Reaburn, y Hill-Haas, 2009; Thorlund, Aagaard, y Madsen, 2009). A las 24 h., la pérdida oscila entre 2,8-10% (Bailey et al., 2007; de Hoyo et al., 2016; Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Magalhães et al., 2010). En algunos estudios a las 48 h. ya no existen tales descensos (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008), pero en otros todavía oscilan entre 5,6-9% (Bailey et al., 2007; de Hoyo et al., 2016; Magalhães et al., 2010), las cuales pueden mantenerse incluso hasta las 72 h. (Magalhães et al., 2010). Asimismo, se han encontrado descensos entre 4,9-8% obtenidos en el SJ tras el partido o ejercicio específico de fútbol (Oliver et al., 2007; Robineau et al., 2012) y cuyas pérdidas se mantienen mas de 48 h. (Bailey et al., 2007).

c) Fuerza máxima voluntaria

Como ya se ha comentado, la fatiga del partido que induce al deterioro de la fuerza máxima voluntaria, inmediatamente después del partido y durante el proceso de recuperación, se produce por una combinación de factores centrales y periféricos (Rampinini et al., 2011; Robineau et al., 2012). La fatiga central parece ser la principal causa de la disminución de la MVC, mientras que la fatiga periférica parece relacionarse con el EIMD y la inflamación (Rampinini et al., 2011; Robineau et al., 2012). Consecuentemente, aquellos jugadores con mayores descensos en la MVC muestran se asocian a fatiga central, mientras que aquellos con sensaciones dolorosas muestran mayor fatiga periférica (Rampinini et al., 2011). Por tanto, la recuperación de la fuerza podría ser asociarse a la recuperación del EIMD, pero con grandes diferencias según género y edad (Lanier, 2003). La medición del torque voluntario máximo es el mejor método para cuantificar el EIMD, pues es preciso y fiable (Warren et al., 1999).

En este punto conviene destacar varias cuestiones. En primer lugar, y en la mayoría de los casos, se realizan pruebas isocinéticas únicamente en la pierna dominante (Andersson, Raastad et al., 2008; Ascensão et al., 2008; Bailey et al., 2007; Ingram et al., 2009; Magalhães et al., 2010; Small et al., 2010), probablemente porque se producen mayor numero de lesiones respecto al miembro no dominante (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, y Gibson, 2001). En segundo lugar, existen evidentes diferencias en los resultados obtenidos según la musculatura implicada, la velocidad de evaluación isocinética y el tipo de contracción a evaluar. Por un lado, numerosos autores han detectado mayores pérdidas de fuerza en los flexores de la rodilla que en los extensores tras ejercicios específicos de fútbol (Delextrat et al., 2013; Rahnama et al., 2003; Small et al., 2010). Esto puede explicar la mayor tasa de lesiones de la musculatura flexora respecto a la extensora, especialmente en los últimos 15 minutos de cada parte (Hawkins et al., 2001; Woods et al., 2004). Por otro lado, se ha demostrado que la fiabilidad test-retest del torque máximo concéntrico y excéntrico de los flexores/extensores de la rodilla es mayor (ICC 0,75-0,9) a velocidades de bajas (60/s) en comparación con velocidades más altas (180/s y 300/s) (Greig, 2008). Sin embargo,

estas velocidades quedan muy alejadas de las velocidades de movimiento multiarticulares de la rodilla en rendimiento de sprint, con velocidades de hasta 970/s (Baltzopoulos y Gleeson, 2001). Y, finalmente, las pruebas de extensión son más fiables en la evaluación isocinética, pues muestran un CV más bajo que las de flexión (Hopkins, Schabert, y Hawley, 2001). Por ello, los ratios isocinéticos de flexo-extensores de rodilla podrían utilizarse para estimar el riesgo de lesiones del jugador durante la recuperación de un partido de fútbol (Nédélec et al., 2012).

Varios estudios han utilizado la MVC de la musculatura flexora/extensora de la rodilla como marcador de recuperación. Inmediatamente después de realizar partidos o ejercicios específicos de fútbol se han encontrado pérdidas de fuerza en los flexores de la rodilla que llegan al 36% (Andersson, Raastad et al., 2008; Ascensão et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Rahnama et al., 2003; Robineau et al., 2012; Thorlund et al., 2009), y en los extensores de la rodilla, las cuales alcanzan el 25% (Andersson, Raastad et al., 2008; Ascensão et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Rahnama et al., 2003; Rampinini et al., 2011; Robineau et al., 2012; Thorlund et al., 2009). Algunos estudios no muestran pérdidas ni en la musculatura flexora ni en la extensora pero no en todos los casos (Delextrat et al., 2013; Greig, 2008; Small et al., 2010). Las pérdidas post-partido de fuerza pueden ser evidentes a las 72 h. post-ejercicio en algunos casos, pero de menor magnitud (Ascensão et al., 2008; Magalhães et al., 2010).

d) Flexibilidad

Dado que el ROM es un medio fiable para cuantificar las disminuciones funcionales resultantes del EIMD (Warren et al., 1999), el uso de diversas pruebas de flexibilidad fiables debe ser considerado en futuros estudios (Sporis, Vucetic, Jovanovic, Jukic, y Omrcen, 2011). En la actualidad apenas hay datos en la literatura sobre la evolución temporal de la recuperación de la flexibilidad tras un partido de fútbol (Nédélec et al., 2012). (Ispiridis et al., 2008) utilizaron el ROM de la rodilla como un marcador de recuperación, e indicaron que se redujo en las 48 h. posteriores al partido. (Cone et al., 2012) no encontraron cambios asociados al tiempo en la rigidez de las extremidades inferiores después de simular un partido de fútbol.

e) Rendimiento aeróbico

El fútbol implica que el sistema de energía aeróbica se ve especialmente solicitado (Bangsbo et al., 2006), lo que puede permitir monitorizar la fatiga del futbolista. Sin embargo, la evaluación de rendimiento aeróbico durante el proceso de recuperación después de un partido de fútbol requiere una especial consideración debido a la fatiga inducida por este tipo de pruebas (Nédélec et al., 2012). Es necesario realizar nuevos estudios para la evaluación indirecta de la capacidad aeróbica utilizando otros medios como las pruebas de RSA (Aziz, Mukherjee, Chia, y Teh, 2007; da Silva, Guglielmo, y Bishop, 2010; Dupont et al., 2005). También puede ser interesante determinar si la capacidad aeróbica puede influir en el patrón temporal de la respuesta de marcadores anaeróbicos durante las horas y días post-partido (Nédélec et al., 2012).

i) Habilidades técnicas

El éxito en un partido de fútbol está relacionado con la realización efectiva de los regates, pases y tiros (Hughes y Franks, 2005; Russell y Kingsley, 2011). Dado que los

jugadores fatigados realizan las acciones técnicas en mejorables condiciones (Lyons, Al-Nakeeb, y Nevill, 2006), pueden ser más propensos a sufrir una lesión grave en la realización de acciones mal ejecutadas (Brooks, Fuller, Kemp, y Reddin, 2008). No obstante, parece que los jugadores tienen la capacidad de mantener las habilidades técnicas durante y después de un partido de fútbol (Carling y Dupont, 2011; Rampinini et al., 2011). Por tanto, las habilidades técnicas no parecen fiables a la hora de detectar a los jugadores fatigados después de los partidos ni durante el periodo de recuperación. Nuevos estudios deberán confirmar si es necesario un restablecimiento de la capacidad para realizar las habilidades específicas del fútbol durante el proceso de recuperación (Nédélec et al., 2012).

ii) Marcadores cognitivos y psicológicos

Un partido de fútbol implica actividades mentales tanto en porteros como en jugadores de campo (Williams, 2000), que influye en el rendimiento cognitivo (Greig et al., 2007). Este rendimiento cognitivo (tiempo de reacción, toma de decisiones, de exploración visual, percepción espacial y anticipación) es requerido para ejecutar las acciones técnico-tácticas y adaptarse rápidamente a las demandas del juego (Nédélec et al., 2012). Los mecanismos neurocognitivos y los efectos de la fatiga mental todavía son debatibles, a pesar de que la evidencia científica señala claramente que la fatiga mental se asocia con un pobre e inadecuado rendimiento (Lorist, Boksem, y Ridderinkhof, 2005). Consecuentemente, se requieren nuevos estudios de los marcadores de recuperación cognitivos y subjetivos para conocer la fisiología subyacente y componente mental del proceso de recuperación (Bishop et al., 2008; Nédélec et al., 2012), utilizando, por ejemplo, tareas exigentes de velocidad psicomotora como una variable para la detección de la alteración del balance estrés-recuperación (Nederhof, Lemmink, Visscher, Meeusen, y Mulder, 2006).

iii) Marcadores subjetivos

La recuperación mental, unida a la disposición física, componen la unidad del deportista ante la exigencia del evento deportivo (Kellmann, 2010). Si queremos tener en cuenta los aspectos multifactoriales del proceso de recuperación, también debemos valorar las percepciones subjetivas del deportista (Hooper y Mackinnon, 1995). De hecho, podemos utilizar cualquier tipo de medición subjetiva de manera exclusiva, o incorporarla con otras mediciones para la monitorización del deportista, a pesar de que, en ocasiones, no se hayan encontrado asociaciones consistentes entre mediciones subjetivas y objetivas (Saw, Main, y Gastin, 2016). Probablemente haya situaciones en la que los deportistas manipulen los datos y/o estimen valores erróneos (Halson, 2014), así que las mediciones subjetivas deben corroborarse con datos fisiológicos (Borresen y Lambert, 2009).

Una de las principales preocupaciones de las ciencias del entrenamiento es el conocimiento de la intensidad del ejercicio físico (Ueda y Kurokawa, 1995) y el nivel de fatiga generada por el esfuerzo (O'Connor, Raglin, y Morgan, 1996; Snyder, Jeukendrup, Hesselink, Kuipers, y Foster, 1993). La sensación de intensidad de ejercicio se puede cuantificar mediante las escalas de percepción del esfuerzo (RPE) (Eston y Williams, 1988). El RPE mide o cuantifica el cansancio que es percibido por la persona para un trabajo determinado (Borg, 1970, 1998) y es un método reproducible (Alvarez, 1994; Borg, 1962; Carton y Rhodes, 1985; Ceci y Hassmén, 1991; Feriche,

Chirosa, y Chirosa, 2001), válido como marcador de la intensidad (Borg, 1962; Borg, 1970; Löllgen, Ulmer, Gross, Wilbert, y Nieding, 1975; Myles y Maclean, 1986), y de gran aplicación para el control de las cargas, la prescripción de ejercicio y la monitorización del ejercicio (Arruza, 1996; Bonete y Suay, 2003; Feriche et al., 2001; Stoudemire et al., 1996; Ueda y Kurokawa, 1995). Además, se puede utilizar para cuantificar el esfuerzo respiratorio percibido (RPE_{resp}) y el esfuerzo muscular percibido (RPE_{mus}) (Aliverti et al., 2011; Borg, Borg, Larsson, Letzter, y Sundblad, 2010; Los Arcos, Méndez-Villanueva, Yanci, y Martínez-Santos, 2015; Los Arcos, Yanci, Mendiguchia, y Gorostiaga, 2014; Yanci, Martínez-Santos, y Los Arcos, 2014). Por todo ello, es muy aplicado en fútbol (Djaoui et al., 2015; Gil-Rey, Lezaun, y Los Arcos, 2015; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, y Marcora, 2004; Impellizzeri, Rampinini, y Marcora, 2005; Tessitore et al., 2011, 2007).

El deportista es capaz de discriminar la percepción de fatiga de otras sensaciones, como dolor, tensión muscular o incomodidad (Hamilton, Killian, Summers, y Jones, 1996). De hecho, se ha demostrado que la medición matutina de los índices de fatiga, calidad de sueño y DOMS son más sensibles que otros elementos para cuantificar la fatiga, como la variabilidad de la FC, en futbolistas de élite dentro de un microciclo semanal (Thorpe et al., 2015). Por ello, la evaluación de los cambios en las sensaciones subjetivas de DOMS constituye un marcador pertinente para detectar cambios intra-individuales en la recuperación, pero es importante que los participantes estén totalmente familiarizados (Nédélec et al., 2012). Numerosos estudios de recuperación en fútbol han medido la evolución en el tiempo de recuperación del DOMS con un énfasis acentuado en los músculos extensores y flexores de la rodilla (Fatouros et al., 2010; Impellizzeri y Maffiuletti, 2007; Ingram et al., 2009; Ispirlidis et al., 2008; Thompson et al., 1999). Para la evaluación del DOMS, varias escalas (numéricas, verbales y visuales) pueden utilizarse (Jensen y Karoly, 1992), entre las que se encuentra la escala RPE (Borg, 1998).

También existen cuestionarios utilizados en los programas deportivos de alto rendimiento (Taylor, Chapman, Cronin, Newton, y Gill, 2012), como el cuestionario Perfil de Estados de Ánimo (POMS) (Morgan, Brown, Raglin, O'connor, y Ellickson, 1987), Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (REST-Q-Sport) (Kellmann y Kallus, 2001), Daily Analysis of Life Demands for Athletes (DALDA) (Rushall, 1990), Total Recovery Scale (TQR) (Kenttä y Hassmén, 1998) y Acute Recovery and Stress Scale (ARSS) (Kölling et al., 2015). Uno de los más apropiados para el uso diario por parte de entrenadores y técnicos es el TQR.

El TQR es una escala para la evaluación del estado de recuperación psicofisiológica (estados de ánimo y sensaciones del organismo como dolor o pesadez) después de un periodo de reposo o de descanso (Kenttä, 1996; Kenttä y Hassmén, 1999; Kenttä y Hassmén, 1998). Existen dos dimensiones de la escala (Cottrill, 2007; Kenttä y Hassmen, 2002; Plowman y Smith, 2008). La primera y más simple, es la medida de la recuperación psicofisiológica percibida de manera global (TQR-per). El deportista valora su nivel de recuperación, antes de ir a la cama, de sus últimas 24 h. La segunda dimensión (TQR-act), más compleja, valora la recuperación mediante cuatro categorías que incluyen acciones recuperadoras realizadas por la persona evaluada: sueño y descanso, nutrición e hidratación, relajación y apoyo emocional, y por último, reposo activo y estiramientos. (Kenttä y Hassmén, 1999) crearon un manual específico para los usuarios en los que se explica el método de asignación de la puntuación a cada una de

las acciones realizadas durante esas 24 h. El TQR puede relacionarse con la escala RPE original (Tabla 6), pues ambas escalas son de 6 a 20 (Kenttä y Hassmen, 2002; Kenttä y Hassmén, 1998). Por su fácil aplicación e importante información suministrada, varios estudios con futbolistas ya la han utilizado (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, y Lemmink, 2010; Fanchini, Ghielmetti, Coutts, Schena, y Impellizzeri, 2015; Kinugasa y Kilding, 2009; Nédélec et al., 2014; Osiecki et al., 2015).

RPE (Gunnar Borg, 1970)		TQR (G. Kenttä, 1996)	
6		6	
7	Muy muy ligero	7	Recuperación muy muy pobre
8		8	
9	Muy ligero	9	Recuperación muy pobre
10		10	
11	Moderado	11	Recuperación pobre
12		12	
13	Algo duro	13	Recuperación razonable
14		14	
15	Duro	15	Recuperación buena
16		16	
17	Muy duro	17	Recuperación muy buena
18		18	
19		19	
20	Muy muy duro	20	Recuperación muy muy buena

Tabla 6. Escala RPE (Gunnar Borg, 1970) y escala TQR (G. Kenttä, 1996) en su versión traducida al castellano

iv) Marcadores bioquímicos

Es evidente que la carga física a la que los futbolistas están sometidos provoca un aumento en el metabolismo con importantes cambios hematológicos (Filaire et al., 2001; Heisterberg et al., 2013). También lo es que, en ocasiones, no resulta oportuna ni práctica la aplicación de pruebas de condición física que permitan corroborar el grado de adaptación, asimilación y recuperación del entrenamiento, fundamentalmente debido al poco tiempo disponible que se tiene en la práctica para llevarlas a cabo. Y ya que la concentración plasmática de los marcadores de EIMD puede aportar mucha información sobre la recuperación necesaria, el estado de preparación para la próxima sesión de entrenamiento, o cuantificar la gravedad de la sesión de entrenamiento anterior de manera individualizada (Bishop et al., 2008), la evaluación de los marcadores bioquímicos podría ser una opción realmente útil (Nikolaidis et al., 2003; Nédélec et al., 2012). Actualmente el concepto de biomarcador (marcador bioquímico o biológico) es una molécula o producto medible, que monitoriza objetivamente el cambio de una condición o proceso durante un tiempo, después de un tratamiento o después del entrenamiento (Palacios et al., 2015). Los biomarcadores no deberían reemplazar a los test de rendimiento, sino utilizarse en conjunto para ofrecer un mejor indicador del estado de recuperación metabólica (Bessa et al., 2013).

Consecuentemente, los entrenadores y deportistas tienen un interés cada vez mayor en conocer la evolución bioquímica durante el proceso de entrenamiento (Gleeson, 2002). Gracias a la obtención de datos sobre los marcadores de recuperación de los futbolistas, los entrenadores pueden tomar decisiones más conscientes sobre la carga de entrenamiento que está soportando el futbolista y su estado de recuperación, consiguiendo maximizar la disponibilidad de jugadores (Heisterberg et al., 2013). El mayor inconveniente es que su obtención es económicamente elevada, incluso poco

práctica en caso de querer obtenerlos en campo, alejados de un laboratorio (Bishop et al., 2008; Twist y Highton, 2013). Aun así, tener conocimiento del estrés de los sistemas fisiológicos y endocrinos puede permitir (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, y Terrados, 2016b):

- Modificar la planificación del volumen e intensidad de los entrenamientos.
- Realizar rotaciones y utilizar otros jugadores para minimizar la fatiga.
- Identificación cuando sería más adecuado dar un descanso a los futbolistas.
- Aplicar más sesiones de recuperación.
- Mejorar la planificación de estrategias de nutrición para mejorar la recuperación.

Los principales biomarcadores utilizados en el ámbito deportivo son: urea (U), CK, C, testosterona total (T) y relación testosterona/cortisol (T/C) (Houmard et al., 1990). Pero es interesante utilizar una gran variedad de biomarcadores para monitorizar el proceso de recuperación después de un partido de fútbol (Nédélec et al., 2012), porque no existe un único parámetro que nos aporte información precisa ya que están influenciados por varios factores y cumplen con una función reguladora de diferentes procesos metabólicos del organismo (Urdampilleta et al., 2013). Son, por tanto, el reflejo de una interacción múltiple y no única, de modo que la interpretación de los resultados a de ser prudente (Terrados et al., 2004).

a) Valoración de enzimas plasmáticas

En los deportes de equipo, se ha observado que existe EIMD (Banfi, Colombini, Lombardi, y Lubkowska, 2012) medido en el aumento de los niveles de diferentes enzimas musculares, consideradas fiables biomarcadores del estado funcional del tejido muscular (Brancaccio et al., 2007).

Como sabemos, la CK se puede utilizar como criterio para valorar la recuperación física, y por ende utilizarlos como elemento a considerar a la hora de efectuar la programación de las cargas de entrenamiento (Viru y Viru, 2003). Los altos niveles de CK en sujetos sanos pueden vincularse al estado de entrenamiento, y si estos niveles persisten en reposo puede ser una indicación de síndrome de sobreentrenamiento o una ingesta nutricional inadecuada (Baird et al., 2012). Según (Córdova y Álvarez, 2001), un resultado mayor al 40% del rango normal de CK puede ser considerado como un indicador de sobreentrenamiento. De todos modos, también hay autores más críticos respecto a la utilidad de esta enzima: dada la considerable variabilidad individual en la respuesta de la CK, puede no ser tan relevante como marcador de EIMD, y, por tanto, del estado de recuperación (Lanier, 2003).

La actividad sérica de CK puede ser detectada después de las 8 h., alcanza valores máximos entre 6-24 h. post-ejercicio y vuelve a la normalidad entre las 48-72 h. en deportistas de varias modalidades (Brancaccio, Limongelli, y Maffulli, 2006; Viru y Viru, 2003). Por tanto, sería de esperar que los futbolistas ya tuviesen una concentración sérica normal de CK transcurrido ese tiempo, dependiendo de las actividades físicas posteriores a las que sea sometido el deportista durante ese periodo. En el futbolistas, las concentraciones suelen oscilar entre 83-1492 U/L (Mougios, 2007). La concentración de CK se incrementa después de un partido de fútbol (Hübner, Szmuchrowsky, y Lutoslawska, 1994), pudiendo aumentar 84% ($p=0,17$) (Thorpe y Sunderland, 2012). De todos modos, si los niveles pre-partido son elevados (695 U/L), los aumentos post-partido son menores (832,8 U/L) (Hackney y Machado, 2012).

Algunos estudios han encontrado incrementos en los niveles de CK ($p < 0,01$) a las 18 h. post-partido en futbolistas femeninas de élite y sub-élite, (Gravina, Ruiz, Lekue, Irazusta, y Gil, 2011). Sin embargo, gran parte de los estudios han detectado concentraciones de CK significativamente más elevadas a las 24 (de Hoyo et al., 2016; Djaoui et al., 2016; Souglis et al., 2015), 48 (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Lazarim et al., 2009; Romagnoli et al., 2016; Silva et al., 2013), y 72 h. post-partido (Ascensão et al., 2008). Generalmente, a mayor concentración, más tiempo tarda en volver a valores basales. Además, puede ser que esta respuesta sea consistente ($p > 0,05$) entre los diferentes partidos y posiciones de juego (Russell et al., 2015), aunque también se ha señalado que su concentración tiene poca relación con las posiciones de juego (Jastrzebski, 2001). En lo relativo al género, cabe resaltar que (Souglis et al., 2015) obtuvieron similares concentraciones de CK hasta las 48 h. post-partido, siendo máximas en ambos géneros a las 24 h.

En un estudio en el que se observaron los niveles plasmáticos de CK en futbolistas de primera división durante los diversos días del microciclo semanal, se demostró que los lunes se presentaron los niveles más altos de CK (697 U/L), y que los viernes se presenta el nivel más bajo (241,7 U/L) en consideración al decrecimiento gradual de las cargas físicas del microciclo (Jastrzebski, 2006). Es más, si un equipo de fútbol tiene un partido por semana, la recuperación adecuada puede ser programada en la semana de entrenamiento para permitir la regeneración muscular, pero si hay dos partidos por semana, probablemente numerosos jugadores tengan que entrenar, incluso competir, con niveles altos de CK (Lazarim et al., 2009). En contraposición, otro estudio mostró con un seguimiento durante una temporada en futbolistas de élite que los niveles de CK no manifiestan alteraciones significativas entre los periodos de alta y baja densidad competitiva (Meister, Faude, Ammann, Schnittker, y Meyer, 2013). Es más, tampoco se han observado cambios en la CK en un período de entrenamiento de 12 semanas en 15 jugadores de fútbol, probablemente debido a la diferencia en las intensidades de entrenamiento y las sesiones de recuperación que se realizaron en el periodo de entrenamiento (Silva, Santhiago, Papoti, y Gobatto, 2008). Para evitar estas contradicciones son necesarios más estudios longitudinales sobre las variaciones de la CK en respuesta a la carga de los jugadores de élite (Meister et al., 2013) que permitan conocer más sobre cuándo y cómo implementar sesiones o medios de recuperación.

Asimismo, en futbolistas femeninas de élite y sub-élite, se han encontrado incrementos post-partido en los niveles de LDH ($p < 0,01$) (Gravina et al., 2011). Estos incrementos pueden ser máximos a las 48 h. post-partido (Ispirlidis et al., 2008) y mantenerse incluso hasta 72 h. post-competición (Ascensão et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008). El comportamiento del LDH muestra el mismo patrón que la CK: los valores de LDH pueden disminuir conforme avanzan los días del microciclo semanal, siendo los lunes los días en los que haya mayores concentraciones (149,7 U/L) y los viernes los que menos (94 U/L) (Jastrzebski, 2006).

Aun así, y a pesar de la reciente investigación de las respuestas agudas en futbolistas de élite, poco se sabe de las variaciones enzimáticas a lo largo de una temporada. Es posible que durante la temporada haya momentos en los que las respuestas fisiológicas sean específicas, de modo que la recolección de datos de biomarcadores podría proporcionar una valiosa información sobre el estado de recuperación y la predisposición a entrenar de los jugadores (Owen et al., 2015).

b) Valoración de proteínas

El EIMD inicia una respuesta inflamatoria local que implica la producción de citoquinas (Nédélec et al., 2012), proteínas cuya acción fundamental consiste en la regulación del mecanismo de la inflamación, mediante mecanismos pro-inflamatorios y anti-inflamatorios. La presencia de algunas de estas citoquinas en el plasma tras el ejercicio intenso, como Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α), Interleucina 1 (IL-1), IL-6, Interleucina 8 (IL-8), Interleucina 10 (IL-10), Receptor Antagonista de IL-1 (IL-1Ra), Factor de Necrosis Tumoral (TNF), o Proteína Inflamatoria de Macrófago tipo 1 (MIP-1), pueden persistir durante días o semanas, mientras se producen la reparación, regeneración y crecimiento muscular (Pedersen, 2000; Tidball, 2005). También pueden ser desencadenantes de fatiga central y/o alteraciones en los ejes hormonales (Schelling, Calleja-González, Torres-Ronda, y Terrados, 2015). Parece, por tanto, que la respuesta inflamatoria es esencial para monitorizar el estado de recuperación en deportes que generen EIMD (Lindsay et al., 2015).

La IL-6 se produce en cantidades mayores que otras citoquina y se ha sugerido que juega un papel inicial en la cascada de citoquinas, pues precede a otras (Fischer, 2006; Ispirlidis et al., 2008; Pedersen, 2000; Pedersen y Toft, 2000). En el fútbol aumenta inmediatamente después del partido, pero desciende rápidamente hacia los niveles de pre-partido y se normaliza generalmente a las 24 h. post-partido (Andersson, Bøhn et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008). En otro estudio los niveles de IL-6 y el número de neutrófilos se mantuvieron significativamente elevados hasta las 48 h. respecto a los niveles basales, y la distancia recorrida durante el partido puede correlacionar con los valores post-partido de IL-6 ($r=0,521$, $p=0,027$) (Romagnoli et al., 2016).

Se han detectado aumentos en IL-6 y en TNF- α entre 2 y 4 veces por encima de los valores en reposo, siendo los valores máximos los obtenidos inmediatamente después del partido, mientras que el incremento de CRP alcanzó una concentración máxima a las 24 h. post-partido (Souglis et al., 2015). A pesar de que la respuesta de IL-6 y CRP puede ser similar en futbolistas de ambos géneros, los valores máximos de TNF- α pueden ser un 18% mayor en hombres que en mujeres. Aun así, el aumento en la fase aguda de la CRP puede darse hasta las 24-48 h. post-ejercicio (Ingram et al., 2009; Silva et al., 2013). Ésta es más sensible que la CK, LDH y Mb para evaluar el EIMD en actividades con impacto (Singh, Guelfi, Landers, Dawson, y Bishop, 2011).

Aunque no parezca haber diferencias en la concentración de inmunoglobulina A (IgA) en futbolistas femeninas (Maya et al., 2016), ni en IgA, inmunoglobulina M (IgM) o inmunoglobulina G (IgG) en futbolistas masculinos, se han detectado aumentos post-partido respecto a valores pre-partido del 238% ($p=0,05$) en Mb (Thorpe y Sunderland, 2012). El incremento de la Mb plasmática puede mantenerse incluso hasta 72 h. (Ascensão et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008; Silva et al., 2013).

c) Valoración de otros productos del metabolismo

Durante un partido de fútbol también se generan ROS debido a los altos valores de VO_2 requeridos y a los fenómenos de isquemia muscular (Ascensão et al., 2008). Este aumento puede derivar en el estrés oxidativo, cuyo marcador más utilizado en fútbol es el ácido úrico (Ispirlidis et al., 2008), que refleja el estado de recuperación del glucógeno muscular (Kirwan et al., 1990). Se ha demostrado que su concentración

incrementa inmediatamente después de un partido de fútbol (Bangsbo, 1994c) y que se mantiene elevado hasta 48 (Fatouros et al., 2010), 72 (Ascensão et al., 2008), incluso 96 h. post-partido en jugadores adultos masculinos (Ispirlidis et al., 2008). También hay estudios que muestran que, a pesar de elevarse en un rango de 11-75% en el post-partido, puede volver a valores basales a partir de las 21 h. post-partido (Andersson, Karlsen et al., 2010; Andersson, Raastad et al., 2008; Magalhães et al., 2010). Aparte del ácido úrico se han estudiado otros marcadores de estrés oxidativo y antioxidantes después de un partido de fútbol (Andersson, Karlsen et al., 2010; Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Silva et al., 2014), pero las comparaciones entre los estudios son difíciles en tanto que los biomarcadores estudiados son diferentes.

La U es el principal producto del catabolismo proteico (activación del ciclo glucosa-alanina y uso de los aminoácidos de cadena ramificada). Por encima del 65% $VO_{2\text{máx}}$, un aumento en la concentración de U puede indicar aumento del catabolismo proteico (Trigo, Castejon, Riber, y Muñoz, 2010). Por ello, es un buen parámetro de control de la carga de entrenamiento y de los procesos de recuperación, especialmente del glucógeno muscular (Meyer y Meister, 2011; Siqueira et al., 2009; Viru y Viru, 2003). Su concentración depende de cuatro factores (Trigo et al., 2010): a) concentración del glucógeno muscular; b) contenido proteico en la dieta; c) velocidad de la glucogenolisis; y d) eliminación por el sudor y orina. La U varía según edad, sexo, y principalmente, por la actividad física, (Nagel, Seiler, y Franz, 1992; Nikolaidis et al., 2003), a pesar de haber estudios en los que no se encontraron cambios de U en relación al ejercicio (Carraro, Kimbrough, y Wolfe, 1993; Wolfe, Wolfe, Nadel, y Shaw, 1984). Valores superiores de U en sangre de 8,3 Mmol/L (49,86 mg/dL) en hombres y 7,0 Mmol/L (42,05 mg/dL) en mujeres indican cargas altas de entrenamiento, y valores inferiores a 5,0 Mmol/L (30,03 mg/dL) en hombres y 4,0 Mmol/L (24,03 mg/dL) en mujeres indican cargas bajas (Hartmann y Mester, 2000). Si 24 h. post-ejercicio no se han recuperado los valores basales de U en sangre hay que descansar más (Hartmann y Mester, 2000): se debería realizar otro día de descanso o una sesión de recuperación para estimular adaptaciones funcionales adecuadas en los futbolistas. Así pues, un futbolista con niveles bajos de U sanguínea, probablemente alcance un buen rendimiento deportivo, mientras que aquellos con niveles elevados necesitarían una fase óptima de recuperación.

A pesar de las escasas investigaciones con futbolistas de élite, varios estudios han detectado incrementos significativos en las concentraciones post-partido de U (Andersson, Bøhn et al., 2010; Bangsbo, 1994b; Hübner et al., 1994). Parece ser que durante una temporada no hay alteraciones significativas en los niveles de U entre los periodos de alta y baja densidad competitiva (Meister et al., 2013), ni en periodos de entrenamiento de 12 semanas (Silva et al., 2008). De hecho, puede que haya partidos que no demanden esfuerzos físicos que provoquen cambios en su concentración (Hübner et al., 1994). Esto, unido a la deshidratación (Mohr et al., 2010), el aumento del ciclo de los nucleótidos y la descomposición de los aminoácidos (Viru y Viru, 2001) pueden afectar a los valores encontrados en futbolistas. Esos elevados niveles post-partido pueden reducirse con una correcta dieta e hidratación, elemento fundamental del entrenamiento en futbolistas de elite (Meyer y Meister, 2011).

La $[La^-]$ también es un buen indicador (conociendo siempre los valores previos del deportista) del grado de sollicitación metabólica de una determinada carga de entrenamiento. Por ello, se puede valorar durante el ejercicio y la recuperación

(Terrados et al., 2004). El ión amonio (NH_4) puede tener un valor de marcador de fatiga en la medida que su acumulación en sangre y músculo puede ser un potente inhibido metabólico. A su vez, los niveles bajos de $[\text{La}^-]$ y elevados de NH_4 puede sugerir un vaciamiento de los depósitos de glucógeno (Terrados et al., 2004), haciendo necesaria una mejor recuperación. Asimismo, la alanina o el aumento de cuerpos cetónicos indican un vaciamiento del glucógeno muscular, utilización de otros sustratos energéticos y aumento de destrucción proteica (Martínez-Sanz y Urdampilleta, 2012).

d) Valoración hormonal

El seguimiento de ciertos parámetros hormonales durante el proceso de entrenamiento en el fútbol podría ser uno de los indicadores de los efectos del entrenamiento, para valorar el proceso de recuperación y detectar el sobreentrenamiento como una adaptación opuesta al principio de supercompensación (Handziski et al., 2006). De hecho, estudios de nuestro grupo de trabajo en baloncesto muestran alteraciones en los ejes hormonales relacionados con fatiga central (Schelling et al., 2015), y que pueden extrapolarse al fútbol. Exceptuando el ratio TL/C y la T, el resto no parecen ser muy sensibles al seguimiento a largo plazo, sobre todo en deportistas de élite (Flynn et al., 1994; Maso, Lac, Filaire, Michaux, y Robert, 2004). Debemos señalar que la respuesta hormonal es resultado de la influencia de varios factores: duración e intensidad del ejercicio, adaptación al ejercicio, necesidades homeostáticas, tensión emocional, temperatura ambiente, disponibilidad de oxígeno, influencias de la retroalimentación, disponibilidad de hidratos de carbono y fatiga (Virus y Virus, 2003).

La T es una hormona lipídica-esteroidea que se produce a partir del colesterol (Beaven, Ingram, Gill, y Hopkins, 2010; Haus, 2007), el principal andrógeno natural y se caracteriza por tener un potente efecto anabólico en los tejidos musculares, mediatizados por un incremento en la síntesis proteica y una disminución del catabolismo proteico de la célula muscular (Griggs et al., 1989; Södergard, Bäckström, Shanbhag, y Carstensen, 1982). Existe una gran dispersión en la elección de la fracción de T a analizar: total (TT) o libre (TL) (Schelling, Calleja-González, y Terrados, 2011). La TT es la suma entre la T unida a la albúmina y la TL (Fernández-García y Terrados, 2004; Södergard et al., 1982), por lo que se ha propuesto el control de la fracción libre como indicador de la actividad de esta hormona.

La concentración de T varía en función del ritmo circadiano, habiendo concentraciones más altas entre 6-8 a.m. (Mooradian, Morley, y Korenman, 1987) y que aumentan en respuesta al ejercicio a una intensidad-umbral determinada (Beaven et al., 2010; Brownlee, Virus, Virus, Behr, y Hackney, 2006; Crewther, Cook, Cardinale, Weatherby, y Lowe, 2011). Se observa una tendencia a elevarse en entrenamientos con un gran componente anaeróbico o de fuerza y a disminuir en deportes de resistencia aeróbica, de modo que los deportistas de fuerza generalmente ostentan niveles basales de TL mayores que los de resistencia (Hoffman, Epstein, Yarom, Zigel, y Einbinder, 1999). Cuando el ejercicio se alarga hasta el agotamiento se observan descensos de T de hasta un 40% (Keizer, Janssen, Menheere, y Kranenburg, 1989). Durante la recuperación del ejercicio (en los 30 primeros min.), el descenso de T puede llegar hasta un 59% (Duclos, Corcuff, Rashedi, Fougere, y Manier, 1996). El nivel de condición física también determina la respuesta, ya que su aumento en deportistas entrenados es más bajo que en los no entrenados (Duclos et al., 1996). Aun habiendo excepciones, la mayoría de los estudios han encontrado descensos de T asociados a estados de sobreentrenamiento (Fry

et al., 1991; Hoffman et al., 1999; Hough, Papacosta, Wraith, y Gleeson, 2011; Jidovtseff y Crielaard, 2001; Tanskanen et al., 2011)

Como consecuencia de las demandas fisiológicas experimentadas durante una temporada de fútbol, la relación antagónica entre los procesos anabólicos y catabólicos puede afectar al rendimiento (Kraemer, French, Paxton, et al., 2004). En jugadores que fueron profesionales al menos dos temporadas se han encontrado valores de TT de $944,1 \pm 78.3$ ng/dL y de TL de 36 ± 0.8 pg/dL (Hackney y Machado, 2012). Se han hallado valores de T significativamente inferiores al inicio de un periodo de competitivo de 11 semanas respecto al final del periodo, los cuales fueron bajos aunque dentro de los rangos normales normales (300 – 1154 ng/dL). Además, las diferencias en los niveles de T eran similares entre los titulares y suplentes a pesar de la diferencia de minutos jugados, excepto a mitad del periodo competitivo, cuando los suplentes tuvieron valores significativamente más elevados (Kraemer, French, Paxton, et al., 2004). En esta misma línea, se han mostrado incrementos significativos (11,6%) en su concentración a final de pretemporada respecto al inicio, los cuales se mantuvieron (12,1%) hasta mitad de temporada, a pesar de que a final de la misma volvieron a niveles basales (-1,5%) (Michailidis, 2014). Estos datos muestran que una adecuada planificación no implica descensos de T que reflejen la acumulación de fatiga a lo largo de la temporada. Las diferencias en las concentraciones dependiendo del momento de la temporada ha sido confirmada por diferentes estudios (Arruda et al., 2015; Handziski et al., 2006). Durante el periodo de transición no se han encontrado cambios significativos en las concentraciones de TT y TL ni realizando un programa de entrenamiento para ese periodo (Koundourakis, Androulakis, Malliaraki, et al., 2014).

Además, los niveles de T en saliva de futbolistas son significativamente más altos antes de competir como local respecto a hacerlo como visitante, y antes de jugar contra un rival considerado como fuerte respecto a hacerlo contra uno débil (Neave y Wolfson, 2003). El resultado del partido también parece influir en su concentración (Oliveira, Gouveia, y Oliveira, 2009), por lo que debemos tener en cuenta este factor si se analizan partidos de fútbol oficiales. Si además del entrenamiento en fútbol se realizan entrenamientos de fuerza con alto volumen, los valores de TT y TL incrementan (Koundourakis, Androulakis, Spyridaki, et al., 2014).

Todos estos factores provocan respuestas diferentes de la T frente al estrés metabólico de un partido. A pesar de estudios que no han encontrado cambios en la T durante los 6 días post-partido (Ispirlidis et al., 2008), otros encontraron aumentos post-partido significativos del 44% ($p=0,004$) en futbolistas semi-profesionales (Thorpe y Sunderland, 2012) y de TL con futbolistas femeninas de élite y sub-élite (Gravina et al., 2011; Maya et al., 2016). Este aumento de la concentración de T después de los partidos de fútbol puede jugar un papel protector contra la supresión inmune general observada después del ejercicio intenso (Maya et al., 2016). Contrariamente, en jóvenes jugadores de fútbol se han encontrado reducciones hasta las 72 h. posteriores a partidos de competición en días consecutivos (Ekblom, 2002), probablemente debido al carácter extenuante de los partidos. En futbolistas de élite, la concentración en saliva después de jugar un partido amistoso de carácter internacional se redujo un 30,6% respecto a los niveles pre-partido, acompañado de un descenso de IgA de un 74,5% (Peñailillo, Maya, Niño, Torres, y Zbinden-Foncea, 2015). En ese mismo estudio, los cambios en la concentración de T correlacionaron ($r=0.85$) con la Dt, así que parece ser que los

futbolistas con menos descensos en los niveles de T recorren más distancia y tiene menos descensos de su función inmune.

El C es una hormona producida en las glándulas suprarrenales. Es la principal hormona responsable de la movilización de los ácidos grasos y aminoácidos para utilizarse como fuente de energía (Hill et al., 2008). También contribuye al proceso catabólico de reducción de la síntesis proteica, aumento de la degradación de proteínas e inhibición del proceso inflamatorio e inmunidad (Thorpe y Sunderland, 2012). Dado que el aumento del C muestra una relación directa con el estrés psicofisiológico (Gleeson, 2002), pueden encontrarse niveles aumentados de esta hormona cuando se realizan grandes cargas de entrenamiento (Brownlee, Moore, y Hackney, 2005; Hoffman et al., 1999; West et al., 2014) aunque su respuesta al ejercicio sea diferente en función del tipo y la intensidad del ejercicio (Wahl, Zinner, Achtzehn, Bloch, y Mester, 2010). Las posibles causas son elevadas cargas de entrenamiento, escasez de glucógeno, insuficiente descanso u otros factores, de modo que, en estos casos, se debería revisar la alimentación y el descanso, así como los factores que están causando estrés al deportista (Hoffman et al., 1999; Maraki y Sidossis, 2013; Papacosta y Nassis, 2011; Thorpe y Sunderland, 2012). Aun así, también se han encontrado descensos de C tras periodos de entrenamiento intensos (Beaven, Gill, y Cook, 2008).

Aunque en fútbol se han encontrado resultados contradictorios, probablemente debidos a la gran variabilidad en su respuesta (Moreira, Arsati, Arsati, Da Silva, y de Araújo, 2009), parece que el C podría ser utilizado para monitorear los procesos de recuperación y como marcadores de fatiga en futbolistas, incluso en períodos cortos de tiempo (Filaire, Lac, y Pequignot, 2003; Romagnoli et al., 2016). Así, se ha encontrado que el RPE se correlacionó con las concentraciones de C después de una final en futbolistas femeninas de élite ($r=0,57$; $p=0,01$) (Maya et al., 2016). A pesar de la alta correlación y concordancia entre niveles de C salival y sérico, el C salival parece ser un marcador más sensible que el C sérico para la medición de las respuestas de C durante la recuperación del ejercicio (Powell, DiLeo, Roberge, Coca, y Kim, 2015).

A lo largo de una temporada la concentración de esta hormona muestra una gran variabilidad (Handziski et al., 2006), con incrementos significativos en el transcurso de ésta (Filaire et al., 2003). Se han detectado diferentes concentraciones en pretemporada y al final de la temporada, las cuales fueron altas, aunque dentro de los rangos normales (138-635 nmol/L), pero similares entre los titulares y suplentes, a pesar de la diferencia de minutos jugados (Kraemer, French, Paxton, et al., 2004). En otro estudio, la concentración de esta hormona disminuyó a final de pretemporada respecto al inicio (-5,3%), incrementó a mitad de temporada (23,4%), y volvió a valores basales a final de la misma (2,8%) (Michailidis, 2014). La carga de entrenamiento, la presión por conseguir los resultados y las condiciones meteorológicas adversas podrían ser responsables de este aumento a mitad de temporada (Michailidis, 2014). En futbolistas profesionales se han hallado incrementos significativos de C con sólo 6 semanas de entrenamiento a alta intensidad ($554,6\pm 95,3$ nmol/L; $p\leq 0,05$) y con 12 semanas ($612,2\pm 115,8$ nmol/L; $p\leq 0,05$) respecto al pre-entrenamiento (Silva et al., 2008). Estos autores afirman que la intensidad del entrenamiento en fútbol juega un papel fundamental en su respuesta. También se ha detectado un aumento significativo después de un periodo de entrenamiento de 7 días ($p<0,001$), tanto al despertarse como a medianoche (Minetto et al., 2008).

Algunos estudios con futbolistas de élite no han encontrado cambios en la concentración de C en saliva (Peñailillo et al., 2015), o incrementos no significativos (Moreira et al., 2009), justificando esta respuesta a la gran variabilidad individual en la respuesta y la adaptación a este estrés competitivo de los jugadores. De todos modos, parece evidente que los valores post-partido de C son significativamente más elevados que los del pre-partido, 78% ($p=0.103$) en futbolistas semi-profesionales (Thorpe y Sunderland, 2012), y en futbolistas femeninas de élite (+116%, $p<0,001$) (Maya et al., 2016), y parecen volver a niveles basales entre 24 (Ispirlidis et al., 2008) y 48 h. post-partido (Silva et al., 2013). También se ha sugerido la necesidad de 72 h. para garantizar una óptima recuperación en futbolistas, debido a la alteración observada de algunos marcadores de EIMD (Ispirlidis et al., 2008). Asimismo, se ha encontrado que la distancia recorrida durante el partido correlaciona con los valores post 24 ($r=0,502$, $p=0,034$) y post 48 h. de C ($r=0,515$, $p=0,029$) (Romagnoli et al., 2016). Aun así, se hace precisa más investigación en fútbol para corroborar estos resultados, ya que todavía no se conoce el comportamiento en las concentraciones de C tras partidos de fútbol en días consecutivos (Ekblom, 2002).

El T/C se utiliza como indicador de la relación entre anabolismo (síntesis) y catabolismo (destrucción) de nuestro sistema corporal (Terrados et al., 2004), y de la carga interna de entrenamiento en el deportista, ya que permite individualizar las cargas de entrenamiento (Hoffman et al., 1999). Consecuentemente, se suele utilizar para valorar los procesos de recuperación y detectar una posible mala adaptación al entrenamiento, o bien diagnosticar el síndrome de sobreentrenamiento (Gleeson, 2002; Petibois, Cazorla, Poortmans, y Déléris, 2002). La disminución de este cociente indicaría un predominio de los procesos catabólicos, pudiendo conllevar reducción del rendimiento, mientras que un aumento indicaría un predominio de los procesos anabólicos (sobrecompensación) (Hoffman et al., 1996; Urhausen, Gabriel, y Kindermann, 1995). La bibliografía consultada indica un valor de referencia para diagnosticar sobreentrenamiento con un descenso superior a 0,3 (>30%) (Fallon, 2008).

La utilidad de este índice para monitorizar la asimilación del entrenamiento durante una temporada ya se ha demostrado en deportes de equipo (Alaphilippe et al., 2012; Schelling et al., 2015). En fútbol se ha propuesto que es más útil evaluar la variación del ratio respecto a valores basales que la utilización de valores absolutos como umbrales de diagnóstico (Banfi y Dolci, 2006). De hecho, resultados con futbolistas de élite franceses podrían sugerir que una disminución del ratio T/C superior al 30% no conduce automáticamente a una disminución en el rendimiento del equipo o a un estado de sobreentrenamiento (Filaire et al., 2001). En un seguimiento de un equipo de fútbol, el T/C mostró cambios significativos durante la temporada (Michailidis, 2014). El valor inicial se incrementó en 12,1% al final de pretemporada ($0,37\pm 0,03$), a mitad de temporada disminuyó en un 15,2% ($0,28\pm 0,02$) en comparación con la medición inicial ($p<0,05$) y al final de la temporada, el valor era 9,1% menor ($0,30\pm 0,02$) que al inicio de pretemporada. Similares resultados se han encontrado en otro estudio (Handziski et al., 2006). Se ha sugerido que durante la pretemporada los jugadores no están fatigados y pueden responder adecuadamente a las exigencias del entrenamiento, pero que a mitad de temporada, el descenso del ratio T/C se debe a la carga de entrenamiento, la presión por conseguir los resultados, las condiciones meteorológicas adversas y el aumento del C (Michailidis, 2014). De hecho, no tiene porque vincularse a un estado de sobreentrenamiento sino a una incapacidad de adaptación y a una disfunción hormonal (Handziski et al., 2006).

A pesar de no haberse observado diferencias en los valores pre-partido y post-partido en el T/C en 7 futbolistas semi-profesionales tras un partido competitivo (Thorpe y Sunderland, 2012), varios estudios muestran que el T/C puede descender un 32,4% ($p < 0,001$) en futbolistas femeninas de élite (Maya et al., 2016), o llegar hasta descensos post-partido en este ratio del 64,2% en futbolistas masculinos de élite (Peñailillo et al., 2015), mostrando así el estrés catabólico de un partido de fútbol. En consonancia con estos resultados, se ha confirmado que el ratio T/C puede disminuir hasta las 48 h. post-partido ($p < 0,05$) (Silva et al., 2013). Estos resultados, junto a otros publicados (De Vita, Dorizzi, Corradini, y Caruso, 2007), parecen confirmar que el ratio T/C es muy variable en futbolistas del mismo nivel de entrenamiento.

2.5. Resumen

Parece poco probable que exista un sistema, órgano o mecanismo único que permita explicar la etiología de la fatiga en el fútbol. Los cambios inducidos por la fatiga no se suman de forma independiente, sino que lo hacen de forma correlacionada e integrada, y su consecuencia es la alteración de la capacidad del jugador para intervenir en el juego, perturbando sus posibilidades de acción. Además, las elevadas demandas físicas y fisiológicas de este deporte pueden provocar un estrés muy elevado que, en ocasiones, provoca la aparición del EIMD durante las horas y días posteriores al partido y/o entrenamiento.

Fatiga y EIMD no son procesos similares, ya que actualmente se considera que el EIMD es un importante factor a considerar en un intento de explicar la fatiga post-partido en el fútbol. Los procesos de fatiga y EIMD, así como los síntomas de ambos y cambios estructurales asociados a ellos, pueden influir en la disminución del rendimiento.

Por ello, los procesos de recuperación, después del entrenamiento o la competición, para reducir la fatiga y el EIMD se presentan como un elemento fundamental en la gestión del balance estrés-regeneración, especialmente en aquellas situaciones en las que los futbolistas entrenan o compiten, en ocasiones, el mismo día o en días sucesivos, con poco tiempo para su recuperación. Lógicamente, individualizar la recuperación se presenta como una tarea esencial, pero de gran complejidad en el fútbol, en el que las plantillas están conformadas por un amplio número de jugadores, por lo que se convierte en requisito esencial el trabajo interdisciplinar entre los distintos componentes del cuerpo técnico.

Diferentes métodos y medios han sido contemplados como estrategias válidas para recuperación en el fútbol, pero la evidencia científica en algunos casos (como la utilización de prendas de compresión) no es lo suficientemente amplia ni concluyente. Para aumentar el conocimiento científico en este ámbito de estudio, se plantean los siguientes objetivos e hipótesis de la presente Tesis Doctoral.

3. Hipótesis y objetivos

La hipótesis es una tentativa de explicación mediante una suposición o conjetura verosímil, destinada a ser probada por la comprobación de los hechos.

Ezequiel Ander-Egg (1930-...), filósofo y sociólogo argentino.

La duda es la madre de la invención.

Galileo Galilei (1654-1642), astrónomo, matemático y físico italiano.

Lo importante es no dejar de hacerse preguntas.

Albert Einstein (1879-1955), físico alemán.

Las hipótesis y los objetivos de la presente Tesis Doctoral surgen como respuesta a una necesidad individual de mejorar el proceso de entrenamiento en fútbol. Dicha intención se formaliza en esta Tesis Doctoral, cuyo fin último es contribuir científicamente en la comprensión y evaluación de una estrategia que permita optimizar el proceso de recuperación del futbolista, y por ende, el rendimiento deportivo.

3.1. Hipótesis de la tesis doctoral

1. La literatura científica confirma que las prendas de compresión favorecen la recuperación post-ejercicio.
2. Los diferentes tipos de prendas de compresión podrían favorecer la recuperación de la fatiga en jugadores de fútbol.
3. Los diferentes tipos de prendas de compresión podrían favorecer la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio en jugadores de fútbol.

3.2. Objetivos de la Tesis Doctoral

Tras el planteamiento de las hipótesis mostramos cuáles son los objetivos de esta Tesis Doctoral, que son la motivación principal para su realización. Diferenciamos entre objetivo general (expresa con qué finalidad se realiza esta Tesis Doctoral) y objetivos específicos (detallan propósitos concretos de esta Tesis Doctoral y que podrían ser base de futuros estudios).

3.2.1. Objetivo general de la Tesis Doctoral

Valorar la influencia de utilizar diferentes prendas de compresión en la recuperación de la fatiga y el daño muscular inducido por el ejercicio en jugadores de fútbol.

3.2.2. Objetivos específicos de la Tesis Doctoral

- a) Revisar la literatura científica para identificar los posibles beneficios de las prendas de compresión durante la recuperación, resumir los resultados de los datos existentes e identificar los posibles mecanismos de los resultados observados.
- b) Valorar la influencia de utilizar diferentes prendas de compresión durante partidos amistosos y 7 h/día en la recuperación de la fatiga en jugadores de fútbol.
- c) Valorar la influencia de utilizar diferentes prendas de compresión durante partidos amistosos y 7 h/día en la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio en jugadores de fútbol.

4. Diseño de la investigación

**El diseño es muy simple. Por eso es complicado.
Paul Rand (1914-1996), diseñador gráfico estadounidense.**

**Si buscas resultados distintos no hagas siempre lo mismo.
Albert Einstein (1879-1955), físico alemán.**

La presente investigación incluye una revisión sistemática con metaanálisis, una parte descriptiva, y una parte experimental. La revisión sistemática se corresponde con el estudio 1, mientras que la parte descriptiva se incluye dentro de los estudios experimentales 2 y 3. Cada uno de los diseños difiere ligeramente en función de los objetivos y las variables analizadas.

En la Tabla 7 se muestran las principales características metodológicas de los estudios de la presente Tesis Doctoral, detallando, para cada estudio, el diseño, las características de los participantes, las variables medidas y los análisis estadísticos realizados. Del mismo modo, se presentan las variables que han sido controladas en la medida de lo posible y que podrían alterar los resultados (variables contaminantes), siendo a su vez, potenciales líneas de investigación.

Tabla 7. Principales características metodológicas de los estudios de la presente Tesis Doctoral.

REVISION SISTEMÁTICA	
¿Son eficaces las prendas de compresión para la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio?	
Una revisión sistemática con metaanálisis	
Diseño	Estudio analítico, observacional, transversal, retrospectivo.
Participantes	n=279 participantes (169 hombres, 99 mujeres, 11 no señalados en estudio) Edad: 23,6 ± 2,99 años Importantes diferencias en nivel de entrenamiento de los participantes
Variables medidas	[La] CK LDH Inflamación muscular Potencia muscular Fuerza muscular DOMS
Análisis estadístico	Modelo de efectos aleatorios g de Hedges como estimador del tamaño del efecto I ² como estimador de la heterogeneidad p<0,05
PARTE DESCRIPTIVA	
Análisis descriptivo de los partidos.	
Diseño	Estudio descriptivo, prospectivo, multivariable.
Participantes	n=18 jugadores de fútbol semi-profesionales Edad: 24 ± 4,07 años Altura: 1,77 ± 0,05 m Masa corporal: 71,8 ± 6,28 kg Índice de masa corporal (IMC): 22,73 ± 1,81 Experiencia: 4,07 ± 2,12 años en categoría actual (Tercera División y Regional Prefrente)
Variables medidas	DEPENDIENTES: Indicadores de carga interna: % frecuencia cardiaca media (%FC _{med}), % frecuencia cardiaca media (%FC _{máx}), tiempo (min.) en zona de frecuencia cardiaca 1 (50-59% FC), frecuencia cardiaca 2 (60-69% FC), frecuencia cardiaca 3 (70-79% FC), frecuencia cardiaca 4 (80-

	89% FC), y frecuencia cardiaca 5 (90-100% FC) Indicadores de carga externa: Dt, velocidad máxima (V _{máx} ; km/h), número de sprints, número de máximas deceleraciones (MD; -3.0 m/s ²), número de altas deceleraciones (AD; -2.9, -2.0 m/s ²), número de altas aceleraciones (AA; 2.0, 2.9 m/s ²) y número de máximas aceleraciones (MA; 3.0 m/s ²)
	INDEPENDIENTES: Tipo de prenda de compresión
Análisis estadístico	Shapiro-Wilk como análisis de normalidad (p<0,05) Prueba de Levene como análisis de homogeneidad de las varianzas (p<0,05) Análisis descriptivo (media, desviación típica) (p<0,05) Prueba T para muestras independientes como análisis de las diferencias inter e intragrupo (p<0,05) Coeficiente de correlación de Pearson (p<0,01)
PARTE EXPERIMENTAL	
Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación	
Diseño	Estudio analítico, cuasi-experimental, longitudinal de incidencia (72 horas post-control), prospectivo, de grupo único (cada sujeto actúa como su propio control), multivariable, multifactorial inter-sujeto/intra-sujeto.
Participantes	n=18 jugadores de fútbol semi-profesionales Edad: 24 ± 4,07 años Altura: 1,77 ± 0,05 m Masa corporal: 71,8 ± 6,28 kg IMC: 22,73 ± 1,81 Experiencia: 4,07 ± 2,12 años en categoría actual (Tercera División y Regional Prefrente)
Variables medidas	DEPENDIENTES: [La ⁻] (mmol/L), SaO ₂ (%), U (mg/dL), C (μg/dL), TT (ng/mL), índice T/C, altura CMJ (cm.), altura SJ (cm.), sprint 10 m. (s.), sprint 20 m. (s.), T-Test (s.), RSAm (s.), RSA _t (s.), RSA IFF (%), distancia en YYIR2 (m.), esfuerzo percibido (uds. arbitrarias), recuperación percibida (uds. arbitrarias) Indicadores carga interna y externa estudio 2 INDEPENDIENTES: Tipo de prenda de compresión CONTAMINANTES: Nutrición y dieta, sueño, actividades físicas vida cotidiana
Análisis estadístico	Shapiro-Wilk como análisis de normalidad (p<0,05) Prueba de Levene como análisis de homogeneidad de las varianzas (p<0,05) Análisis descriptivo (media, desviación típica) (p<0,05) Análisis de varianza bidireccional (ANOVA de dos factores) junto a la prueba Post Hoc de Bonferroni como análisis de las diferencias inter e intragrupo (p<0,05). En variables que únicamente se midieron en dos momentos se utilizó la prueba T para muestras independientes en caso de seguir una distribución normal (p<0,05) o la prueba U de

	<p>Mann-Whitney en caso de seguir una distribución no normal ($p < 0,05$)</p> <p>Coefficiente de correlación de Pearson o Rho Spearman ($p < 0,01$) en función de la distribución de la variable analizada</p> <p>g de Hedges como estimador del tamaño del efecto (ES – Effect size) utilizando valores relativos (% aumento o descenso respecto al pre-partido)</p>
Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación	
Diseño	Estudio analítico, cuasi-experimental, longitudinal de incidencia (72 horas post-control), prospectivo, de grupo único (cada sujeto actúa como su propio control), multivariable, multifactorial inter-sujeto/intra-sujeto.
Participantes	<p>n=18 jugadores de fútbol semi-profesionales</p> <p>Edad: $24 \pm 4,07$ años</p> <p>Altura: $1,77 \pm 0,05$ m</p> <p>Masa corporal: $71,8 \pm 6,28$ kg</p> <p>IMC: $22,73 \pm 1,81$</p> <p>Experiencia: $4,07 \pm 2,12$ años en categoría actual (Tercera División y Regional Prefrente)</p>
Variables medidas	<p>DEPENDIENTES:</p> <p>CK (UI/L), LDH (UI/L), GOT (UI/L), GPT (UI/L), GGT (UI/L), DOMS (uds. arbitrarias), inflamación muslo (cm.), inflamación pantorrilla (cm.)</p> <p>Indicadores carga interna y externa estudio 2</p> <p>INDEPENDIENTES:</p> <p>Tipo de prenda de compresión</p> <p>CONTAMINANTES:</p> <p>Nutrición y dieta, sueño, actividades físicas vida cotidiana</p>
Análisis estadístico	<p>Shapiro-Wilk como análisis de normalidad ($p < 0,05$)</p> <p>Prueba de Levene como análisis de homogeneidad de las varianzas ($p < 0,05$)</p> <p>Análisis descriptivo (media, desviación típica) ($p < 0,05$)</p> <p>Análisis de varianza bidireccional (ANOVA de dos factores) junto a la prueba Post Hoc de Bonferroni como análisis de las diferencias inter e intragrupo ($p < 0,05$). En variables que únicamente se midieron en dos momentos se utilizó la prueba T para muestras independientes en caso de seguir una distribución normal ($p < 0,05$) o la prueba U de Mann-Whitney en caso de seguir una distribución no normal ($p < 0,05$)</p> <p>Coefficiente de correlación de Pearson o Rho Spearman ($p < 0,01$) en función de la distribución de la variable analizada</p> <p>g de Hedges como estimador del ES utilizando valores relativos (% aumento o descenso respecto al pre-partido)</p>

5. Revisión sistemática

**La concepción del mundo del hombre contemporáneo se funda,
en la medida creciente, sobre los resultados de la ciencia:
el dato reemplaza al mito, la teoría a la fantasía
y la predicción a la profecía.**

Mario Bunge (1919-...), físico, filósofo y epistemólogo argentino.

¿Por qué las cosas son como son y no de otra manera?

Johannes Kepler (1571-1628), astrónomo y matemático alemán.

5.1. Terapia de compresión

5.1.1. Consideraciones previas

La competición deportiva implica que los deportistas busquen la excelencia deportiva y la consecución de sus mejores marcas personales. Para ello, la utilización de la ropa compresiva se está convirtiendo en una opción muy común entre los deportistas. En sus inicios, la compresión se utilizaba exclusivamente en el ámbito clínico, pero actualmente se ha diversificado hacia el ámbito del rendimiento deportivo.

i) Compresión en el ámbito clínico-médico

Aunque la terapia de compresión ha sido utilizada desde el S. XIX (Ramelet, 2002), se tienen referencias del uso de vendajes para el tratamiento de úlceras y trastornos o enfermedades venosas en las piernas desde los años 450-350 aC (Gladfelter, 2007; Van Geest, Franken, y Neumann, 2003). Posteriormente se comenzó a utilizar en el tratamiento de lesiones de tejidos blandos para minimizar la inflamación y el edema (acumulación de fluido en el espacio extravascular), y para minimizar las cicatrices de las quemaduras (Gladfelter, 2007; Ramelet, 2002; Wienert, 2003).

En el ámbito clínico, la terapia compresiva, intermitente o continua, se utiliza actualmente en rehabilitación y soporte de extremidades lesionadas, para prevenir el edema, disminuir el efecto de la hipertensión venosa para mejorar y aumentar la velocidad de la circulación de la sangre en individuos con insuficiencias venosas crónicas como trombosis venosa profunda, éstasis venosa y varices. También se utiliza en pacientes con lesiones de la médula espinal, ciertos tipos de cáncer (por ejemplo, cáncer de mama), hipotensión ortostática, problemas inflamatorios crónicos, como el linfedema, y en el tratamiento de quemaduras, cicatrices y picaduras de insectos o laceraciones (Ali, Caine, y Snow, 2007; Benkö, Cooke, McNally, y Mollan, 2001; Bergan y Sparks, 2000; Brennan y Miller, 1998; Chatard et al., 2004; Choucair y Phillips, 1998; Doan et al., 2003; Gniadecka, Karlsmark, y Bertram, 1998; Harris, Hugi, Olivotto y Levine, 2001; Hirai, Iwata, y Hayakawa, 2002; Kraemer, French, y Spiering, 2004; Maton, Thiney, Dang et al., 2006; Moffatt, Martin, y Smithdale, 2007; Partsch, 2003a; Rimaud et al., 2007; Trenell, Rooney, Carolyn, Campbell, y Thompson, 2006; Van den Kerckhove et al., 2005; Wienert, 2003). Además, la compresión junto a otros tratamientos (hielo y/o elevación), es uno de los tratamientos más comunes de lesiones agudas. Sin embargo, y para nuestra información, pocos estudios se han realizado al respecto (Kraemer, French y Spiering, 2004; Prentice, 2001; Trenell et al., 2006).

ii) Compresión en el ámbito deportivo

O'Donnell, Rosenthal, Callow, y Ledig (1979) fueron los primeros en investigar los efectos de las medias de compresión en la hemodinámica venosa de las extremidades inferiores durante el ejercicio. A pesar de no encontrar diferencias en el tiempo de retorno venoso, mostraron que la presión venosa máxima en el pie se redujo significativamente con el uso de medias de compresión. Aunque con objetivo clínico, este estudio tiene importantes implicaciones en el uso de prendas de compresión como medio para mejorar la recuperación post-ejercicio. El descenso post-ejercicio de la

presión venosa sugiere que la presión externa aplicada a los miembros inferiores podría hacer que las venas superficiales sean menos extensibles, reducir el estancamiento venoso y, posiblemente, mejorar la oxigenación muscular.

A partir de este estudio (O'Donnell et al., 1979), la terapia de compresión se ha diversificado en su funcionalidad, pues se ha pasado de una exclusiva aplicación en el ámbito clínico hacia el ámbito deportivo y médico-deportivo. Los avances en la tecnología para la fabricación de estos productos, su creciente demanda y las evidencias encontradas en algunos casos son los principales motivos de esta diversificación.

Su uso se incrementó exponencialmente desde 1980 ya que la Lycra ha aumentado su presencia con notoriedad en la ropa deportiva, hasta el punto en el que hoy en día existe una gran variedad de productos y colores para todos los géneros, poniendo de manifiesto la mayor demanda de estos productos (Walzer, 2004). Así pues, los tejidos elásticos se han convertido en un elemento básico en la ropa deportiva debido a la mayor comodidad y el mejor ajuste que ofrecen (Voyce, Dafniotis, y Towlson, 2005).

A pesar de que sus beneficios continúan siendo investigados, por alguna razón, tanto entrenadores como deportistas aceptan que las prendas de compresión mejoran el rendimiento y/o la recuperación post-ejercicio. Estas afirmaciones son subjetivas y/o basadas en estudios aislados. Algunos de los motivos por los que los deportistas las utilizan son la tendencia actual de llevarlas por seguir las modas, la disminución de la fricción cutánea, la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones (Bringard, Denis, Belluye, y Perrey, 2006; Doan et al., 2003; Duffield y Portus, 2007).

iii) Tipos de prendas y vendajes de compresión

Las prendas de compresión son sólo una de las posibilidades de la terapia compresiva. La compresión puede lograrse mediante dos métodos, ya sea con las técnicas de vendaje tradicionales, o gracias a la fabricación industrial de las prendas de compresión (Agu, Hamilton, y Baker, 1999; Barnett, 2006; Bergan y Sparks, 2000; Brennan y Miller, 1998; Iwama, Suzuki, Hojo, Kaneda, y Akutsu, 2000; Ramelet, 2002; Van Geest et al., 2003). Así pues, se puede diferenciar entre:

- vendajes elásticos, ligeros y de retención. Se utilizan para mantener los vendajes fijos en su lugar en cualquier parte del cuerpo.
- vendajes o prendas de soporte (inelásticos o de baja elasticidad). Se desarrollan para facilitar el soporte mecánico y evitar la inflamación de las extremidades o articulaciones. También conocidos como short-stretch, sólo aplican una ligera presión durante un corto período de tiempo debido a su incapacidad para adaptarse al contorno corporal, y pierden un alto grado de la presión en cuestión de horas (Moffatt et al., 2007; Ramelet, 2002), produciendo, por tanto, una presión baja en reposo y alta en movimiento (es decir, crean picos de presión).
- vendajes o prendas de compresión (elásticos o alta elasticidad, y con presión graduada o uniforme). También conocidos como long-stretch, mantienen la presión por un período de tiempo más largo debido a su estructura flexible (Moffatt et al., 2007) y son más propensos a causar incomodidad con un uso prolongado (Ramelet, 2002) por la compresión ejercida constantemente con

variaciones mínimas al caminar. Tanto las graduadas como las uniformes tienen la capacidad de recuperar su tamaño y forma una vez ha sido deformada por el contorno sobre el que se aplica, pero las graduadas presentan un gradiente de presión decreciente desde la parte distal a la proximal.

A pesar de que los vendajes o prendas inelásticas pueden ser usados durante 24 h. debido a la baja presión ejercida en reposo, la compresión elástica requiere ser retirada en un período de 24 h. para evitar la alta y constante presión que se puede generar en reposo (Van Geest et al., 2003; Wienert, 2003). Independientemente de si son elásticas o no, generalmente se construyen a partir de un material elástico (Linnitt y Davies, 2007). Algunos de los materiales utilizados son seda, algodón, poliéster, nylon, LYCRA® o la combinación de diferentes materiales como Coolmax® y Heatgear® (Felt y Rooke, 2005; Kraemer et al., 1996; Laing y Sleivert, 2002).

La investigación y el desarrollo de los materiales deportivos han dado lugar a una amplia gama de prendas o vendajes de compresión, las cuales no sólo son de diferentes materiales y diseños, sino también con diferentes niveles de compresión (Choucair y Phillips, 1998; Felt y Rooke, 2005; Laing y Sleivert, 2002; Wienert, 2003). A día de hoy se diseñan para cubrir la totalidad del cuerpo, una pequeña región o segmentos corporales enteros. En el ámbito deportivo se incluyen: trajes o prendas de cuerpo completo, camisetas sin mangas, mangas, perneras, musleras, medias, calcetines o guantes. En el ámbito clínico, las prendas o vendajes de compresión se refieren a vendajes elásticos o inelásticos, con una o varias capas, que proporcionan una compresión elevada, compresión neumática intermitente (emplea una bomba de aire para inflar y desinflar una bolsa hermética envuelta alrededor de la extremidad), dispositivos ortopédicos y prendas de compresión uniforme o graduada (Bergan y Sparks, 2000; Blecken, Villavicencio, y Kao, 2005; Choucair y Phillips, 1998; Felt y Rooke, 2005). Así pues, pueden ejercer una presión mecánica intermitente o continua (Blecken et al., 2005; Brennan y Miller, 1998).

iv) Tecnología y mecanismos de actuación de la terapia compresiva

Habitualmente las prendas de compresión se construyen con un diseño de compresión graduada (Linnitt y Davies, 2007), en las que la compresión distal es mayor que la proximal, aplicándose así diferentes grados de presión en los diferentes segmentos de la extremidad (Agu et al., 1999; Brennan y Miller, 1998; Iwama et al., 2000). La compresión se mide en milímetros de mercurio (mmHg), y refiere a la presión aplicada por la media de compresión en la mínima circunferencia del tobillo en reposo (100% de la compresión es en la parte distal, pero luego se reduce gradualmente en zonas proximales) (Fig. 4) (Linnitt y Davies, 2007).

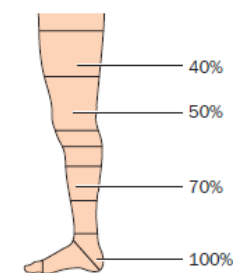


Figura 4. Prenda de compresión graduada. Adaptado de Linnitt y Davies (2007).

La tensión de una prenda o vendaje viene determinada, en principio, por la cantidad de fuerza dada al tejido durante la fabricación. La fuerza se refiere, por tanto, a la facilidad con la que se extiende. Su capacidad para mantener cierto grado de tensión (y por tanto de presión) queda determinada por sus propiedades elastoméricas, que a su vez son una combinación de la composición de las fibras y la técnica de tricotado del hilo utilizada para producir su estructura (Clark y Krimmel, 2006). Un tejido de alta fuerza es difícil de estirar y es más rígido que uno de baja fuerza, y por ello, aplica mayor compresión.

La capacidad de una prenda o vendaje para incrementar su longitud en respuesta a una fuerza aplicada se describe como su extensibilidad (capacidad para estirarse) y determina su capacidad para volver a su longitud original (sin estirar) a medida que se reduce la tensión. De ahí que sea habitual utilizar términos como short-stretch (poca elasticidad, extensibilidad mínima, inelástico, o compresión pasiva) y long-stretch (gran elasticidad, gran extensibilidad, elástico, o compresión activa), para describir este aspecto funcional de la prenda o vendaje compresivo.

Se fabrican tejiendo dos sistemas de hilo entretejido que se tricotan juntos para elaborar el tejido de la prenda. El hilo estructural aporta el grosor y la rigidez del tejido tricotado, mientras que el hilo interno proporciona la compresión (Fig. 5) (Clark y Krimmel, 2006). Ambos tipos de fibras se fabrican envolviendo poliamida o algodón alrededor de un núcleo elástico de látex o elastano (Lycra) (Fig. 6). Regulando el recubrimiento se modifica la extensibilidad y la fuerza del hilo, así como el grosor, la textura y el aspecto del tejido tricotado (Clark y Krimmel, 2006). La compresión de la prenda se incrementa principalmente aumentando el grosor del núcleo elástico del hilo interno, si bien también se puede ajustar el hilo estructural (Clark y Krimmel, 2006).

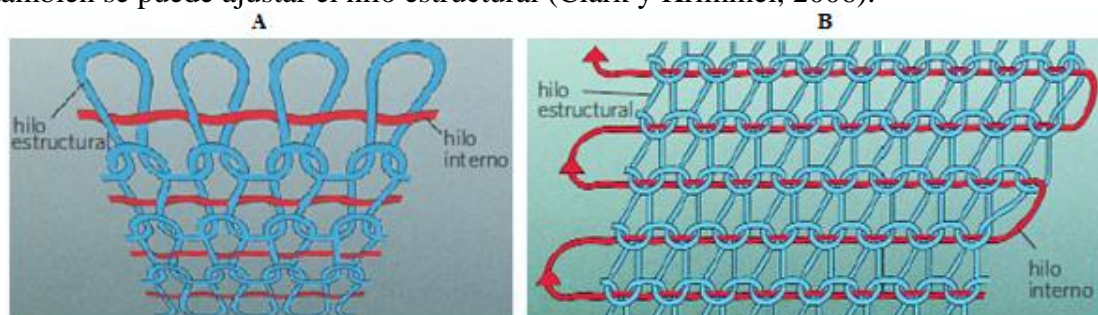


Figura 5. Disposición de la estructura de las fibras en el tejido de punto plano (A) y circular (B). Adaptado de Clark y Krimmel (2006).

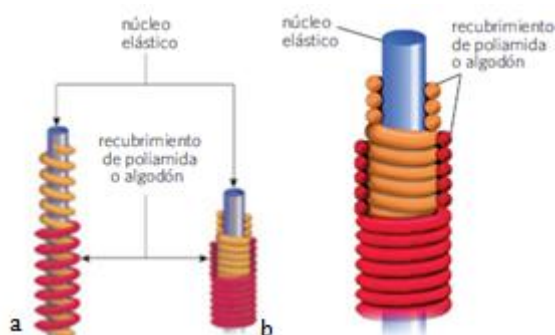


Figura 6. La envoltura de la fibra exterior alrededor del núcleo elástico se puede ajustar para variar la capacidad de estiramiento de la fibra. Una envoltura suelta (a) significa que es más elástico y menos fuerte que una fibra firmemente rodeada (b). Adaptado de Clark y Krimmel (2006).

Las dos técnicas de tricotado más utilizadas para confeccionar medias de compresión son el tricotado plano y el tricotado circular. La técnica del tricotado plano da lugar a un tejido plano que necesita ser cosido para obtener la prenda final. La técnica del tricotado circular produce un tejido tubular cuya necesidad de acabado para conseguir la prenda final es comparativamente menor (Tabla 8). Ambas técnicas de tricotado se emplean para la elaboración tanto de las medias a medida como de las estándar. Sin embargo, las prendas a medida se hacen casi siempre con tejido tricotado plano porque este método de fabricación se adapta mejor a las deformidades (Clark y Krimmel, 2006).

Tabla 8. Características de los tejidos (Clark y Krimmel, 2006).

Características de los tejidos tricotado plano y circular		
Tipo de tejido	Tejido tricotado plano	Tejido tricotado circular
¿Cómo se controla la forma?	Variando el número de agujas durante el proceso. El hilo interno se dispone prácticamente si tensión y no influye en la forma del producto final	Principalmente variando la tensión del hilo interno, pero también modificando el tamaño del punto; no se puede cambiar el número de agujas durante el proceso, limitando el margen de ajuste
Número de agujas por pulgada	14-16 (tejido grueso)	24-32 (tejido fino)
Grosor del hilo	Más grueso – necesario para conseguir un tejido de rigidez y grosos suficientes	Más fino – estéticamente más satisfactorio

v) Normativa para las prendas de compresión

Las normativas estipulan métodos de prueba para establecer los diferentes aspectos del rendimiento de las prendas de compresión no adhesivas, principalmente para determinar la compresión gradual que ejercen las medias de compresión sobre la pierna. De todos modos, también pueden abarcar parámetros tales como los métodos de evaluación, la especificación del hilo, el gradiente de compresión y la durabilidad. Comprender cómo afecta la confección de las medias, en especial la técnica de tricotado, a la eficacia de la prenda, ayudará a elegir las medias más adecuadas para cada uno de los casos.

Actualmente, no existe una normativa internacional sobre el rendimiento de los vendajes o prendas de compresión, a pesar de que en toda Europa se utilizan diferentes métodos en función del país, siendo inconstante entre ellos (Partsch, 2003b). Las normativas nacionales para las medias de compresión se han creado, principalmente, como requisito indispensable para el reembolso y para orientar a los fabricantes, así como para clasificar las prendas de acuerdo con la compresión ejercida. Es fundamental recordar que la presión real ejercida por una prenda correspondiente a una determinada clase de compresión depende de numerosos parámetros del sujeto. Esto destaca la necesidad de un acuerdo europeo más amplio sobre la clasificación de los vendajes de compresión (Pokrovsky y Sapelkin, 2002) y la preparación de una normativa similar como anticipo para las medias de compresión (CEN/Technical Committee, 2001).

Entre los países europeos existen pocas normativas nacionales para las medias de compresión, de las cuales son ejemplos la británica BS 6612:1985 (British Standards Institution, 1985), la francesa ASQUAL (ASQUAL, 1999), y la alemana RAL-GZ 387:2000 (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung Medizinische Kompressionsstrümpfe, 1987; 2000). La Normativa británica BS 7505:1995 (British

Standards Institute, 1995) es una versión actualizada de la anterior, según la cual los vendajes se clasifican en una de las seis categorías estipuladas. El tipo 1 lo componen vendajes elásticos, ligeros y de retención. El tipo 2 lo conforman vendajes y prendas de soporte (inelásticos, baja elasticidad) y los tipos del 3A al 3D, de vendajes de compresión (elásticos, alta elasticidad). Posteriormente se intentó crear una norma europea (norma preliminar: ENV 12718), pero no se alcanzó un acuerdo y en 2005 fue invalidada.

A nivel general, los vendajes y prendas de compresión se pueden clasificar en cuatro clases en función de su gradiente de presión, es decir: ligera, moderada, alta y extra alta (Choucair y Phillips, 1998; Felty y Rooke, 2005; Lord y Hamilton, 2004; Partsch, 2003b). Esta presión se establece de acuerdo a un rango de mmHg. Sin embargo, el intervalo de presión que define cada clase varía entre las diferentes normativas, y durante la evaluación se utilizan técnicas distintas para determinar la compresión (Tabla 9). Las prendas de compresión para deportes normalmente se ubican en las menores clases, clase I y clase II, debido al menor nivel de compresión ejercida, mientras que las prendas con fines médicos suelen ser de la clase II, III y IV. Aun así, los rangos de presión óptimos no se han establecido para prendas de compresión deportivas.

Tabla 9. Comparación de la clasificación de las medias de acuerdo a diferentes normas.

Comparación de la clasificación de las medias según las normas británica, francés y alemana de las medias de compresión				
Autoría	Británica BS 6612:1985	Británica BS 7505:1995	Francesa ASQUAL	Alemana RAL-GZ 387:2000
Método de evaluación	HATRA	HATRA	IFTH	HOSY
Clase I	14-17 mmHg	<20 mmHg (3A)	10-15 mmHg	18-21 mmHg
Clase II	18-24 mmHg	21-30 mmHg (3B)	15-20 mmHg	23-32 mmHg
Clase III	25-35 mmHg	31-40 mmHg (3C)	20-36 mmHg	34-36 mmHg
Clase IV	No descrita	41-60 mmHg (3D)	>36 mmHg	>49 mmHg

vi) Principios básicos de la terapia compresiva

El nivel de compresión producido por la prenda viene determinado por las complejas interacciones entre varios factores: la estructura física y las propiedades elastoméricas de la prenda o vendaje, el tamaño y la forma de la extremidad en la que se aplica, y la naturaleza de la actividad física que realice el individuo (Troynikov et al., 2010).

La forma de las extremidades humanas impide que la presión se distribuya por igual. Así pues, el nivel de compresión se rige por la ley de Laplace (Clark y Krimmel, 2006), la cual establece que la presión hidrostática en un recipiente es directamente proporcional a la fuerza de tracción e inversamente proporcional al radio. Aplicado a éste ámbito, la presión aplicada es directamente proporcional a la tensión aplicada por la compresión e inversamente proporcional al perímetro o circunferencia de la extremidad sobre la que se aplica (la presión aumenta al incrementar la tensión, pero disminuye al aumentar radio). En otras palabras, la presión más alta se ejerce en la circunferencia más pequeña de la extremidad (Thomas, 2003). La utilización de esta ley para calcular o predecir la presión debajo del vendaje o prenda fue descrita por (Thomas, 2003), aunque este tema sigue siendo polémico (Melhuish, Clark, Williams, y Harding, 2000). La Ley de Laplace es la siguiente (Clark y Krimmel, 2006):

$$P \propto T/R$$

P representa la presión

T es la tensión

R es el radio

\propto indica la proporcionalidad

Consecuentemente, los efectos de la terapia compresiva dependen de la presión aplicada al cuerpo humano y las reacciones consecuentes. Si se produce un gradiente de presión oncótico (presión osmótica creada por los coloides proteicos presentes en el plasma) a través de una membrana semipermeable, por ejemplo, una pared capilar, el agua traspasa la barrera hasta que se igualen las concentraciones relativas existentes a ambos lados de la membrana. La relación entre estos factores se resume en la ecuación de Starling (Landis y Pappenheimer, 1963; Partsch, 2003a):

$$F=c(P_c-P_t)-(\pi_c-\pi_t)$$

F es la fuerza neta de filtración (que es el origen de la linfa)

c es el coeficiente de filtración

P_c es la presión sanguínea del capilar

P_t es la presión del tejido

π_c es la presión oncótica del capilar

π_t es la presión oncótica del tejido

La diferencia de presión hidrostática provoca la filtración mientras que la diferencia de la presión oncótica causa la reabsorción (Fig. 7). La ecuación de Starling sugiere que la aplicación de compresión externa contrarrestará la pérdida de fluido capilar incrementando la presión local del tejido y reforzará la reabsorción empujando el fluido hacia las venas y los vasos linfáticos (Abu-Own et al., 1994; Partsch, 2003a), ayudando a su vez a resolver el edema (Fig. 7). También favorece la liberación de los leucocitos del endotelio y evita que se adhieran más (Bollinger y Fagrell, 1990). Además, la compresión elimina más agua que las proteínas del tejido, incrementando la presión oncótica del tejido. Al retirar la compresión se produciría una reacumulación rápida de fluido edematoso (Partsch, Mostbeck, y Leitner, 1980).

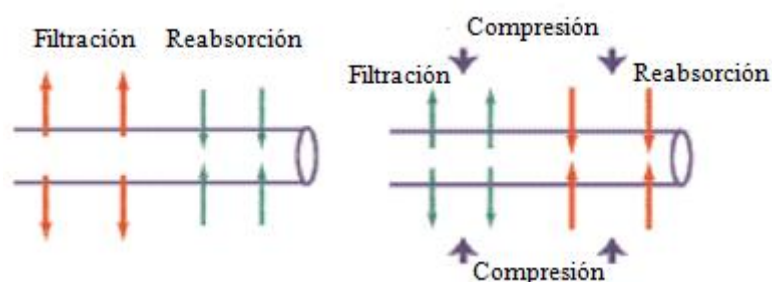


Figura 7. La compresión actúa contra la filtración y ayuda a la reabsorción. Adaptado de Partsch (2003).

La aplicación de niveles adecuados de presión acelera el flujo sanguíneo en la microcirculación (Bollinger y Fagrell, 1990) y reduce el diámetro de las venas mayores (Partsch, Rabe, y Stemmer, 2000). Esto reduce el volumen sanguíneo local (Christopoulos, Nicolaidis, Belcaro, y Kalodiki, 1991), redistribuyendo la sangre hacia partes centrales del cuerpo y puede incrementar la precarga cardíaca y afectar al gasto cardíaco aproximadamente un 5% (Mostbeck, Partsch, y Peschl, 1976).

vii) Aspectos relevantes sobre el nivel de compresión

La presión de contacto es la presión ejercida por un sistema de compresión sobre la superficie cutánea. Se puede medir colocando un transductor de presión entre el sistema de compresión y la extremidad, concretamente en el lugar de máximo aumento del perímetro de la extremidad durante la contracción muscular. En la pierna, este punto se sitúa sobre la unión músculo-tendinosa del gemelo interno, que los fabricantes de medias de compresión lo denominan B1 (Partsch et al., 2000). Los materiales menos elásticos son más rígidos y producen mayores variaciones en la presión de contacto (Partsch et al., 2006).

Las prendas de compresión uniforme, independientemente del gradiente de presión y debido a la geometría del cuerpo humano, pueden no ser del todo eficaces. De hecho, algunas prendas de compresión uniformes crean un gradiente de presión inversa y/o un efecto de torniquete que reduce el retorno venoso (Angle y Bergan, 1997). Por contra, las prendas de compresión graduadas se consideran mejores que las de presión uniforme (Angle y Bergan, 1997; Sigel, Edelstein, Savitch, Hasty, y Felix, 1975). Estas prendas proporcionan una presión externa controlada que se gradúa según la circunferencia de la extremidad (Liu et al., 2005). En otras palabras, la presión más alta se ejerce en la parte distal (más estrecha) de la extremidad y disminuye de manera proximal (Choucair y Phillips, 1998; Felty y Rooke, 2005; Laing y Sleivert, 2002; Liu et al., 2005). Así pues, el gradiente de presión graduada no sólo añade una presión adicional a la extremidad, sino que también amplifica el gradiente de las extremidades favoreciendo el flujo natural de la sangre hacia el corazón, ayudando a la función de la bomba muscular.

La base científica sobre la que se desarrolló la compresión graduada, se originó a partir de los trabajos de Sigel et al., (1975) y Lawrence y Kakkar (1980). Sigel et al., (1975) demostraron que, en individuos sanos sedentarios en una posición reclinada, una compresión graduada de 18 mmHg en el tobillo a 8 mmHg en el muslo aumentaba la velocidad de flujo sanguíneo femoral un 138% aproximadamente. Este incremento fue significativamente mayor que la respuesta hemodinámica a la compresión uniforme (~11 mmHg). Asimismo, Lawrence y Kakkar (1980) demostraron que un gradiente de presión 20-10 mmHg desde el tobillo hacia el muslo incrementa la velocidad del flujo venoso un 75% por encima de los valores de reposo. Sin embargo, un nivel de compresión mayor provocó una reducción de la velocidad del flujo venoso.

Parece que para obtener respuestas eficaces debemos aplicar niveles de presión determinados para cada caso (Agu et al., 1999; Bringard et al., 2006; Rimaud et al., 2007). En el ámbito clínico, la presión óptima varía de acuerdo a las condiciones de cada individuo, y todavía no se ha alcanzado un consenso general sobre los rangos óptimos de presiones. Parece ser que aquellas personas con varices, fatiga en las piernas y ligero edema requieren una presión graduada de 20-30 mmHg (Brown y Brown, 1995), y, ocasionalmente, de 30-40 mmHg dependiendo de la gravedad. Aquellos que tienen úlceras e insuficiencias venosas moderadas suelen tolerar una compresión de 30-40 mmHg. Una insuficiencia venosa grave, edema y/o linfedema puede requerir 40-50 mmHg, incluso más de 60 mmHg (Choucair y Phillips, 1998; Felty y Rooke, 2005). Otros autores opinan que sujetos con insuficiencias venosas severas en las extremidades inferiores deben recibir presiones externas entre 30-40 mmHg (Bringard et al., 2006; Gniadecka et al., 1998). Aun así, presiones tan bajas como 8 mmHg (distales) y 18 mmHg (proximales) también pueden ser beneficiosas en la prevención del edema en

personas con venas varicosas y otros problemas circulatorios de las extremidades inferiores (Agu et al., 1999; Benkö et al., 2001; Hirai et al., 2002). Hirai et al. (2002) mantienen que, a la hora de evitar la formación del edema, las prendas de compresión con presiones de 22 mmHg y/o de 30-40 mmHg en el tobillo son mejores que las prendas con presiones más bajas.

No obstante, los rangos de presión que pueden ser beneficiosos para personas con enfermedades periféricas pueden no tener efectos o incluso ser perjudiciales para personas sanas, activas o deportistas. En el ámbito deportivo todavía no se conocen las presiones adecuadas para obtener beneficios vasculares, ya que los resultados son poco concluyentes. Parece ser que presiones elevadas no son adecuadas para los deportistas. Se ha señalado que si la prenda supera la presión arterial diastólica (40-60 mmHg en extremidades superiores y 60-100 mmHg en las inferiores) se puede ocluir el flujo venoso y retrasar el proceso de recuperación del tejido dañado (Kraemer, French y Spiering, 2004). También hay evidencias de que una presión de 30 mmHg o más en la pantorrilla puede reducir el flujo sanguíneo subcutáneo en individuos sanos (Kügler, Strunk, y Rudofsky, 2001), incluso se pueden experimentar sensaciones de hormigueo (indicador de que el flujo sanguíneo puede verse afectado negativamente) con una prenda de compresión moderada (clase II; 23 - 32 mmHg) (Ali, Creasy, y Edge, 2010). Ambos aspectos pueden contribuir a la fatiga y retrasar la recuperación. No obstante, la aplicación de presiones bajas mediante una compresión graduada permite reducir la dilatación y acumulación venosa y mejorar el retorno venoso en las extremidades inferiores (Liu, Lao, Kwok, Li, y Ying, 2008). De hecho, se puede duplicar la velocidad del flujo sanguíneo en el antebrazo mediante una compresión de 13-23 mmHg (Bochmann et al., 2005). También en la arteria femoral hay mejoras en el flujo sanguíneo al utilizar una compresión de ~20 mmHg (Ménétrier et al., 2015). Sin embargo, ni Gniadecka et al. (1998), que utilizaron prendas de compresión de bajas presiones (10-20 mmHg), ni Rimaud et al. (2007), que utilizaron medias de compresión de bajas presiones (21 mmHg), encontraron aumentos en el retorno venoso. Por ello, parece lógico pensar que hay un intervalo de presión para que se produzcan mejoras en el flujo sanguíneo, ya que puede ser que con presiones excesivamente bajas no haya cambios significativos en el mismo (Mayrovitz y Larsen, 1997).

Independientemente de la graduación de presión, se ha reconocido que las diferentes posturas y posiciones corporales y de las extremidades durante la aplicación de la compresión provocan variaciones en la presión aplicada (MacRae, Laing, y Partsch, 2016; Wertheim, Melhuish, Williams, y Harding, 1999). Por ejemplo, en posición supina, una presión superior a 10 mmHg reduciría el estancamiento sanguíneo en las venas, al reducir el volumen y aumentar la velocidad del flujo sanguíneo venoso (Partsch, 2003a). Sin embargo, si en esa misma posición la presión es superior a 30 mmHg no hay efectos, pues el volumen sanguíneo venoso no se puede reducir más (enviar más sangre al corazón). Por otro lado, en posición vertical, las presiones en la pierna varían entre 20-100 mmHg, de modo que son necesarias presiones más elevadas (40-50 mmHg) para ejercer un efecto sobre el flujo de sangre venosa. Brophy-Williams, Driller, Shing, Fell, y Halson (2015) también han demostrado que la presión aplicada en las extremidades, es más elevada en bipedestación respecto a posturas en las que el deportista está sentado. Cada tipo de deporte, en función de sus posiciones corporales adoptadas, podría requerir unos niveles u otros de presión, de modo que serían necesarias prendas de compresión específicas, más aún si cabe, debido a la individualidad de los perímetros del deportista.

Las estructuras próximas a la superficie de la piel se comprimen más que los vasos profundos. Esto se debe a que la fuerza compresiva se disipa parcialmente en parte por compresión de los tejidos circundantes. La presión externa puede ser transmitida a los tejidos profundos hasta 3 cm por debajo de la piel (Thorsson, Hemdal, Lilja, y Westlin, 1987), y la reducción en la producción de fuerza es mayor en la zona superficial y en la porción distal de los músculos comprimidos (Mohler, Pedowitz, Lopez, y Gershuni, 1999). Por ello, una excesiva presión ejercida sobre la extremidad por la prenda de compresión puede restringir la perfusión (Maton, Thiney, Dang et al., 2006; Ogata y Whiteside, 1982). Los resultados de Thorsson et al. (1987) mostraron que, como se ha señalado anteriormente, una presión mayor que la presión arterial diastólica (80 mmHg) es causa del cese del flujo sanguíneo intramuscular y una moderada compresión (40 ± 5 mmHg) puede reducir el flujo sanguíneo hasta el 50%. La fuerza mecánica generada por una desproporcionada presión y el consecuente aumento de la IMP e isquemia asociada podrían generar problemas circulatorios, fatiga (central o periférico) y/o daño isquémico, como por ejemplo, necrosis y síndrome compartimental (Maton, Thiney, Dang et al., 2006; Ogata y Whiteside, 1982; Prentice, 2001; Sangeorzan, Harrington, Wyss, Czerniecki, y Matsen, 1989). Es más, una presión demasiado alta (>125 mmHg) también puede causar un déficit muscular funcional debido al efecto torniquete. En algunos casos se han detectado complicaciones isquémicas cuando los individuos con insuficiencias arteriales llevaban prendas de compresión (Bergan y Sparks, 2000). Estas consideraciones son especialmente importantes en los deportistas, pues las presiones ejercidas por las prendas de compresión pueden alterarse aún más durante las contracciones musculares y la flexión de las articulaciones (Perrey, 2008).

La presión de la prenda de compresión es mayor en el lado anterior de la extremidad, que la zona medial o lateral (Liu et al., 2005), confirmado posteriormente (Maton, Thiney, Dang, et al., 2006), debido a que la curvatura de la pierna es más acentuada en la parte tibial que en la posterior (ley de Laplace). De ahí que la influencia de las prendas de compresión en cuanto a dinámica venosa, y recuperación de la fuerza y fatiga muscular sea mayor en el lado anterior de la pierna. Además, el estudio de Sigel et al., (1975), en el que se utilizaron diferentes prendas con diferentes presiones, confirma que hay una gran variabilidad incluso entre las extremidades (debido a su específica morfología), lo que influye en la presión ejercida, aunque la prenda sea desarrollada específicamente para un individuo. De ahí la necesidad de la especificidad de la prenda para cada individuo. De todos modos, las presiones de las prendas no son suficientes para causar fatiga (Maton, Thiney, Dang, et al., 2006).

Se ha señalado que muchas de las prendas de compresión graduada no producen la presión definida por los fabricantes (Liu et al., 2005). Interesantemente, en algunos casos las presiones de la pantorrilla eran únicamente entre un 12-7% inferior a la presión del tobillo ($\sim 22,6-31,1$ y $33,2-43,3$ mmHg), de modo que el gradiente no era como se suponía. También se ha señalado que sólo el 2% de las prendas de compresión utilizadas en sus investigaciones cumplían con las recomendaciones de presión, y más de la mitad causó un efecto torniquete (Best et al., 2000) y que la mayoría de las prendas de compresión analizadas ejercían presiones más bajas que las sugeridas y que, alguna prenda incluso aplicaba un gradiente inverso (Morris y Woodcock, 2004). Estos hallazgos pueden ser alguna de las razones por las que los resultados varían mucho entre los estudios. Un gradiente inverso significa que se ejerce una presión más alta en la porción proximal respecto a la distal. El efecto negativo o torniquete que esto puede generar es que, por ejemplo, un gradiente de presión inversa podría impedir la

circulación normal de la sangre por la vena safena superficial que se encuentra en el lado medial de la extremidad inferior (Liu et al., 2005).

viii) Importancia del ajuste de las prendas de compresión

Teniendo en cuenta que multitud de complejos factores interrelacionados contribuyen al rendimiento deportivo, se deduce que los diferentes tipos de prendas de compresión deben ser específicas para cada individuo por las diversas necesidades fisiológicas del deporte y el ambiente en el que se practica. El hecho de que cada miembro humano necesite un ajuste dinámico y estático específico, y las diferencias entre la definición de tallas entre los países, hace que sea difícil tener una tabla de tallas estándar, pues los tamaños varían en función del país. Así pues, una correcta elección de la prenda es importante si se quiere lograr un efecto beneficioso en circunstancias específicas.

Para garantizar su efectividad es esencial que se ajusten perfectamente a la región corporal a aplicar (Kraemer et al., 1996) y se adapten a la posición biomecánica de la actividad a realizar con ella (Laing y Sleivert, 2002). Estos autores afirmaron que el ajuste preciso de las prendas deportivas, no sólo las prendas de compresión, es esencial para que cumplan apropiadamente su función, y que, de no ser así, puede provocar una disminución del rendimiento, incrementar el riesgo de lesión (incluso por fricción), reducir el ROM o causar malestar. De hecho, se ha señalado que utilizar prendas de compresión de talla más pequeña de la requerida y adoptar posturas en bipedestación implica presiones más elevadas que utilizar prendas de compresión de tallas más grandes y adoptar una posición sentada (Brophy-Williams, Driller et al., 2015). Aun así, se han mostrado efectos similares llevando prendas de compresión más pequeñas que las recomendadas por el fabricante y llevando otras de la talla requerida y recomendada, aunque la presión ejercida era mayor en la talla más pequeña que la requerida (Dascombe, Hoare, Sear, Reaburn, y Scanlan, 2011). También parece que una elevada o extrema compresión puede aumentar la incomodidad, a pesar de los resultados positivos debido al bloqueo mecánico del edema (Ali et al., 2010; Kraemer et al., 1996; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Millet, Perrey, Divert, y Foissac, 2006).

Un apropiado ajuste, sin costuras problemáticas o excesivamente restrictivas, y la sensación generada por el material son importantes mediadores de su eficacia, especialmente si se usan durante periodos temporales prolongados. Una compresión suficiente para la región sobre la que se aplicará y una adecuada construcción posibilita un óptimo contacto con la piel, vital para la propiocepción (Kraemer et al., 2010). El movimiento de estas prendas es mínimo y se mantienen en contacto con la piel evitando burbujas de aire que impidan un adecuado contacto con la piel, alterando, por tanto, la estimulación de los receptores cutáneos (Kraemer et al., 2010).

Se ha demostrado que llevar varias capas de ropa aumenta el gasto energético en un 1,2% por kg de peso adicional (Laing y Sleivert, 2002). Aunque en actividades de carrera podría influir en la economía de carrera debido al efecto del peso y su relación con la fuerza de gravedad, parece poco probable que el peso de una prenda de compresión afecte a la economía de carrera negativamente.

Las prendas de compresión excesivamente ajustadas son muy difíciles de manejar y/o poner, y algunos sujetos se sienten incómodos, especialmente personas de edad avanzada con obesidad o artritis (Choucair y Phillips, 1998; Gniadecka et al., 1998; S.

R. Harris et al., 2001). Otros autores han mostrado que las prendas de compresión para toda la extremidad inferior son difíciles de usar, a pesar de que reduzcan significativamente la estasis venosa. Es difícil colocarse una de ellas, se puede deslizar hacia abajo y puede no comprimir adecuadamente el muslo (Choucair y Phillips, 1998; Felty y Rooke, 2005; Morris y Woodcock, 2004). De ahí que algunos investigadores afirmen que las prendas hasta la rodilla son más asequibles, cómodas de usar y se generan menos arrugas (Agu et al., 1999; Benkö et al., 2001). Por ello, se han desarrollado diferentes elementos para ayudar en la colocación de las prendas de compresión, incluyendo guantes de goma, polvos, cremas, mangas de seda y marcos que guían las prendas sobre la extremidad (Choucair y Phillips, 1998).

Las prendas de compresión pueden perder su elasticidad con el paso del tiempo y los sucesivos lavados, de modo que es recomendable reemplazarlas cada seis meses, tres veces al año en caso de ser utilizadas diariamente, o tan pronto como pierdan su elasticidad (Bergan y Sparks, 2000; Brennan y Miller, 1998; Choucair y Phillips, 1998; Felty y Rooke, 2005; Harris et al., 2001; Van den Kerckhove et al., 2005). Esto asegurará una eficiente compresión. Una colocación sencilla y fácil es indicador de una pérdida la funcionalidad y será, por tanto, ineficaz (Felty y Rooke, 2005). Igualmente, cambios drásticos en la masa corporal también influirán en el ajuste de la propia prenda de compresión (Felty y Rooke, 2005). Otros posibles problemas identificados por el uso a largo plazo y asociados a la isquemia es que las presiones por encima de 40 mmHg podrían causar una sensación de ardor, hormigueo o sensación de adormecimiento (parestesia). Además, la integridad de la piel necesitaría ser revisada periódicamente, pues la prenda podría macerar o irritar la piel, causando erupciones cutáneas (Brennan y Miller, 1998; Van den Kerckhove et al., 2005).

En definitiva, dependiendo del tipo, la presión y su capacidad de ajuste, cada prenda de compresión tendrá diferentes efectos fisiológicos y psicológicos (MacRae et al., 2016). Es más, la forma, el nivel de entrenamiento del usuario y el tipo de deporte determinan el tipo de prenda de compresión requerida. Por ello, el ajuste apropiado de las prendas de compresión es vital para aprovechar sus beneficios y minimizar los posibles riesgos.

5.1.2. Mecanismos fisiológicos asociados

Todavía no se conocen completamente los mecanismos precisos de acción provocados por la compresión (Agu, Baker, y Seifalian, 2004; Liu et al., 2005). Parece influir, mediante la creación de un gradiente de presión externo, que junto a la acción del músculo esquelético y los gradientes de presión locales, atenúa el edema (Kraemer, French y Spiering, 2004). En última instancia, su funcionamiento se basa en un aumento del mecanismo de bombeo muscular, creando gradientes de presión ideales para facilitar mecánicamente un retorno sanguíneo venoso al corazón, así como un mejor soporte físico y/o mecánico de la extremidad o región corporal en cuestión.

i) Aumento de la función de la bomba muscular

El mecanismo de bombeo muscular es la manera en la cual la energía cinética, desarrollada a través de contracciones dinámicas musculares, se transforma en una mejora del flujo sanguíneo (Bringard, Denis, Belluye, y Perrey, 2007; Sheriff, 2005). Cuando el músculo se contrae, comprime las venas, empuja la sangre hacia adelante y

se vacían los compartimentos venosos. Tras la relajación, los vasos se abren y la presión transmural de las venas superficiales y profundas desciende, aumentando así el gradiente de presión arteriovenosa y mejorando el flujo sanguíneo venoso y la perfusión muscular. Es decir, el aumento del retorno venoso mejora indirectamente la perfusión muscular mediante el suministro de más sangre a los músculos activos y directamente mediante el aumento de la perfusión muscular por la presión negativa. En tanto que se reduce la presión venosa la bomba muscular aumenta el flujo de sangre. A partir de ahí, el flujo arterial reemplaza la sangre expulsada y la presión venosa se equilibra de nuevo. Las contracciones musculares dinámicas, por tanto, provocan alternancias entre bajas y altas presiones (Folkow, Gaskell, y Waaler, 1970; Sheriff, 2005; Wood, 1959).

La velocidad de flujo venoso depende de la anchura del área transversal venosa, en tanto que dicha área se basa en la presión venosa transmural. La presión transmural es la diferencia entre la presión interna venosa que mantiene las venas distendidas, y la presión del tejido externo (~3 mmHg en la pierna) (Fig. 8). En consecuencia, el diámetro del lumen venoso se reduce por el incremento de la presión del tejido externo y la reducción de la presión interna venosa, lo que provoca una reducción de la presión transmural. Esta reducción en la presión transmural aumenta el flujo de sangre venosa (Litter, 1952) y previene la formación de edema (Wood, 1959). Aun así, las presiones superiores a 30 mmHg no dan como resultado un incremento de la velocidad sanguínea en las venas grandes o de la microcirculación, ya que a esta presión los vasos sanguíneos se vacían al máximo y el volumen venoso no se puede reducir más (Parsch, Menzinger, y Mostbeck, 1999).

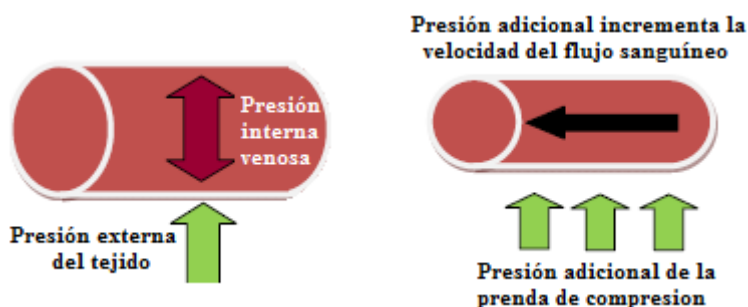


Figura 8. Incremento de la velocidad del flujo venoso por la presión externa. Adaptado de Litter (1952).

Las prendas de compresión aumentan la función cardiovascular gracias a la “imitación” o incremento de las acciones de la bomba muscular (Bergan y Sparks, 2000; Choucair y Phillips, 1998; Morris y Woodcock, 2004; O’Donnell et al., 1979). Litter (1952) señaló que la aplicación de una compresión externa baja (10-15 mmHg) en diferentes pacientes puede aumentar el flujo sanguíneo un 500% (0,5 cm/s a 2,5 cm/s) mediante la reducción del sistema venoso superficial y profundo de 2,63 cm² a 0,53 cm². Posteriormente, Sigel et al., (1975) encontraron en individuos sanos no deportistas que un gradiente de presión de 18-8 mmHg desde el tobillo hasta la pantorrilla incrementó la velocidad del flujo sanguíneo de la vena femoral un 138%. Años más tarde Lawrence y Kakkar (1980) confirmaron estos hallazgos y mostraron un aumento del 53% en el flujo medio sanguíneo venoso profundo gracias a la compresión aplicada bajo la rodilla y del 84% cuando se aplicó compresión a todo el miembro. Parece que la compresión bajo la rodilla muestra una variación más grande en la presión y contribuye en mayor medida a la velocidad del flujo sanguíneo femoral (Perrey et al., 2008).

El primer estudio en investigar la influencia de las prendas de compresión en la IMP en reposo y en actividades con contracciones dinámicas en individuos sanos fue realizado por Maton, Thiney, Ouchene, Flaud y Barthelemy (2006). Nueve participantes llevaron una media de compresión (15-20 mmHg; Varisma[®] Innothera, Nomexy, Francia) en la pierna derecha, mientras que la pierna izquierda fue la de control. Los resultados mostraron que la IMP en reposo osciló entre 12,3 a 26,6 mmHg en la pierna. Cuando se aplicó la compresión externa, la IMP aumentó significativamente en un 52%, 46% y 79% en el tibial anterior, en los compartimentos posteriores superficiales y en los compartimentos posteriores profundos respectivamente ($p < 0,001$). Este aumento de la IMP se acompañó de la correspondiente reducción de la amplitud EMG del 44%, 18% y 47% en el tibial anterior, en el sóleo y en el gastrocnemio respectivamente ($p < 0,001$). Además, durante los movimientos de flexión dorsal del tobillo las amplitudes de la EMG mostraron una relación lineal con los valores de la IMP en todos los músculos analizados, pero fue más pronunciada en el tibial anterior y el compartimento del tibial anterior. Cuando se aplicó la compresión, esta relación lineal entre la IMP y las amplitudes EMG se modificó, apareciendo valores más pronunciados en la IMP. Otro hallazgo fue que usando la prenda de compresión, la activación del tibial anterior aumentó la IMP 12 milisegundos más rápido que la pierna de control. Estos resultados sugieren que la compresión externa aplicada a los músculos en reposo aumenta la IMP en todos los compartimentos musculares y que no influye en la relajación del músculo durante el reposo. Además, durante la flexión dorsal voluntaria del tobillo hay un aumento de la IMP del tibial anterior que provocaría la desviación de la sangre de los vasos superficiales y profundos de regreso al corazón durante las contracciones dinámicas. En otras palabras, la prenda de compresión aumenta la función de la bomba muscular natural de los músculos activos.

No está claro si la acción de la bomba muscular tiene influencia en el flujo arterial. Las arterias se ajustan a la presión y las variaciones del flujo sanguíneo a través de la dilatación y constricción (Ku, 1997). Los hallazgos de Bochmann et al. (2005) mostraron un mayor flujo arterial en el antebrazo durante ejercicios de agarre con mangas de compresión (de $3,7 \pm 0,9$ a $8,8 \pm 2,0$ mL/min.100 ml/tejido). Sugirieron que la compresión externa aumenta la presión del tejido, provocando una caída de la presión transmural. Ello desencadena una respuesta miogénica haciendo que las arterias se relajen y se dilaten, aumentando así el flujo arterial. Bochmann et al. (2005) establecieron que 20 mmHg es la presión óptima para aumentar el flujo de sangre al máximo en el antebrazo durante el ejercicio y en reposo.

ii) Fisiología y presión venosa durante las contracciones dinámicas

A medida que cualquier persona separa su talón del suelo, el gastrocnemio y el sóleo se contraen y reducen temporalmente el flujo sanguíneo intramuscular e intermuscular debido a la compresión de las fibras musculares y venas. En el tobillo, la compresión de las venas aumenta la presión venosa alrededor de 10 mmHg. La sangre pasa de las venas superficiales a través de las venas perforantes hasta las venas profundas, en las que la sangre entra a presión. Esta entrada es la que hace que se incremente la velocidad de la sangre en las venas profundas en dirección al corazón. Al mismo tiempo, la contracción muscular vacía los compartimentos venosos y la presión venosa se reduce, aproximadamente, a 52 mmHg en el tobillo. Esta reducción en la presión venosa hace que la sangre pase de las arterias a los compartimentos venosos, gracias también a las

válvulas venosas que evitan que la sangre fluya hacia atrás y caiga hacia extremidades inferiores. Durante la fase de balanceo el talón se eleva y los músculos de la pantorrilla se relajan. Posteriormente se contraen los músculos del muslo, desviando la sangre todavía más hacia el corazón. Cuando los músculos de la pantorrilla se relajan las venas intramusculares se dilatan, lo que se asocia con un breve reflujo, forzando a las válvulas venosas proximales a cerrarse para evitar que la sangre fluya hacia atrás. Esta presión negativa en las venas aumenta el gradiente de presión y, por lo tanto, el flujo de sangre. A través de estas contracciones dinámicas existen cambios cíclicos en la presión, ya que en cuanto el pie toca el suelo de nuevo, el músculo de la pantorrilla se contrae y la presión venosa se incrementa de nuevo (Bringard et al., 2007; Folkow et al., 1970; Pollack y Wood, 1949).

Pollack y Wood (1949) determinaron que la presión venosa del tobillo en posición vertical es de 87 mmHg, aproximadamente, y Liu et al. (2005) mostraron que las presiones venosas en bipedestación oscilan entre 80-87 mmHg. Murthy, Ballard, Breit, Watenpaugh y Hargens (1994) indicaron que las presiones intramusculares en bipedestación en el sóleo y el tibial anterior son de 37 mmHg y 35 mmHg, respectivamente, encontrando valores más bajos (8 y 11 mmHg) en posición supina. Esta elevada presión en bipedestación se debe a las fuerzas de gravedad que actúan sobre el sistema venoso. Al caminar y correr la IMP en el sóleo aumenta en entre 311% y 511% (152 y 226 mmHg, respectivamente), y entre 140% y 314% (84 y 145 mmHg, respectivamente) en el tibial anterior (Murthy et al., 1994).

Styf (1995) también mostró presiones intramusculares similares durante ejercicios en posición supina. Durante las contracciones musculares la presión varía entre 100-250 mmHg (en función de la fuerza muscular producida), y entre 10-25 mmHg entre contracciones e inmediatamente después del ejercicio. La IMP en las extremidades inferiores regresó a los valores pre ejercicio (5-15 mmHg) entre 5 y 10 min. post-ejercicio. Al mismo tiempo, una persona experimenta un cambio de presión medio de 75-100 mmHg en el tobillo y 60-80 mmHg en la rodilla cuando se cambia de posición decúbiteo a bipedestación (Lord y Hamilton, 2004).

Cuando la persona se mantiene en una posición inmóvil, como en los viajes por ejemplo, la bomba muscular de la pantorrilla es ineficaz para superar los cambios de presión y puede aparecer una trombosis venosa profunda. A largo plazo, el efecto de la dilatación venosa es un aumento de la elasticidad que deriva en insuficiencias venosas crónicas (Bringard et al., 2007). La aplicación de presión externa contribuiría a aumentar el rango normal de presión en el sistema venoso (Parsch, 2003b) y, por tanto, las prendas de compresión se han recomendado como un tratamiento conservador no quirúrgico para insuficiencias venosas periféricas (Agu et al., 2004).

iii) Soporte físico del músculo

La presión física ejercida por las prendas de compresión también proporciona soporte estructural al músculo implicado y las articulaciones, manteniendo así la estructura y función muscular (Kraemer et al., 2001a), reduciendo la oscilación muscular (Bringard, Perrey, y Belluye, 2006; Doan et al., 2003; Kraemer, Bush, Newton, et al., 1998), limitando la formación de edema (French et al., 2008) y mejorando la regeneración muscular (Kraemer et al., 2001a). De ahí que se haya sugerido que este soporte

mecánico del músculo es responsable o, al menos, contribuye a un mejor rendimiento y recuperación.

Las propiedades físicas de las prendas de compresión podrían ayudar a la restricción del espacio disponible para la acumulación de los fluidos e inflamación, disminuyendo, por tanto, el EIMD (Friden et al., 1986; Jakeman et al., 2010b). La alteración del sarcómero como resultado del ejercicio contribuye a la disfunción contráctil en el proceso de excitación-contracción (Proske y Morgan, 2001). La ayuda externa de las prendas de compresión contribuye a la alineación de las fibras musculares y mitiga la respuesta inflamatoria (Kraemer et al., 2001a; Kraemer et al., 2010). Así pues, el soporte físico reduciría la magnitud del EIMD, aceleraría la recuperación y disminuiría el tiempo de recuperación tras una lesión (Borràs et al., 2011; Jakeman et al., 2010a; Kraemer et al., 2010), pudiendo incluso contribuir en la prevención de lesiones al disminuir los daños estructurales musculares tras el impacto (Kraemer et al., 1996, 2010).

Otras investigaciones sugieren que el soporte físico proporcionado por las prendas de compresión podría mejorar la propiocepción (Borràs et al., 2011; Doan et al., 2003; Kraemer et al., 1996; Kraemer, Bush, Newton, et al., 1998; Kraemer, Bush, Triplett-McBride et al., 1998). La propiocepción es un complejo sistema fisiológico que implica gran variedad de vías neurales desde los receptores de la piel, articulaciones, músculos y ligamentos hacia el cerebro. La mejora de la propiocepción implicaría mejorar el rendimiento y la recuperación de un deportista al permitir que éste pueda tener una mejor percepción espacial del movimiento y la posición de su articulación o extremidad a pesar de la fatiga y el EIMD (Doan et al., 2003; Kraemer et al., 1996; Kraemer, Bush, Newton et al., 1998; Kraemer, Bush, Triplett-McBride et al., 1998). El EIMD se asocia con la pérdida de la función muscular, que puede estar vinculada a trastornos en la función neural (Michaut, Pousson, Babault, y Van Hoecke, 2002). Además, se sabe que la información de los receptores cutáneos puede alterar el control motor y cambiar las órdenes de reclutamiento de las unidades motoras musculares y que las prendas de compresión pueden influir en el nivel de la excitación muscular a través de la presión aplicada en la piel (Kraemer et al., 1996). Por lo tanto, la terapia compresiva sería beneficiosa especialmente en situaciones en las que la fatiga afecte a la propiocepción. De todos modos, también hay estudios que señalan la escasa influencia de las prendas de compresión en el equilibrio y la activación muscular medida con electromiografía cuando el músculo está fatigado (Cavanaugh, Quigley, Hodgson, Reid, y Behm, 2016).

Se ha demostrado que las prendas de compresión reducen la oscilación muscular durante el impacto posterior al salto (Kraemer, Bush, Triplett-McBride et al., 1998) y atenúan las fuerzas de impacto (Doan et al., 2003; Lucas-Cuevas et al., 2015). Las oscilaciones musculares en el aterrizaje del salto se pueden reducir 0,32 cm en el eje longitudinal y 0,40 cm en el eje antero-posterior. Esta reducción puede mejorar la neurotransmisión, y probablemente facilitar una correcta biomecánica, contribuyendo a la reducción de la fatiga. Probablemente, ya que todavía no se ha demostrado un cambio en la biomecánica durante movimientos repetidos en la extremidad inferior al utilizar prendas de compresión (debido a la poca sensibilidad de los métodos de evaluación) (Gupta, Bryers, y Clothier, 2015).

iv) Respuesta térmica

Dado que pequeñas variaciones en la temperatura corporal (1-2%) pueden afectar al rendimiento (Laing y Sleivert, 2002), el material deportivo se desarrolla para mantener el equilibrio térmico, debido al contraste entre el cuerpo y el entorno, pero aun así puede alterar la termorregulación. El equilibrio térmico humano está influenciado por el trabajo físico realizado, el calor acumulado, la producción de calor metabólico, la evaporación, la conducción, la convección y la radiación, siendo los últimos cinco factores susceptibles de ser modificados por la ropa (Laing y Sleivert, 2002).

Para disipar el calor corporal, la evaporación es el método fundamental y está regulado por los termorreceptores. El calor corporal se transporta del núcleo a la piel y luego se dispersa a través de sudor (Laing y Sleivert, 2002). La evaporación y la disipación de calor a través de la ropa dependen de las propiedades físicas de la prenda, su diseño y ajuste a la región corporal, el movimiento y actividad corporal, y las propiedades del aire (velocidad, temperatura y humedad). Algunas prendas pueden añadir peso y restringir el movimiento, provocando un aumento del calor metabólico. Igualmente, puede reducir la evaporación de sudor mediante el aumento en la saturación de la capa próxima a la piel, conocido como microclima. Es decir, las prendas de compresión pueden aumentar la acumulación de calor, reduciendo la convección y la pérdida de calor por evaporación (Laing y Sleivert, 2002).

Aunque el equilibrio térmico puede prevenir y/o limitar la fatiga (Millet et al., 2006), el ejercicio físico intenso puede causar un aumento de la temperatura central por encima de los 38°C (hipertermia), el cual puede inducir fatiga central, alterando la actividad del área pre-frontal cerebral (Nybo y Nielsen, 2001). Además, si el ejercicio se realiza en ambientes calurosos o húmedos puede haber un aumento todavía mayor de la temperatura corporal. Concretamente, el aumento de la temperatura central, usualmente asociada a una reducción en la tasa de sudoración, se asocia con un aumento en la fatiga y descensos de rendimiento (McGregor, Nicholas, Lakomy, y Williams, 1999; Millet et al., 2006).

Doan et al. (2003) mostraron que la temperatura cutánea es significativamente mayor ($p=0,003$) durante el ejercicio con musleras de compresión (1,09° C) en comparación al grupo control (0,07° C). Este aumento podría indicar un mayor flujo sanguíneo y temperatura muscular. Journeay, Reardon, Jean-Gilles, Martin y Kenny (2004) mostraron un descenso de la temperatura central posterior al incremento del flujo sanguíneo cutáneo cuando se aplicó una terapia compresiva, sugiriendo que durante la recuperación post-ejercicio las prendas de compresión pueden alterar la transferencia de calor desde el núcleo corporal al ambiente.

Houghton, Dawson y Maloney (2009) no encontraron beneficios en la termorregulación usando prendas de compresión ajustadas bajo la ropa deportiva cotidiana. Su hipótesis inicial era que las prendas de compresión incrementarían el calor durante un partido de hockey y, por lo tanto, que podrían influir negativamente en la termorregulación. Aunque la temperatura cutánea fue de aproximadamente 1 °C más alta ($p=0,03$) y la tasa de sudoración fue ligeramente mayor ($p=0,06$) en el grupo con las prendas de compresión, no hubo diferencias en cuanto a las respuestas fisiológicas o perceptivas. Esto pone de manifiesto que las prendas utilizadas no influyeron en el rendimiento ni en la fatiga. Houghton et al. (2009) sugirieron que el aumento de la temperatura cutánea y

la mayor tasa de sudoración podrían deberse al aumento del flujo sanguíneo hacia la piel o la reducción de la evaporación del sudor. Esta investigación mostró que las prendas de compresión no ayudan en el proceso de refrigeración, pero que tampoco causan deshidratación o afectan el rendimiento cuando se lleva bajo la ropa deportiva.

Estos estudios se realizaron en ambientes neutros, de modo que, probablemente, el aumento de la temperatura de la piel no tenga ningún efecto perjudicial en otras funciones fisiológicas. Sin embargo, es posible que durante los ejercicios prolongados las prendas de compresión pueden ser perjudiciales para el rendimiento obtenido por los atletas si el aumento de la temperatura provoca una significativa tensión fisiológica (Duffield y Portus, 2007). Recientemente se ha demostrado que utilizar camisetas de compresión para disipar el calor al realizar ejercicios en ambientes cálidos (40° C) no tiene beneficios termorreguladores durante el ejercicio y puede alterar las respuestas cardiorespiratorias durante la recuperación activa (Leoz-Abaurrea, Tam, y Aguado-Jiménez, 2016). Tampoco en personas mayores (66±2 años) se han encontrado beneficios termorreguladores durante la realización de ejercicio moderado, sino que puede haber aumentos de estrés termorregulador (Leoz-Abaurrea, Izquierdo, González-Izal, y Aguado-Jiménez, 2017).

En cualquier caso, el posible aumento de la tensión fisiológica puede ser compensado por unos elevados niveles de aptitud aeróbica. La condición aeróbica permite que los atletas de resistencia se aclimaten al calor de un modo más rápido por factores asociados al entrenamiento, como la hipervolemia, menor temperatura central en reposo y un incremento de la tolerancia a la alta temperatura central. Además, las reducciones de grasa corporal encontradas en atletas de resistencia mejoran la disipación del calor y su tolerancia (Laing y Sleivert, 2002). Hausswirth y Lehénaff (2001) sugirieron que las sensaciones térmicas pueden influir en la economía de carrera. Posteriormente, Bringard et al., (2006) encontraron una mejor economía de carrera sin cambios en la temperatura en corredores que utilizaron prendas de compresión. Sin embargo, parece que llevar camisetas de compresión para disipar el calor en ambientes neutros puede no mejorar el rendimiento en atletas recreacionales masculinos durante pruebas hasta el agotamiento (Leoz-Abaurrea, Santos-Concejero, Grobler, Engelbrecht, y Aguado-Jiménez, 2016).

Por tanto, nuevos estudios son necesarios para conocer la respuesta térmica de los deportistas y los mecanismos subyacentes cuando se utilizan prendas de compresión durante el ejercicio y la recuperación, así como su posible influencia en el rendimiento.

5.1.3. El efecto placebo

El efecto placebo se produce cuando hay unos resultados positivos por la creencia de que se ha recibido un tratamiento beneficioso (Clark, Hopkins, Hawley, y Burke, 2000), siendo un refuerzo de la expectativa de un individuo sobre una intervención esperada (Beedie y Foad, 2009). La explicación fisiológica de este fenómeno sería la estimulación de la corteza orbitofrontal media, dando como resultado la mejoría del cuadro sintomático por esa esperada mejoría (McClure et al., 2004; Plassmann, O'Doherty, Shiv, y Rangel, 2008; Rolls, Grabenhorst, Margot, da Silva, y Velazco, 2008). La interacción de variables fisiológicas y psicológicas, como la motivación o las expectativas, pueden ser importantes factores en la obtención de resultados positivos y negativos (Beedie y Foad, 2009). Así pues, la creencia del individuo en la intervención

puede aumentar la motivación, y probablemente una mayor atención que la esperada al proceso de entrenamiento y la recuperación.

Los efectos psicológicos de usar prendas de compresión pueden, por tanto, ayudar a los deportistas. Dado que su uso está cada vez más extendido, la investigación debería incluir mediciones perceptivas de los participantes, monitorizando factores como el RPE, el cual puede ayudar a dilucidar si hay efecto placebo en lugar de una verdadera mejoría en el rendimiento o la recuperación.

Determinar la contribución del efecto placebo al rendimiento y la recuperación es complicado, sobre todo cuando los participantes han llevado previamente prendas de compresión y poseen experiencias anteriores. Aunque Chatard et al. (2004) encontraron algunos beneficios en el rendimiento, hay que señalar que el 83% de los participantes señalaron que las prendas podrían haber modificado su rendimiento en una segunda ocasión. La contribución del efecto placebo en este caso no se puede corroborar, pues no se incluyó un grupo placebo para su comparación. Duffield, Cannon y King (2010) encontraron que, a pesar de no haber resultados que confirmaran un mejor rendimiento o recuperación, las puntuaciones del dolor muscular percibido fueron menores cuando se llevaron prendas de compresión respecto a cuando no se llevan. Consecuentemente, si bien los resultados examinados no muestran mejoría, en esta situación puede apreciarse el efecto placebo en términos de percepción de la recuperación. En la investigación realizada por Ali et al. (2010) los participantes indicaron que las prendas de compresión de baja graduación eran más cómodas que las prendas de compresión alta graduación, e incluso algunos participantes experimentaron malestar con el uso de prendas de alta graduación. Igualmente, en el estudio de Ali, Creasy y Edge (2011), el grupo con prendas de baja graduación y el grupo control asignaron puntuaciones de mayor comodidad que el grupo de las prendas de compresión de alta y media graduación. Sin embargo, los valores de esfuerzo percibido para cada condición no se alteraron a pesar de la manifiesta incomodidad. En otros estudios (de Glanville y Hamlin, 2012; Higgins, Naughton, y Burgess, 2009) los participantes eran sujetos altamente entrenados, y probablemente habían usado prendas de compresión, de modo que fueron capaces de diferenciar entre la prenda de compresión y la prenda placebo, lo que pudo afectar a que los resultados fueran mejores en aquellos sujetos que llevaron la prenda de compresión “real”. Además, es probable que tuvieran ciertas expectativas de mejora del proceso de recuperación y, por consiguiente, del rendimiento posterior.

Aunque algunos de los aspectos de los estudios señalan que los participantes creen que las prendas de compresión están teniendo un efecto positivo, hay poca evidencia para confirmar esto. En el estudio de Brophy-Williams (2015) los resultados fueron analizados en dos grupos, en función de si el participante creía que la prenda de compresión la ayudaría (sensaciones positivas) o no (sensaciones negativas). Los resultados de ese análisis muestra que, al finalizar el periodo de recuperación, el dolor muscular y la fatiga percibida fueron menores en el grupo experimental respecto al control, pero que los resultados de las pruebas de rendimiento fueron similares, independientemente de si fueron asignados al grupo de sensaciones positivas o negativas.

Es imposible descartar que el efecto placebo pueda influir en la eficacia de las prendas de compresión en la recuperación tras el ejercicio. El problema radica en que es muy complicado realizados ensayos ciegos debido a la naturaleza de las prendas de

compresión (MacRae et al., 2011). Wallace, Slattery y Coutts (2006) afirmaron que, aunque haya ocasiones en las que el uso de la compresión no mejore el rendimiento, apenas hay efectos negativos. Por lo tanto, el uso de las prendas desde el punto de vista psicológico nunca puede ser perjudicial.

5.2. ¿Son eficaces las prendas de compresión para la recuperación del EIMD? Una revisión sistemática con metaanálisis.

5.2.1. Introducción

Dentro de las múltiples intervenciones para la mejora del rendimiento, el uso de las prendas de compresión en la recuperación está siendo extensivamente utilizado por los deportistas. En un primer momento, éstas fueron utilizadas por la industria médica para pacientes con problemas vasculares, pero su uso se ha vuelto más y más popular en los deportistas (Duffield y Portus, 2007). Aun así, todavía hay resultados contradictorios en la literatura acerca de los potenciales beneficios de las prendas de compresión en la recuperación de diferentes parámetros fisiológicos y el posterior rendimiento.

Las prendas de compresión elásticas comprimen externamente el cuerpo a través de la presión aplicada a la piel y la musculatura, la cual depende de las propiedades mecánicas de la prenda, y son establecidas por el fabricante (MacRae et al., 2011). Todavía no se han estudiado sistemáticamente los gradientes de presión más eficaces, lo cual no es sorprendente teniendo en cuenta los modestos efectos de las prendas de compresión durante o después del ejercicio (MacRae et al., 2011). Parece que los individuos sanos no requieren altas presiones (30-40 mmHg) durante la recuperación (Bringard et al., 2006), pero recientemente una revisión ha señalado que no existe relación entre las presiones aplicadas y los efectos en el rendimiento y la recuperación (Beliard et al., 2015). Quizás la relación presión-flujo venoso pueda explicar algunas de las inconsistencias de los resultados publicados, ya que en muchos estudios los valores de presión no fueron medidos o fueron demasiado bajos (de Glanville y Hamlin, 2012). La atención prestada en la literatura científica a las propiedades mecánicas y físicas de las prendas de compresión aún es insuficiente (Troynikov et al., 2010), aunque la medición de la presión ejercida se ha vuelto más común en las investigaciones deportivas (Ali et al., 2010; Trenell et al., 2006).

La creciente popularidad de las prendas de compresión en los diferentes deportes es debido, probablemente, a su ayuda en la mejora del rendimiento (Bringard et al., 2006; Doan et al., 2003) y la recuperación (Gill et al., 2006; Kraemer et al., 2010). Como resultado de los diferentes hallazgos, los fabricantes de estas prendas han señalado que mejoran la recuperación, aumentan la potencia muscular y mejoran, por tanto, el rendimiento deportivo (Wallace et al., 2006). De todos modos, los efectos del uso de las prendas de compresión en diferentes parámetros fisiológicos y de rendimiento físico durante la recuperación todavía muestran resultados contradictorios (de Glanville y Hamlin, 2012).

Parece que las prendas de compresión graduadas reducen la oscilación muscular (Doan et al., 2003), atenúan las fuerzas de impacto (Doan et al., 2003; Lucas-Cuevas et al., 2015), aumentan el flujo sanguíneo y su velocidad, mejoran la circulación periférica y el retorno venoso (Agu et al., 2004; Davies, Thompson, y Cooper, 2009; Lawrence y Kakkar, 1980; O'Donnell et al., 1979; Ramelet, 2002; Sigel et al., 1975; Starkey, 2013), aumentan la perfusión arterial (Bochmann et al., 2005) y reducen el espacio disponible para la inflamación (Davies et al., 2009).

También pueden mejorar la recuperación, actuando sobre los marcadores de EIMD, evitando la reducción temporal de la fuerza muscular, la disminución del ratio de aplicación de la fuerza rápida o el ROM (Byrne et al., 2004; Cleak y Eston, 1992; Tee, Bosch, y Lambert, 2007). Además, pueden disminuir el DOMS (Ali et al., 2007; Jakeman et al., 2010a; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Kraemer et al., 2010) y aumentar el aclaramiento de $[La^-]$ (Chatard et al., 2004) y CK (Duffield y Portus, 2007; Gill et al., 2006) post-ejercicio.

Por el contrario, otros estudios no han encontrado efectos beneficiosos en el rendimiento de velocidad o explosivo durante la recuperación (Carling, Francis, y Lorish, 1995; French et al., 2008; Kraemer et al., 2010), en ROM (French et al., 2008; Kraemer et al., 2001a, 2001b), DOMS (Carling et al., 1995; Davies et al., 2009; French et al., 2008; Trenell et al., 2006), o el aclaramiento de $[La^-]$ (Duffield y Portus, 2007) y CK (Davies et al., 2009; French et al., 2008; Jakeman et al., 2010a).

Los beneficios de las prendas de compresión en los indicadores de la recuperación del EIMD parecen haberse demostrado en varios estudios de modo aislado. Aunque varios meta-análisis ya hayan sido publicados para evaluar su efecto en la mejora de la recuperación, no se ha tenido en cuenta ni la variabilidad de los resultados en los marcadores de EIMD debido a la evolución temporal (Born et al., 2013) ni ciertos marcadores de EIMD medidos en investigaciones previas (Hill et al., 2013). Los objetivos de esta revisión sistemática con metaanálisis son revisar la literatura actual sobre los beneficios de las prendas de compresión para la recuperación, identificar los posibles mecanismos explicativos de los resultados y proporcionar recomendaciones prácticas.

5.2.2. Método

i) Búsqueda de los estudios

Esta investigación se realizó de acuerdo a las recomendaciones PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher, Liberati, Tetzlaff, y Altman, 2010). La búsqueda bibliográfica se realizó en cuatro bases de datos on-line: Medline (PubMed), Cochrane, WOS (Web of Science) y Scopus (finalizada en septiembre de 2015). Para encontrar los artículos pertinentes se utilizaron las siguientes palabras clave: “*clothes*”, “*compression*”, “*compressive*”, “*delayed onset muscle soreness*”, “*exercise*”, “*exercise induced muscle damage*”, “*fatigue*”, “*garments*”, “*muscle*”, “*muscle damage*”, “*muscle soreness*”, “*post-exercise*”, “*post-game*”, “*recovery*”, “*recovery strategy*”, “*recovery modality*”, “*sports*”, “*stockings*”. También se examinaron las referencias de todos los artículos identificados.

ii) Criterios de inclusión y exclusión

Por un lado, los estudios se incluyeron si: 1) los participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental o control (también se incluyeron aquellos en los que el mismo participante tenía una extremidad como control y la otra como experimental); 2) los investigadores midieron, al menos, una variable al inicio del estudio y de nuevo a los 10 minutos después del ejercicio; 3) las prendas de compresión fueron usadas antes, durante o después del ejercicio; 4) los participantes del estudio no

tenían problemas cardiovasculares, metabólicos, o musculoesqueléticos. Por otro lado, los estudios se excluyeron si el grupo experimental recibió múltiples tratamientos, o el grupo de control realizó cualquier otra práctica que pudiera mejorar la recuperación, incluyendo el uso de prendas sin presión (placebo).

iii) Selección de estudios

El investigador principal seleccionó los estudios para su inclusión (DM). Se evaluaron todos los títulos y resúmenes de las publicaciones obtenidas mediante la estrategia de búsqueda. Se obtuvieron todos los estudios clasificados como relevantes y fueron revisados por pares. Según la información contenida en los estudios, se seleccionaron los estudios para su inclusión en el meta-análisis, de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión. Las dudas en esta fase se resolvieron por consenso (DM, JC).

Se identificaron 48931 estudios a través de la búsqueda en las bases de datos y 14 mediante búsquedas en las referencias de los estudios. 48886 estudios fueron excluidos analizando el resumen de acuerdo a los criterios de inclusión. Como resultado, se evaluaron 59 estudios para su elegibilidad. De estos estudios, 39 fueron excluidos pues no cumplían con los criterios de inclusión. En consecuencia, 20 estudios cumplieron los criterios de inclusión y fueron seleccionados para el meta-análisis (Fig. 9).

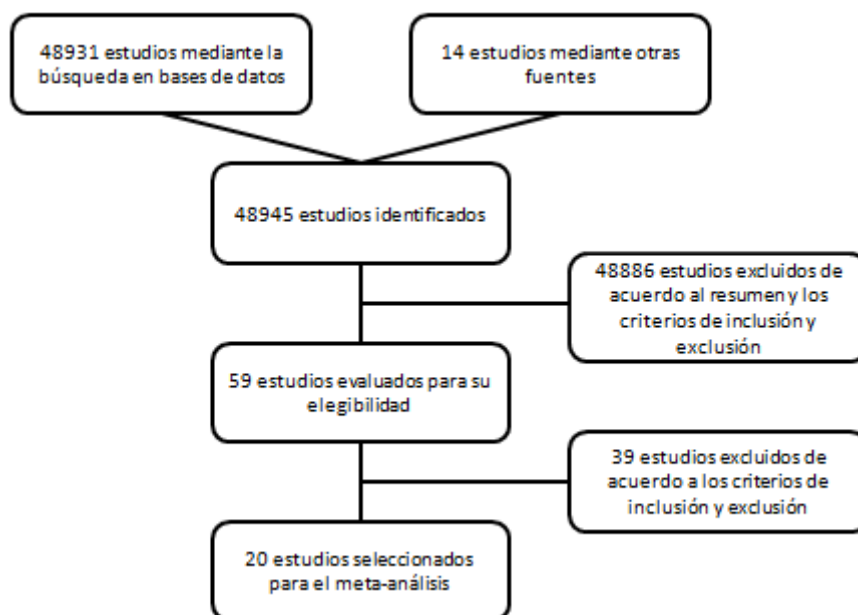


Figura 9. Resumen de la estrategia de búsqueda y el proceso de selección basado en los estudios incluidos y excluidos (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

iv) Variables

Se examinó la literatura en busca de los efectos de las prendas de compresión en la recuperación, utilizando diversas variables (indicadas en la Tabla 10 como marcadores de recuperación). La heterogeneidad de los resultados puede ser debida al tipo, familiaridad, intensidad y duración del ejercicio dañino, la duración del tratamiento de compresión, la presión aplicada (generalmente, como señalan Hill, Howatson, van Someren, Walshe, y Pedlar (2014), indicada sin ser medida por los investigadores), y el tipo de prenda de compresión. Las características de los sujetos (edad, género, estado de

forma, composición corporal, diferencias en el nivel de rendimiento, estado nutricional y origen étnico) también pueden influir en la heterogeneidad de los resultados.

v) Extracción de los datos

Los datos de media, desviación estándar (standar deviation - SD) y tamaño de la muestra (simple size - SS) fueron extraídos por el investigador principal de las tablas de los estudios incluidos. Cuando fue necesario, se contactó con los respectivos autores para obtener los datos pertinentes. Cuando no se obtuvo respuesta, la media y SD se extrapolaron de las figuras. Algunos estudios mencionaron ciertos resultados sin mostrar los datos de los mismos ni en tablas ni gráficos. Cuando no fue posible conseguir esos datos se excluyeron del análisis. Cualquier desacuerdo en esta fase se resolvió por consenso (DM, JC), o gracias a la participación de terceros (NT).

vi) Riesgo de sesgo

Siguiendo lo establecido por Cochrane Collaboration Guidelines (Higgins y Green, 2008), la calidad metodológica y el riesgo de sesgo se evaluaron por dos autores de forma independiente (DM, JC), y los desacuerdos se solucionaron gracias a la participación de un tercero (NT). Se valoró el sesgo de selección (generación de secuencia aleatoria, ocultación de la asignación); el sesgo de realización (cegamiento de los participantes y los investigadores); el sesgo de detección (cegamiento de la evaluación de los resultados); el sesgo de deserción (datos de resultado incompletos); el sesgo de informe (descripción selectiva); y otros sesgos. Para cada estudio, los dominios se evaluaron por consenso (DM, JC), o por la adjudicación a un tercero (NT). Fueron caracterizados como "bajo" si se cumplen los criterios de un bajo riesgo de sesgo (posible sesgo pero sin probabilidad de afectar seriamente a los resultados) o "alto" si se cumplen los criterios de un alto riesgo de sesgo (sesgo que probablemente debilita la confiabilidad de los resultados). Si el riesgo de sesgo es desconocido, se consideró "incierto" (posible sesgo que genera algunas dudas sobre los resultados). Los detalles completos se presentan en la Fig. 10 y la Fig. 11.

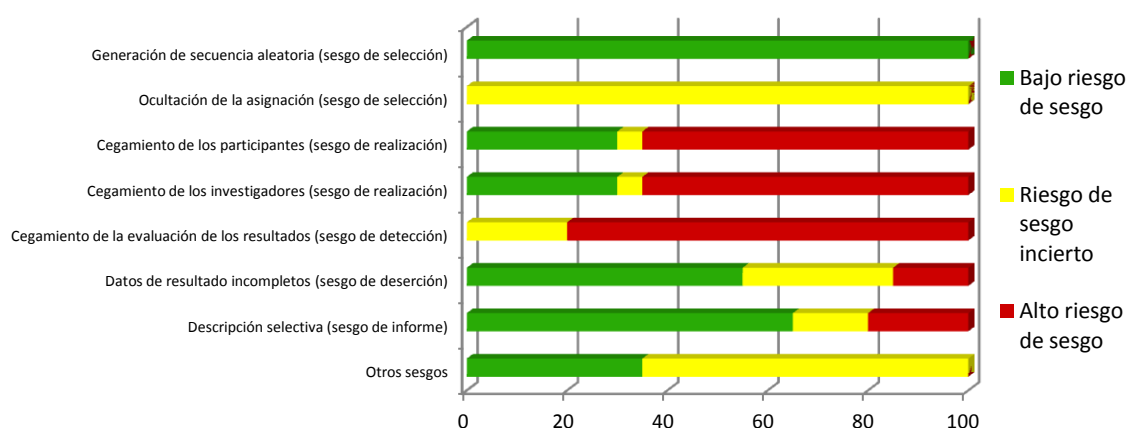


Figura 10. Resumen del riesgo de sesgo: juicios de los revisores acerca de cada elemento de riesgo de sesgo de cada estudio incluido (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

Estudio	Generación de secuencia aleatoria	Ocultación de la asignación	Cegamiento de los participantes	Cegamiento de los investigadores	Cegamiento de la evaluación de los resultados	Datos de resultado incompletos	Descripción selectiva	Otros sesgos
Ali et al. (2007)	●	?	●	●	●	?	●	●
Berry & McMurray (1987)	●	?	●	●	?	●	●	?
Boucourt et al. (2014)	●	?	●	●	●	●	●	?
Bovenschen et al. (2013)	●	?	●	●	●	?	●	●
Carling et al. (1995)	●	?	●	●	●	●	●	?
Davies et al. (2009)	●	?	●	●	●	●	●	?
Duffield et al. (2010)	●	?	●	●	●	?	●	?
Duffield et al. (2008)	●	?	●	●	●	●	●	●
Duffield & Portus (2007)	●	?	?	?	?	●	?	?
French et al. (2008)	●	?	●	●	●	●	●	?
Goto & Morishima (2014)	●	?	●	●	●	●	●	?
Jakeman et al. (2010a)	●	?	●	●	●	●	●	●
Jakeman et al. (2010b)	●	?	●	●	●	●	●	●
Kraemer et al. (2001a)	●	?	●	●	●	●	●	?
Kraemer et al. (2001b)	●	?	●	●	●	●	●	?
Ménétrier et al. (2011)	●	?	●	●	?	●	●	●
Perrey et al. (2008)	●	?	●	●	●	●	?	?
Rimaud et al. (2010)	●	?	●	●	●	●	●	●
Sperlich et al. (2013)	●	?	●	●	?	●	?	?
Trenell et al. (2006)	●	?	●	●	●	●	●	?

Figura 11. Juicios de los revisores sobre los elementos del riesgo de sesgo. ● indica un bajo riesgo de sesgo; ? indica un riesgo de sesgo incierto; ● indica un alto riesgo de sesgo (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

5.2.3. Análisis estadístico

El tamaño muestral y la varianza de los datos puede influir en la aplicación práctica de la significación estadística cuando se comparan datos de un grupo control y uno experimental. El ES cuantifica el tamaño de la diferencia entre dos grupos, y puede ser una medida real de su significación (Coe, 2002). Como la misma palabra tamaño expresa, nos va permitir hablar de magnitudes, de diferencias grandes o pequeñas (Coe, 2002) y consiguientemente de la relevancia de la diferencia encontrada. Nos dice cuánto de la variable dependiente se puede controlar, predecir o explicar por la variable independiente (Snyder y Lawson, 1993) o en qué grado la hipótesis nula es falsa (Cohen, 2013).

Para cada estudio, las diferencias de medias y los intervalos de confianza (IC) del 95% se calcularon con la g de Hedges (Hedges y Olkin, 1985). Los resultados de las variables continuas extraídos en diferentes escalas fueron modificados y adaptados a la misma escala. La g de Hedges se calculó utilizando la diferencia entre las medias del grupo experimental (con compresión) y el grupo control (sin compresión) dividido por la SD de la población media (Higgins y Green, 2008). Es por tanto, una diferencia tipificada. La g de Hedges puede ser pequeña ($<0,40$), moderada ($0,40-0,70$) o grande ($>0,70$) (Hedges y Olkin, 1985).

Para evitar problemas con el uso del estadístico Q a la hora de evaluar las diferencias sistemáticas (heterogeneidad), se calculó el estadístico I^2 , que indica el porcentaje de variación total observada entre los estudios debido a la heterogeneidad real y no al azar (Higgins y Green, 2008). La interpretación del I^2 es intuitiva y se encuentra entre 0% y 100%. 0% indica que no hay heterogeneidad mientras que los valores más grandes muestran aumento de la misma (Higgins, Thompson, Deeks, y Altman, 2003). Una categorización restrictiva de los valores de I^2 no es apropiada para todas las circunstancias, pero aun así, se aceptan los indicadores de baja, moderada y alta para los valores de I^2 25%, 50% y 75%, respectivamente (Borenstein, Hedges, Higgins, y Rothstein, 2011; Higgins y Thompson, 2002; Higgins et al., 2003).

Los métodos estadísticos ponderados típicamente aplicados en meta-análisis se clasifican, a su vez, en función del modelo estadístico asumido, distinguiendo entre los modelos de efectos fijos y de efectos aleatorios. La elección entre uno u otro depende de varios factores, siendo el más importante el grado de generalización que se pretende alcanzar en las conclusiones (Sánchez-Meca, Marín-Martínez, y López-López, 2011). Si se quiere generalizar los resultados a una población mayor de estudios a los representados en el propio meta-análisis, entonces el modelo de efectos aleatorios es el adecuado (Hedges y Vevea, 1998; Raudenbush, 2009; Schmidt, Oh, y Hayes, 2009). Si se pretende generalizar los resultados a una población de estudios idénticos a los incluidos en el meta-análisis, entonces debe aplicarse el modelo de efectos fijos, el cual es más restrictivo en el grado de generalización de los resultados (Konstantopoulos y Hedges, 2009). Aunque el número mínimo de estudios requerido para poder aplicar un modelo de efectos aleatorios dependerá de las condiciones concretas del meta-análisis, podemos decir que, en general, el mínimo de estudios aconsejable estará en torno a 30 (Borenstein et al., 2009). Pero si el número de estudios del meta-análisis es pequeño, o no se puede definir razonablemente bien la población mayor de estudios hacia la que se desea generalizar los resultados, entonces el modelo de efectos fijos será el más indicado (Borenstein, Hedges, Higgins, y Rothstein, 2010). Es fundamental saber que en el modelo de efectos fijos los estudios se combinan considerando que no existe heterogeneidad entre ellos, y que por tanto todos constituyen estimaciones de un efecto real, cuya magnitud se desea conocer. Así pues, la inferencia realizada está condicionada a los estudios que se han efectuado (Molinero, 2008). En el modelo de efectos aleatorios la inferencia se basa en suponer que los estudios incluidos en el análisis constituyen una muestra aleatoria del universo de estudios posibles, y sus resultados son más conservadores al tener en cuenta una fuente extra de variación, ya que incluyen dos posibles fuentes de variación: la existente dentro de los estudios y la variación entre los estudios (Molinero, 2008). El modelo de efectos aleatorios tiende a dar una estimación más conservadora (es decir, con intervalos de confianza más amplios), aunque los resultados de ambos modelos generalmente coinciden cuando no hay heterogeneidad.

En este caso se utilizó un modelo de efectos aleatorios, en el cual los procedimientos estadísticos dan lugar a intervalos de confianza más anchos y a resultados más conservadores en los contrastes de hipótesis, en comparación con el modelo de efectos fijos (Sánchez-Meca et al., 2011). Con la aplicación de este modelo se supone que los efectos verdaderos varían entre los estudios y ese efecto es la media ponderada de los efectos descritos en los diferentes estudios (Borenstein et al., 2009). Las causas de esta elección se deben fundamentalmente a la gran heterogeneidad metodológica entre los estudios seleccionados, los cuales no eran homogéneos. Por ejemplo, varios estudios no usaron un grupo de control exclusivo, sino un grupo control (sin tratamiento) y un grupo experimental con los mismos participantes. Aun así, somos conscientes de la limitación de la elección de este modelo, pues se asume que los estudios incluidos son representativos de una población hipotética de estudios, que la heterogeneidad entre los ensayos puede ser representada por una sola varianza, y que conceden un peso excesivo a los estudios con pequeño tamaño muestral.

Además, se aplicó la ponderación de los estudios de acuerdo a la magnitud del error estándar respectivo. Se aplicó un nivel de significación de $p=0,05$. El análisis estadístico y las figuras se realizaron con el software Review Manager 5.3.5 (The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, Copenhagen, Dinamarca), y los análisis estadísticos y las figuras de riesgo de sesgo se llevaron a cabo con Microsoft Office Excel 2010.

5.2.4. Resultados

i) Detalles de las comparaciones

Las características de los participantes, tipos de prendas de compresión, marcadores de recuperación medidos y protocolos utilizados en los diferentes estudios se resumen en la Tabla 10 (Ali et al., 2007; Berry y McMurray, 1987; Boucourt, Bouhaddi, Mourot, Tordi, y Ménétrier, 2015; Bovenschen, Booiij, y van der Vleuten, 2013; Carling et al., 1995; Davies et al., 2009; Duffield et al., 2008, 2010; Duffield y Portus, 2007; French et al., 2008; Goto y Morishima, 2014; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Ménétrier, Mourot, Bouhaddi, Regnard, y Tordi, 2011; Perrey et al., 2008; Rimaud, Messonnier, Castells, Devillard, y Calmels, 2010; Sperlich, Born, Kaskinoro, Kalliokoski, y Laaksonen, 2013; Trenell et al., 2006). Se presentan datos sobre un total de 279 participantes ($n=169$ hombres, $n=99$ mujeres y 11 no indicados por los respectivos autores) con una edad media de $23,6\pm 2,99$ años. Se pueden observar importantes diferencias en el SS, edad, sexo, nivel de entrenamiento de los participantes, diseño de los estudios, tipos de prendas de compresión, tiempo de tratamiento, y presiones aplicadas por las prendas.

Tabla 10. Estudios que investigan el efecto de las prendas de compresión en la recuperación (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

Estudio	Tamaño muestra, género, años	Categoría deportiva	Tipo prenda	Presión aplicada (mmHg)	Protocolo (tiempo y duración del tratamiento)	Marcador de recuperación (momento de medición)	Efecto de las prendas
Ali et al. (2007)	14, M, 22 ± 1	Atletas de resistencia recreativos	Medias (CG)	18-22	Carreras 2 x20 m separadas por 1 h. (DE)	DOMS (1, 24 h.) HR (1 h.)	↔ ↑
Berry y McMurray (1987)	6, M, 21,9 ± 4,85	Estudiantes universitarios sanos	Medias (CG)	8-18	Estudio 2: 3 min. pedaleando a 110% VO ₂ ; 30 min. de recuperación en posición supina (DE, PE durante 30 min.; o sólo DE)	Volumen plasmático (5, 15, 30 min.) [La ⁻]p prendas llevadas DE, PE (tiempo NI) [La ⁻]p prendas llevadas sólo DE (tiempo NI)	↔ ↓ ↔
Boucourt et al. (2015)	11, NI, 29,6 ± 2,8	Atletas	Mangas	14-28	15 min. pedaleando con protocolo incremental: 3 min. en cada intensidad - 40, 80, 120, 160 y 200 W, precedido y seguido de 10 min. sentado (DE, PE durante 10 min.)	StO ₂ (1-10 min.)	↑
Bovenschen et al. (2013)	6, M, 7, F, 40,5 ± 15,8	Atletas de resistencia recreativos	Medias en una pierna (CG)	25-35	Estudio 1: 10km de carrera a velocidad asequible (DE) Estudio 2: test con protocolo escalonado en cinta (0%) con velocidad incremental (0.5 km/h cada 3 min.) (DE)	DOMS en estudio 1 y 2 (0, 30 min.; 48 h.) Volumen extremidad inferior en estudio 1 y 2 (0 min.) Volumen extremidad inferior en estudio 1 y 2 (5, 30 min.)	↔ ↓ ↔
Carling et al. (1995)	7, M, 16, F, 26 ± 4	Estudiantes universitarios sanos	Mangas	~ 17	70 contracciones excéntricas máximas de los flexores de codo del miembro no dominante (72 h. PE)	DOMS (10 min.; 24, 48, 72 h.) Circunferencia brazo (10 min.; 24, 48, 72 h.) Volumen brazo (10 min.; 24, 48, 72 h.) Fuerza máxima concéntrica flexores codo (10 min.; 24, 48, 72 h.) Extensores codo AM (10 min.; 24, 48, 72 h.)	↔ ↔ ↔ ↔ ↔
Davies et al. (2009)	7, F, 19,7 ± 0,5 4, M, 26,3 ± 5,1	Jugadores universitarios de netball y baloncesto	Pneras (CG)	15	5x20 drop jumps con 2 min. de descanso entre series (48 h. PE)	DOMS (24, 48 h.) [CK] (24, 48 h.) [LDH] (24, 48 h.) Circunferencia muslo (24, 48 h.) Altura CMJ (48 h.) 5-, 10-, 20-m sprint (48 h.) Test agilidad 5-0-5 (48 h.)	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔
Duffield et al. (2010)	11, M, 20,9 ± 2,7	Jugadores de rugby nivel regional	Pneras	NI	Sprints intermitentes en 10 min: sprint 1x20m y 10 SJ/min. (DE, 24 h. PE)	DOMS (2 h.) DOMS (24 h.) RPE (0 h.) pH (0, 2 h.) [La ⁻]p (0, 2 h.) [CK] (2, 24 h.) [C-RP]p (2, 24 h.) [GOT]p (2 h.) [GOT]p (24 h.) Fuerza máxima extensión cuádriceps (0, 2, 24 h.) Fuerza máxima flexión isquiotibiales (0, 2, 24 h.)	↔ ↓ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↓ ↔ ↔

						h.)	
						Fuerza maxima extensores pierna (0, 2, 24 h.)	↔
						DOMS (pre, post-día 1, 24 h. post- día 1, post-día 2, 48-h post-día 2.)	↓
						HR (pre-ejercicio y cada 10 min. DE)	↔
						TP (AE, cada 10 min. DE y PE)	↑
						TT (BE, every 10 min. DE and PE)	↔
						[La ⁻]p (AE, DE y 10, 15 min. PE ambos días)	↔
						[CK] (AE, post-día 1, 24 h. post-día 1, 48-h. post-día 2)	↔
						Potencia máxima (AE y después del 2° y 4° cuarto del juego el día 1 y día 2)	↔
						20 m sprint (AE y después del 2° y 4° cuarto del juego el día 1 y 2)	↔
						DOMS brazos(24 h.)	↓
						DOMS piernas (24 h.)	↓
						RPE (0 h.)	↔
						HR (0 h.)	↔
						Masa corporal(0 h.)	↔
						TP (0 h.)	↑
						pH (0 h.)	↔
						[La ⁻]p (0 h.)	↔
						[CK] (24 h.)	↓
						SaO ₂ (0 h.)	↔
						pO ₂ (0 h.)	↔
						DOMS (0, 1, 24, 48 h.)	↔
						[CK] (1, 24, 48 h.)	↔
						[Mb]p (1, 24, 48 h.)	↔
						Circunferencia muslo (48 h.)	↔
						Circunferencia pantorrilla (48 h.)	↔
						Altura CMJ (48 h.)	↔
						5RM back squat (48 h.)	↔
						10 m sprint (48 h.)	↔
						30 m sprint (48 h.)	↓
						Multiplanar speed (48 h.)	↔
						Dorsiflexion del tobillo (0 h.)	↔
						Extensión de rodilla (0 h.)	↔
						Flexión de rodilla (0 h.)	↔
						Extensión de cadera (0 h.)	↔
						Flexión de cadera (0 h.)	↔
						Abducción de cadera (0 h.)	↔
						DOMS (24 h.)	↓
						[Mb]p (1, 3, 5, 8, 24 h.)	↔
						[T]p (1, 3, 5, 8, 24 h.)	↔
						IGF-1]p (1, 3, 5, 8, 24 h.)	↔
Duffield et al. (2008)	14, M, 19 ± 1	Jugadores sub-21 de rugby nivel regional	Perneras	NI	Simulación de juego: sprints de 10-20 m en un partido simulado (4x15 min.) (DE, and 15 h. PE)		
Duffield y Portus (2007)	10, M, 22,1 ± 1,1	Jugadores de cricket nivel regional	Traje cuerpo entero	NI	Lanzamiento de máxima distancia; lanzamiento de precisión; Sprints intermitentes: 20m sprints/min. durante 30 min. (DE, and 24 h. PE)		
French et al. (2008)	26, M, 24,12 ± 3,2	Sujetos activos	Perneras (CG)	12-20	Squats 6x10 con 100% PC + 11ª repetición con 1-RM (12 h. PE)		
Goto y Morishima (2014)	9, M, 21 ± 0,4	Atletas entrenados en resistencia	Traje cuerpo entero	NI	6x10 (70%RM) de ejercicios para la musculatura de la parte superior y 3x10 (70%RM) para los de la parte inferior con 90s. entre series y ejercicios		

						[IL-6]p (1, 3, 5, 8, 24 h.)	↔
						[IL-1ra]p (1, 3, 5, 8, 24 h.)	↔
						Circunferencia brazo (24 h.)	↓
						Circunferencia muslo (24 h.)	↓
						Fuerza isocinética extensores rodilla (1, 3, 5, 8, h.)	↔
						Fuerza isocinética extensores rodilla (24 h.)	↑
						RM press pecho (1, 24 h.)	↔
						RM press pecho (3, 5, 8 h.)	↑
						DOMS (1, 24, 48, 72 h.)	↓
						DOMS (96 h.)	↔
						[CK] (1, 24, 48, 72, 96 h.)	↔
						Altura CMJ (1, 24, 72, 96 h.)	↔
						Altura CMJ (48 h.)	↑
						Altura SJ (1 h.)	↔
						Altura SJ (24, 48, 72, 96 h.)	↑
						Fuerza isocinética extensores rodilla (1 h.)	↔
						Fuerza isocinética extensores rodilla (24, 48, 72, 96 h.)	↑
Jakeman et al. (2010a)	17, F, 21,4 ± 1,7	Sujetos activos	Perneras (CG)	15-17	10x10 drop jumps desde un cajón de 0.6 m., con 10 s. entre saltos y 1 min. entre series (12 h. PE)	DOMS (1, 24, 48, 72 h.)	↓
						DOMS (96 h.)	↔
						[CK] (1, 24, 48, 72, 96 h.)	↔
						Altura CMJ (1, 24, 72, 96 h.)	↔
						Altura CMJ (48 h.)	↑
						Altura SJ (1 h.)	↔
						Altura SJ (24, 48, 72, 96 h.)	↑
						Fuerza isocinética extensores rodilla (1 h.)	↔
						Fuerza isocinética extensores rodilla (24, 48, 72, 96 h.)	↑
						DOMS (1, 24, 48, 72 h.)	↓
						DOMS (96 h.)	↔
						[CK] (1, 24, 48, 72, 96 h.)	↔
						Altura CMJ (1, 24, 48, 96 h.)	↔
						Altura CMJ (72h.)	↑
						Altura SJ (1, 24, 48, 72, 96 h.)	↑
						Fuerza isocinética extensores rodilla (1 h.)	↔
						Fuerza isocinética extensores rodilla (24, 48, 72, 96 h.)	↑
						DOMS (24, 48, 72 h.)	↔
						DOMS (96, 120 h.)	↓
						[CK] (24, 48 h.)	↓
						[CK] (72, 96, 120 h.)	↔
						[Cortisol]p (24, 48, 72, 96, 120 h.)	↔
						[LDH] (24, 48, 72, 96, 120 h.)	↔
						Circunferencia brazo (24, 48, 72, 96, 120 h.)	↓
						Torque máximo flexores codo (24, 48 h.)	↔
						Torque máximo flexores codo (72, 96, 120 h.)	↑
						Potencia máxima flexores codo (24, 48 h.)	↔
						Potencia máxima flexores codo (72, 96, 120 h.)	↑
						ROM codo reposo (24, 48, 72, 96, 120 h.)	↓
						DOMS (24, 48 h.)	↑
						DOMS (72 h.)	↓
						[CK] (24, 48 h.)	↔
						[CK] (72 h.)	↓
						Circunferencia brazo (24, 48 h.)	↓
Kraemer et al. (2001a)	20, F, 21,2 ± 3,1	Sujetos no entrenados en fuerza	Mangas (CG)	10	2x50 repeticiones de curl de brazos con contracción excéntrica máxima cada cuatro repeticiones pasivas, con 3 min. de recuperación entre series (120 h. PE)	DOMS (24, 48 h.)	↑
						DOMS (72 h.)	↓
						[CK] (24, 48 h.)	↔
						[CK] (72 h.)	↓
						Circunferencia brazo (24, 48 h.)	↓
Kraemer et al. (2001b)	15, M, 21,2 ± 3,1	Sujetos no entrenados en fuerza	Mangas (CG)	10	2x50 repeticiones de curl de brazos con contracción excéntrica máxima cada cuatro repeticiones pasivas, con 3 min. de recuperación entre series (72 h. PE)	DOMS (24, 48 h.)	↑
						DOMS (72 h.)	↓
						[CK] (24, 48 h.)	↔
						[CK] (72 h.)	↓
						Circunferencia brazo (24, 48 h.)	↓

						Circunferencia brazo (72 h.)	↔
						Torque máximo flexores codo (24, 48 h.)	↑
						Torque máximo flexores codo (72 h.)	↔
						Potencia máxima flexores codo (24, 48, 72 h.)	↑
						ROM codo reposo (24 h.)	↔
						ROM codo reposo (48, 72 h.)	↑
Ménétrier et al. (2011)	14, M, 21,9 ± 0,7	Sujetos moderadamente entrenados en resistencia	Medias (CG)	15-27	15 min en reposo, 30 min. al 60% VAM en cinta con 12% de inclinación, 15 min. de recuperación, a carrera hasta la extenuación al 100% VAM en cinta con 12% de inclinación, y periodo de recuperación de 30 min (DE, y 30 min. PE)	StO ₂ (5, 10 min. después del 1 ^{er} ensayo; 5 min. después del 2 ^o ensayo)	↔
						StO ₂ (AE, 10, 20, 30 min. después del 2 ^o ensayo)	↑
Perrey et al. (2008)	8, M, 26 ± 4	Sujetos activos y sanos	Medias en una pierna	NI	Caminar hacia atrás cuesta abajo durante 30 min. (5 h. por día a las 2, 24, 48 and 72 h. PE)	DOMS (0, 2, 24, 48, h.)	↔
						DOMS (72 h.)	↓
						Torque máximo flexores plantares (2, 48, 72 h.)	↔
						Torque máximo flexores plantares (24 h.)	↑
						Torque máximo voluntario flexores plantares (2, 24, 48, 72 h.)	↔
Rimaud et al. (2010)	8, M, 27,1 ± 0,9	Sujetos entrenados en resistencia con regularidad	Medias (CG)	12-22	Test incremental en bicicleta. Ratio de trabajo incrementado cada 2 min. en 30 W hasta la extenuación, seguido de 60 min. de recuperación pasiva sentado (DE, and 60 min. PE)	RPE (0 h.)	↔
						HR (0 y durante 15 min de la recuperación)	↔
						PAS (0, 3, 5, 10, 15, 30, 60 min.)	↔
						PAD (0, (3, 5, 10, 15, 30, 60 min.)	↔
						[La ⁻]p (0 h.)	↑
						[La ⁻]p (3, 5, 10, 15, 30, 60 min.)	↔
						VO ₂ max (0 h.)	↔
Sperlich, Born, Kaskinoro et al. (2013)	6, M, 22 ± 2	Sujetos sanos	Musleras en una pierna (CG)	35	10 min. de calentamiento a 100W, pedaleo a alta intensidad hasta extenuación (+25 W/min), 1 min. recuperación seguido 75% del VO ₂ max (20 min. AE y 40 min. PE)	FSM (30 min.)	↓
						UGM (30 min.)	↔
Trenell et al. (2006)	11, M, 21,2 ± 3,1	Atletas de resistencia recreativos	Perneras en una pierna (CG)	NI	Protocolo de caminar 30 min. en cinta: 6 km·h ⁻¹ , 25% grados (48 h. PE)	DOMS (1, 48 h.)	↔
						pH (1, 48 h.)	↔
						PCr/Pi (1, 48 h.)	↔
						[Mg ²⁺] (1, 48 h.)	↔
						[PDE] (1h.)	↑
						[PDE] (48 h.)	↔
						[PME] (1, 48 h.)	↔

AE = antes del ejercicio; CG = compresión graduada; CK = creatinquinasa; CMJ = countermovement jump; C-RP = proteína c reactiva; DE = durante el ejercicio; DOMS = dolor muscular; F = femenino; FSM = flujo sanguíneo muscular; GOT = transaminasa glutámico-oxalacética; HR = frecuencia cardiaca; IGF-1 = factor de crecimiento semejante a la insulina tipo I; IL-1ra = antagonista natural al receptor de la interleuquina-1; IL-6 = Interleucina-6; La⁻ = lactato; LDH = lactato deshidrogenasa; M = masculino; Mb = mioglobina; Mg²⁺ = magnesio; NI = no indicado; p = plasma; PAD = presión arterial diastólica; PAS = presión arterial sistólica; PC = peso corporal; PCr = fosfocreatina; PDE = fosfodiéster; PE = post-ejercicio; pH; Pi = fosfato inorgánico; PME = fosfomonoéster; pO₂ = presión parcial de oxígeno; RM = repetición máxima; ROM = amplitud movimiento; RPE = esfuerzo percibido; SJ = squat jump; SaO₂ = saturación oxígeno de la hemoglobina; StO₂ = saturación oxígeno en los tejidos; T = testosterona; TP = temperatura piel; TT = temperatura timpánica; UGM = uso de glucosa muscular; VAM = velocidad aeróbica máxima; VO₂ = consumo de oxígeno; VO₂max = consumo máximo de oxígeno; ↑ indica significativamente más alto que el grupo control (sin compresión); ↓ indica significativamente más bajo que el grupo control (sin compresión); ↔ indica la no existencia de diferencias significativas respecto al grupo control (sin compresión); % indica porcentaje; ~ indica aproximadamente; [] indica concentración

ii) Efectos fisiológicos y físicos

Se identificaron cinco estudios que determinaron el efecto de las prendas de compresión (medias, perneras y traje de cuerpo entero) en la $[La^-]$ post-ejercicio (Berry y McMurray, 1987; Duffield et al., 2008; Duffield y Portus, 2007; Rimaud et al., 2010), con una presión ejercida media de 10-20 mmHg (rango 8-18 - 12-22). En estos estudios participaron 52 varones ($22,04 \pm 2,11$ años), siendo atletas recreativos, sujetos entrenados regularmente en resistencia, jugadores de rugby y cricket a nivel regional, y estudiantes universitarios sanos. El análisis mostró grandes efectos negativos en la eliminación post-ejercicio de la $[La^-]$ (Fig. 12) con una diferencia de medias estandarizada (Standard mean difference - SMD) de 0,98 en todos los momentos de medición, más pequeña que la encontrada inmediatamente post-ejercicio (1,07).

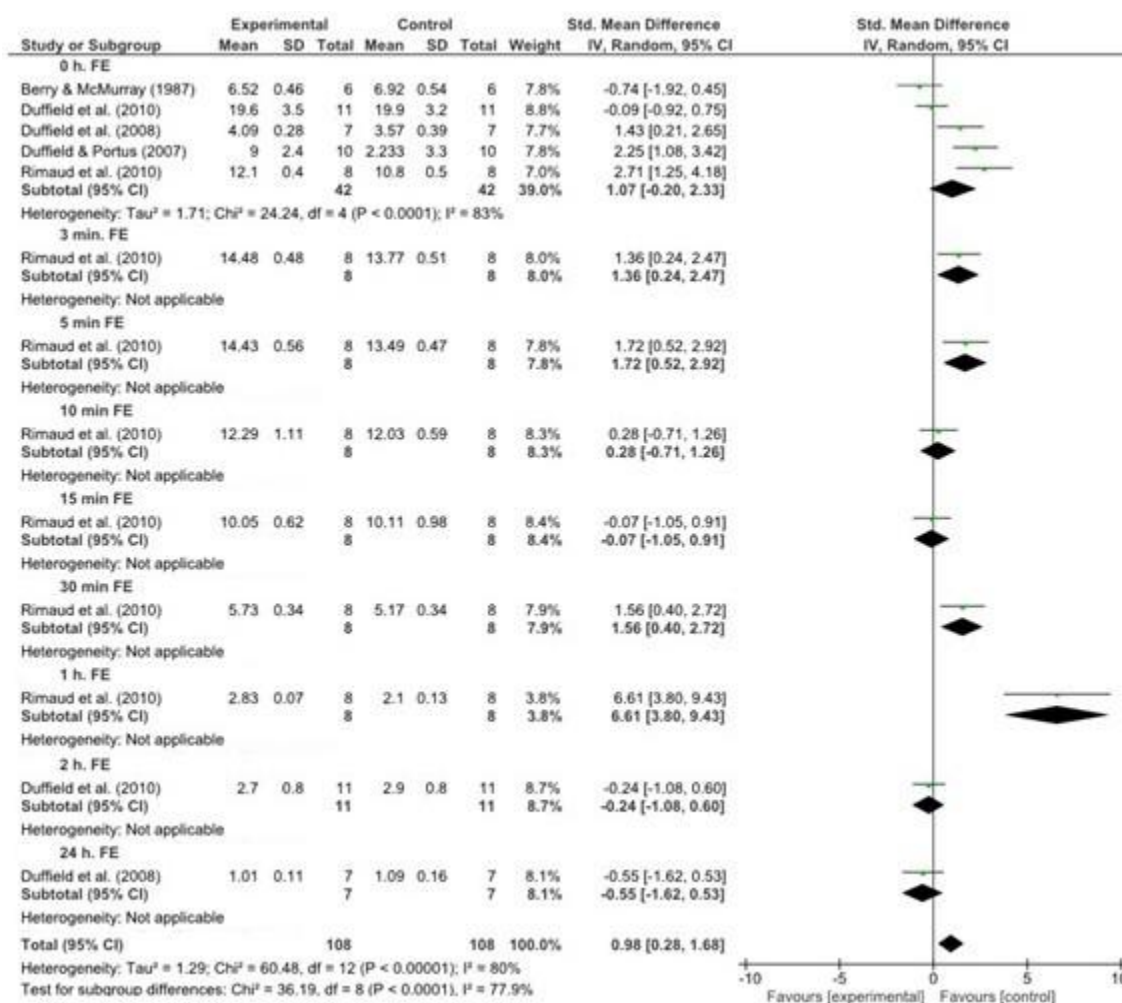


Figura 12. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de $[La^-]$ (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delestrat, et al., 2016).

Se seleccionaron nueve estudios que examinaron los potenciales beneficios de la compresión (medias, perneras, mangas y traje de cuerpo entero) en la eliminación de la CK (Davies et al., 2009; Duffield et al., 2008, 2010; Duffield y Portus, 2007; French et al.,

2008; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001a, 2001b) en 80 hombres y 76 mujeres (n=156), con una presión ejercida media de 12,4-14,4 mmHg (rango 10-10 - 12-20). Estos estudios incluyeron participantes universitarios, de nivel regional, hombres no entrenados en fuerza, y mujeres o personas activas (21,65±2,32 años), que engloban una variedad de disciplinas (rugby, cricket, netball y baloncesto). El uso de las prendas de compresión muestra una pequeña reducción en las concentraciones de CK post-ejercicio (Fig. 13). El análisis presenta una SMD pequeña (-0,02) en todos los momentos de medición. En el análisis temporal, los resultados muestran un pequeño incremento (0,62 a 1 h.; 0,06 en 24 h.; 0,01 en 48 h.; 0,07 a las 96 h.), aunque a las 72 h. post-ejercicio los resultados son favorables al tratamiento (-0,90).

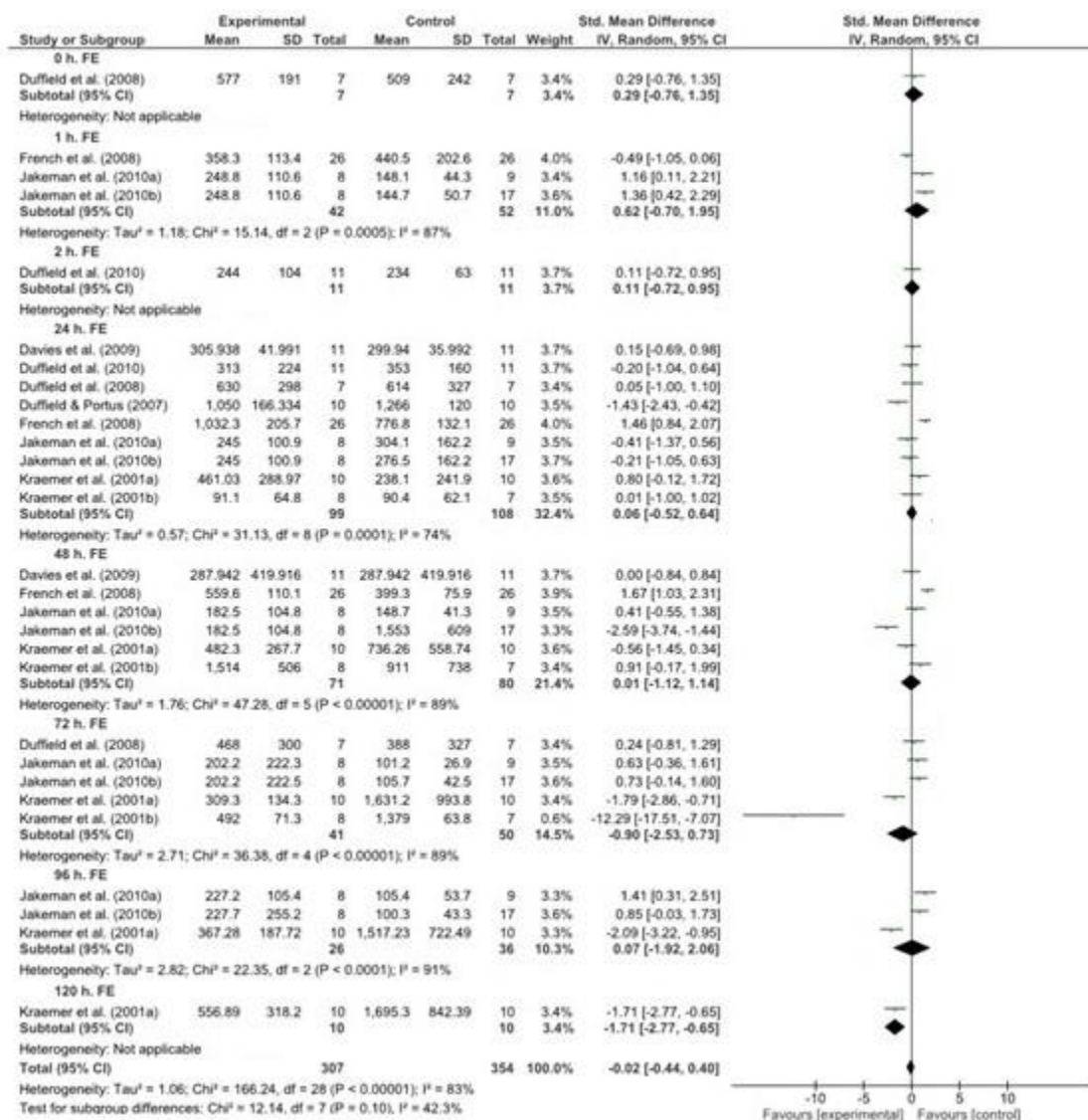


Figura 13. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de CK (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

Se identificaron dos estudios que examinaron el efecto de la compresión (perneras y mangas) en la enzima LDH (Davies et al., 2009; Kraemer et al., 2001a), con una presión ejercida media de 12,5 mmHg (rango 10 - 15), en 4 hombres y 27 mujeres (n=31), los

cuales eran jugadores de baloncesto y netball universitario y mujeres no entrenadas en fuerza ($22,4 \pm 2,9$ años). La Fig. 14 muestra los efectos del tratamiento, con una SMD moderada (-0,52) en todos los momentos de seguimiento. Aunque parece haber mayor acumulación de LDH hasta las 24 h. post-ejercicio (0,65), los resultados son favorables a la compresión en cualquier momento temporal después de las 24 h. post-ejercicio.

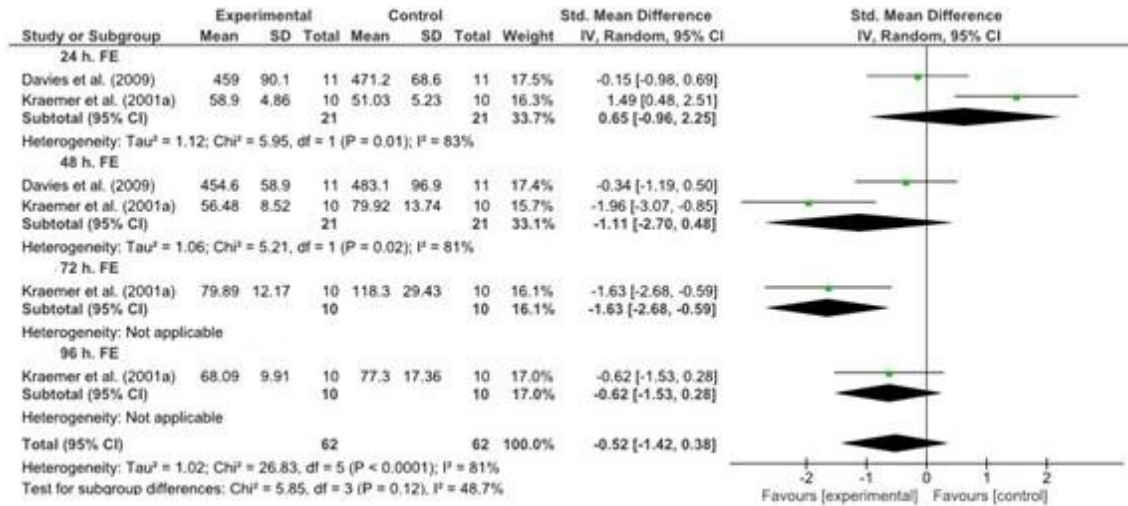


Figura 14. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de LDH (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

Se seleccionaron cinco estudios que examinaron la aplicación de las prendas de compresión (medias, perneras y mangas) para reducir la inflamación muscular de las extremidades (Bovenschen et al., 2013; Carling et al., 1995; Davies et al., 2009; Kraemer et al., 2001a, 2001b), con una presión ejercida media de 15,4-17,4 mmHg (rango 10 - 25-35), en 32 hombres y 50 mujeres (n=82). Estos estudios incluyeron participantes con experiencia a nivel universitario (baloncesto, netball), hombres y mujeres no entrenados en fuerza y atletas recreativos ($25,81 \pm 5,26$ años). La Fig. 15 muestra los efectos del tratamiento de compresión, con una SMD grande (-0,73) en todos los momentos de seguimiento. Los resultados de estos estudios mostraron que la inflamación se reduce con el tratamiento en todos los momentos temporales analizados (-0,12 a 0 h.; -0,08 a los 5 min.; -0,02 a los 30 min.; -0,56 a las 24 h.; -1,01 a las 48 h.; -1,22 a 72 h. post-ejercicio).

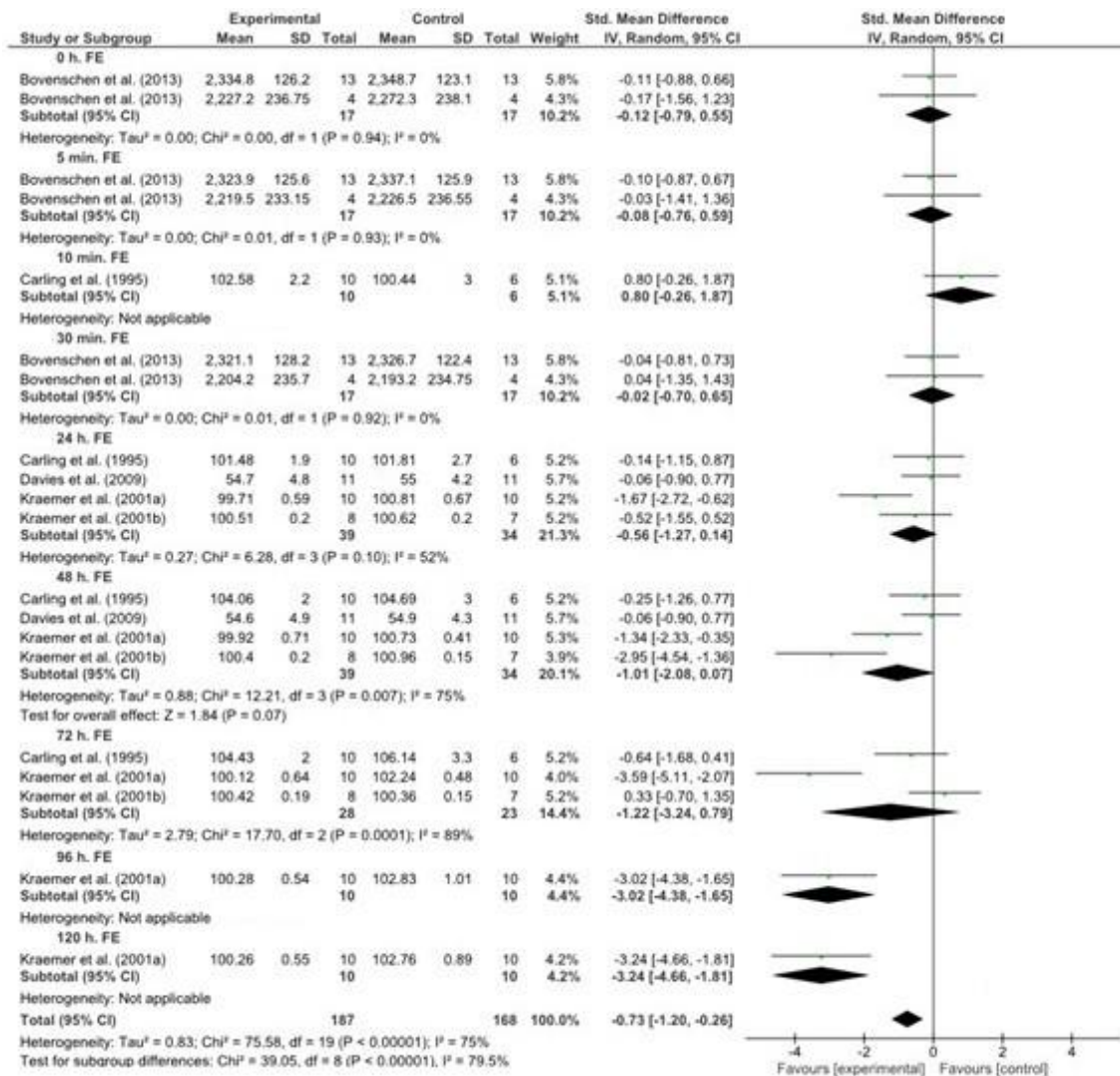


Figura 15. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de inflamación muscular (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextat, et al., 2016).

iii) Efectos en el rendimiento

Se analizaron cinco estudios que determinaron el efecto de las prendas de compresión (perneras y mangas) en la recuperación de la potencia muscular medida mediante SJ, CMJ y pico de potencia con dinamómetro (Duffield et al., 2008; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001a, 2001b), con una presión ejercida media de 12,5-13,5 mmHg (rango 10 – 15-17), en 29 hombres y 69 mujeres (n=98). Los participantes (20,84±2,12 años) fueron hombres y mujeres no entrenados en fuerza, jugadores de rugby de categoría regional y sujetos activos. El análisis mostró un efecto grande en la recuperación de trabajos de potencia (Fig. 16) con una SMD grande (1,63) en todos los momentos de medición. Los resultados obtenidos en periodo post-ejercicio también son favorables al uso de las prendas de compresión (0,86 a 1 h.; 1,82 a las 24 h.; 2,12 a las 48 h.; 2,23 a las 72 h.; 1,19 a 96 h. post-ejercicio) respecto al grupo control.

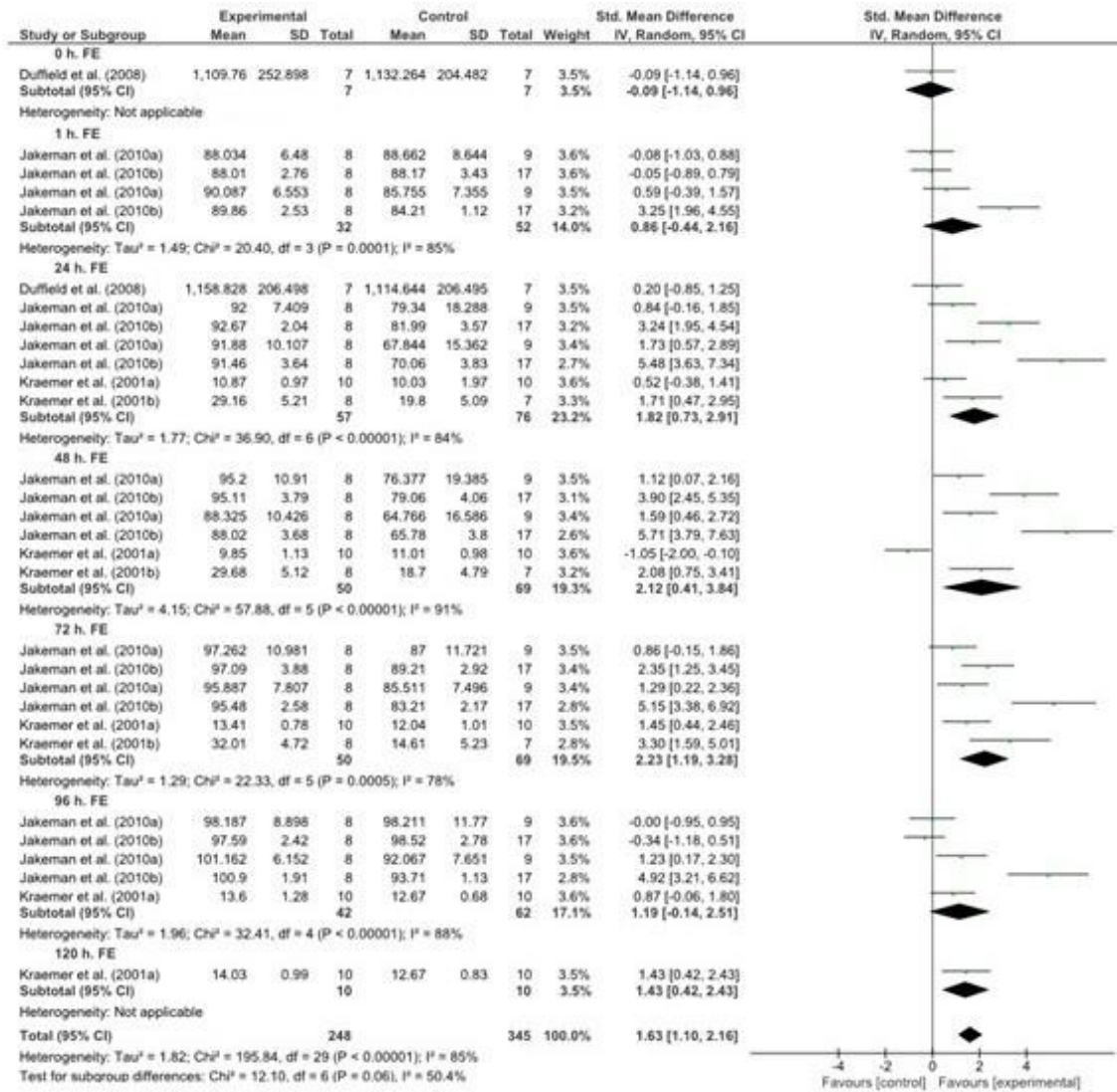


Figura 16. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de potencia muscular (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

Ocho estudios determinaron el efecto de las prendas de compresión (perneras y mangas) en la recuperación de la fuerza muscular medida mediante MVC, torque máximo, fuerza muscular isocinética y 1 repetición máxima (RM) (Carling et al., 1995; Duffield et al., 2010; Goto y Morishima, 2014; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Perrey et al., 2008), con una presión ejercida media de 13,4-13,8 mmHg (rango 10 - 17) en 50 hombres y 85 mujeres (n=135). Estos estudios incluyeron participantes universitarios y que compiten a nivel regional, personas activas, hombres y mujeres no entrenados en fuerza y sujetos entrenados en resistencia (22,29±2,59 años). La Fig. 17 muestra los efectos del tratamiento de compresión, con una SMD grande (1,18) en todos los momentos de seguimiento. Los resultados en 0 (0,18) y 2 h. post-ejercicio (0,35) indican un pequeño efecto, aunque inmediatamente post-ejercicio (0,18) y a las 2 h. post-ejercicio (0,35) hay un pequeño efecto. A partir de ese momento, y 1 h. post-ejercicio (0,92), el efecto es grande (2,36 a las 3 h.; 2,98 a las 5 h.; 2,88 a las 8 h.; 1,01 a las 24 h.; 1,47 a las 48 h.; 1,57 a las 72 h.; 1,88 a las 96 h. post-ejercicio).

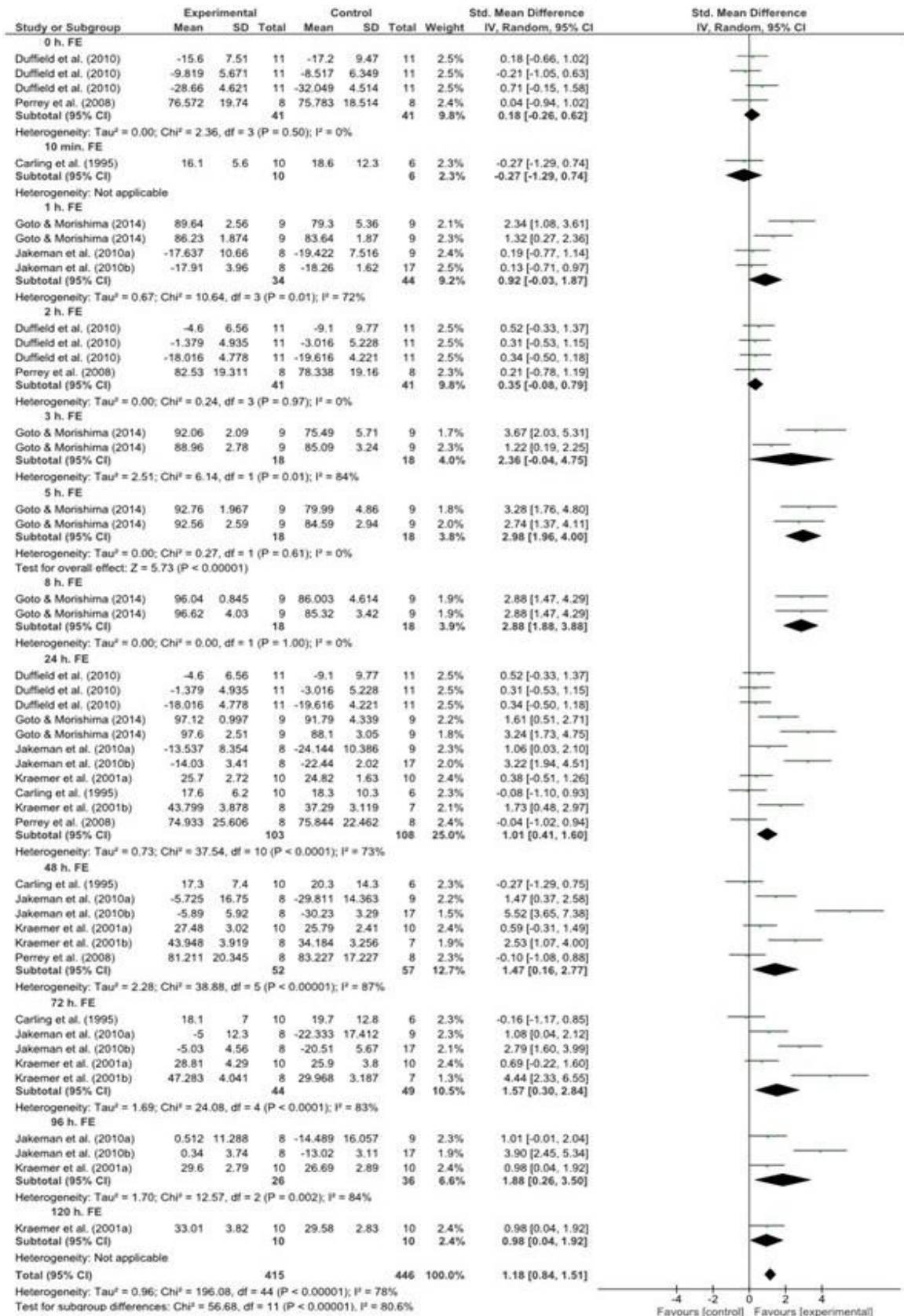


Figura 17. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de fuerza muscular (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

i) Respuesta perceptiva

Se identificaron quince estudios que evaluaron la eficacia de las prendas de compresión (medias, perneras y mangas) en DOMS (Ali et al., 2007; Bovenschen et al., 2013; Carling et al., 1995; Davies et al., 2009; Duffield et al., 2008, 2010; Duffield y Portus, 2007; French et al., 2008; Goto y Morishima, 2014; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Perrey et al., 2008; Trenell et al., 2006) con una presión ejercida media de 15,3-18,1 mmHg (rango 10 – 25-35), en 135 hombres y 99 mujeres (n=234). Estos estudios se realizaron con atletas recreativos, sujetos activos, hombres y mujeres no entrenados en fuerza, sujetos entrenados en resistencia, estudiantes universitarios sanos, jugadores de netball y baloncesto universitario, y jugadores de rugby y cricket de categoría regional (23,32±3,22 años). La Fig. 18 muestra que los efectos del tratamiento de compresión presenta una SMD moderada (-0,43) en todos los momentos de seguimiento. Aunque 1 h. post-ejercicio el DOMS parece aumentar (0,15), los resultados obtenidos muestran que se reduce con el tratamiento (-0,19 a 0 h.; -0,41 a las 2 h.; -0,49 a las 24 h.; -0,51 a las 48 h.; -0,82 a las 72 h.; -0,90 a las 96 h. post-ejercicio).

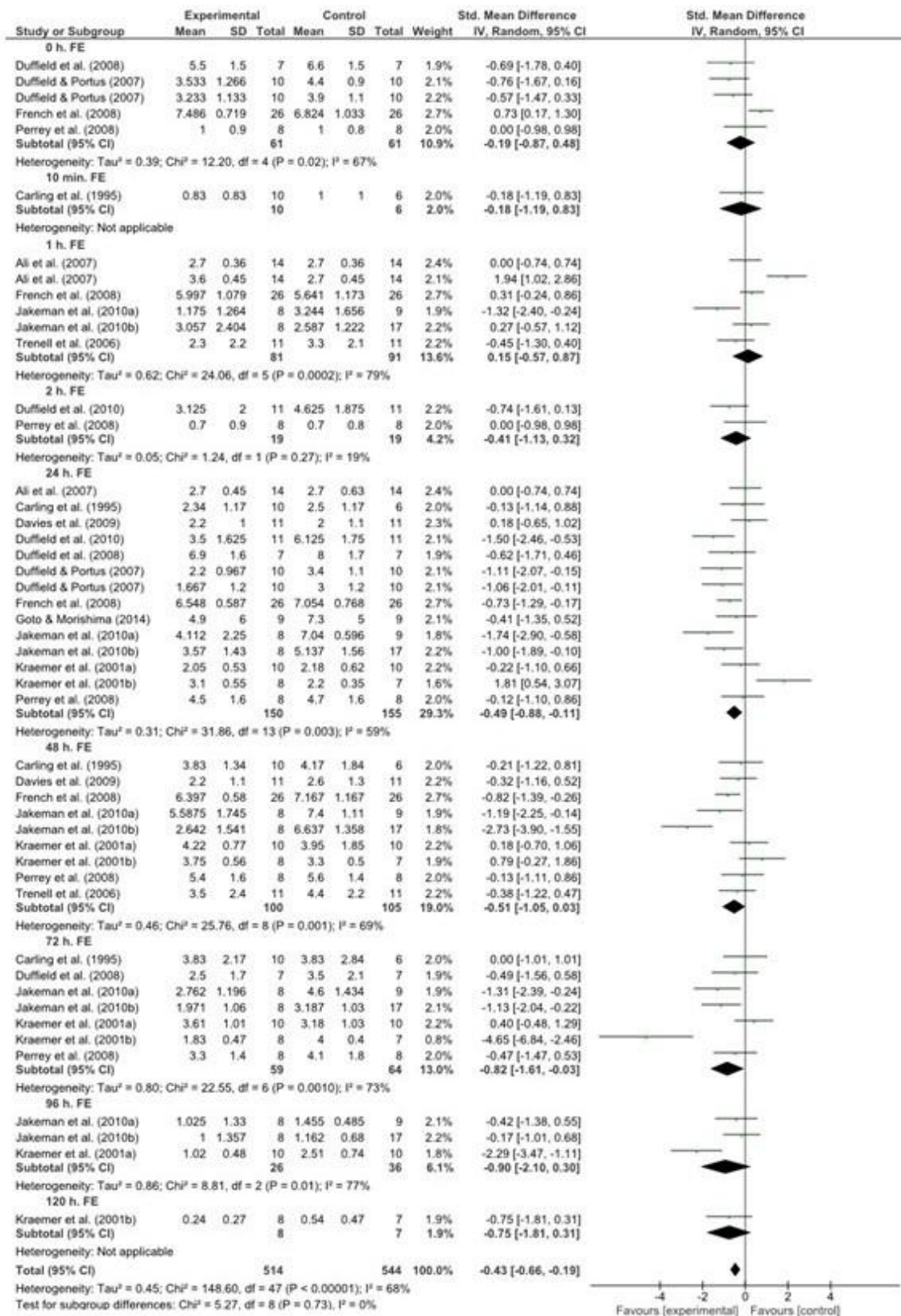


Figura 18. Diagrama de bosque que representa la comparación entre el uso de las prendas de compresión y un grupo control para las medidas de DOMS (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

5.2.5. Discusión

Estos resultados sugieren que la aplicación de las prendas de compresión puede ayudar a la recuperación del EIMD. Aun así, los datos deben ser interpretados con cautela, ya que también indican una muy alta heterogeneidad. El estadístico I^2 representa el efecto de cualquier tipo de heterogeneidad en el meta-análisis (Higgins et al., 2003), que incluye elementos aditivos debido a la variación dentro del estudio (generalmente la variación entre los participantes) y la variación entre los estudios (heterogeneidad) (Higgins y Thompson, 2002). Cada estudio se realizó con diferentes protocolos y participantes, por lo que la elevada heterogeneidad de los resultados de este meta-análisis se debe a estos aspectos.

i) Efectos fisiológicos y físicos

La literatura demuestra que el aumento del flujo sanguíneo venoso inducido por la compresión podría favorecer la eliminación de metabolitos y el suministro de nutrientes (Berry y McMurray, 1987; Chatard et al., 2004). Sin embargo, se han encontrado efectos negativos de las prendas de compresión en la eliminación de la $[La^-]$ después del ejercicio (Fig. 12). Vale la pena mencionar que la $[La^-]$ per se no es un indicador realmente válido de la calidad de la recuperación (Barnett, 2006). Además, el hecho de que con las medias de compresión el lactato se retiene parcialmente en el músculo previamente activo, en lugar de ser limpiado más rápidamente (Berry y McMurray, 1987; Rimaud et al., 2010), sugiere que la eficacia de usar las prendas de compresión durante la recuperación puede ser limitada, en lugar de favorecer la gluconeogénesis muscular (Bangsbo, Madsen, Kiens, y Richter, 1997), un importante destino del lactato durante la recuperación (Fournier et al., 2002; McDermott y Bonen, 1992). Por otra parte, estudios que señalaron cambios en la $[La^-]$ (Berry y McMurray, 1987; Chatard et al., 2004) también mostraron pequeños cambios del volumen plasmático, lo que puede explicar las reducciones observadas en la $[La^-]$.

El ejercicio que daña la estructura de la célula del músculo esquelético provoca un aumento de la CK (Armstrong et al., 1991; Epstein, 1995; Mair et al., 1995), siendo el reflejo de la difusión y el aclaramiento en el sistema circulatorio (Clarkson y Hubal, 2002). La CK pasa del tejido muscular dañado al fluido intersticial antes de entrar en la circulación sanguínea (Hortobagyi y Denahan, 1989), de modo que no aparece en la sangre hasta varias horas después (Volfinger, Lassourd, Michaux, Braun, y Toutain, 1994). Por un lado, varios estudios han señalado que las concentraciones de CK en los grupos experimentales no son tan altos como los detectados en los grupos control, aunque las diferencias entre grupos comiencen a las 24 (Duffield y Portus, 2007), 48 (Kraemer et al., 2001b) o 72 h. post-ejercicio (Kraemer et al., 2001a). Por otra parte, varios estudios no mostraron diferencias entre las condiciones, aunque la actividad de la CK aumentó significativamente en ambos grupos tras el protocolo inductor de EIMD (Davies et al., 2009; Duffield et al., 2008, 2010; French et al., 2008; Jakeman et al., 2010a, 2010b). Hallazgos previos (Born et al., 2013; Hill et al., 2013) han señalado que el uso de las prendas de compresión podría reducir las concentraciones sanguíneas de CK, atribuyéndose a una atenuación en la liberación de CK al torrente sanguíneo, la mejora del retorno venoso y el mejor aclaramiento de metabolitos (Ali et al., 2007; Kraemer, French y Spiering, 2004). Sin embargo, los resultados mostrados previamente (Fig. 13) indican que este beneficio no es tan claro como parecía, ya que el

tratamiento de compresión no atenúa la concentración de CK después del ejercicio. Aun así, la concentración de LDH (Fig. 14) si parece reducirse, en especial 48 h. post-ejercicio. Las respuestas de ambas enzimas podrían depender del lugar en el cual se produjo el daño muscular (Kraemer et al., 2001b), el nivel de entrenamiento de los participantes (Maughan y Gleeson, 2010; Pyne, 1994), el tipo y la familiaridad con la modalidad de ejercicio realizado, y por lo tanto, la mayor o menor liberación de enzimas específicas. De todos modos, la alta variabilidad inter e intra-individual en la respuesta de la CK y LDH supone cuestionarnos su precisión para medir la magnitud del EIMD, pues estos parámetros sirven, en su mayoría, como marcadores globales del daño de los elementos contráctiles y como indicadores de la recuperación, en lugar de proporcionar una evidencia de su progreso (Clarkson et al, 1986; Friden y Lieber, 2001).

La respuesta inflamatoria posterior al EIMD conduce a alteraciones de la homeostasis del Ca, necrosis celular y a infiltración de neutrófilos (Armstrong, 1984; Friden et al., 1989). Es más, la liberación de proteínas al líquido intersticial desde los elementos contráctiles dañados (Kraemer et al., 2001b) genera sensaciones de dolor y crea un aumento en la ósmosis de los tejidos (Volfinger et al., 1994). Debido al gradiente osmótico, los fluidos del sistema circulatorio son filtrados, lo que aumenta la presión del fluido intersticial e intracompartimental, dando como resultado el edema (Kraemer et al., 2001b). La aplicación de la compresión puede reducir el edema inducido por el ejercicio favoreciendo el transporte del fluido desde el intersticio muscular a la circulación (Burnand, Clemenson, Morland, Jarrett, y Browse, 1980; Kraemer et al., 2001a). Esto se debe a que el gradiente de presión externa atenúa los cambios en la presión osmótica y reduce el espacio disponible para la inflamación y el edema (Kraemer, French y Spiering, 2004). Aunque varios estudios no muestran diferencias significativas entre los grupos de compresión y de control (Carling et al., 1995; Davies et al., 2009), otros estudios si han encontrado diferencias inmediatamente después de un ejercicio de carrera (Bovenschen et al., 2013), a las 24 (Goto y Morishima, 2014) y 48 h. post-ejercicio (Kraemer et al., 2001b), incluso en el quinto día de la recuperación (Kraemer et al., 2001a). En base a los resultados (Fig. 15) los mayores beneficios de la compresión para reducir la inflamación se producen entre las 48 y 72 h. post-ejercicio, coincidiendo con el momento en el que la inflamación intramuscular y subcutánea se aprecian claramente (Kraemer, French y Spiering, 2004). La reducción del edema podría atenuar la respuesta inflamatoria, la cual estimula al mayor daño estructural (Kraemer et al., 2001b), y por lo tanto, puede ser la causa potencial subyacente de la reducción del DOMS (Jakeman et al., 2010b) o de la mejora en la recuperación de la de fuerza y potencia al usar prendas de compresión.

ii) Efectos en el rendimiento

La disminución de la fuerza después del ejercicio fatigante (Clarkson et al., 1992; Howell, Chleboun, y Conatser, 1993; Newham, Mills et al., 1983; Nottle y Nosaka, 2005) se debe al dolor y al daño estructural (Allen, 2001; Kraemer et al., 2001a, 2001b) y a la posible reducción de la función contráctil por interferencia contráctil periférica causada por la acumulación de intermedios metabólicos (Duffield et al., 2010; Green, 1997). La alteración de la función neural también se ha asociado con la inhibición de la función muscular (Michaut et al., 2002; Perrey et al., 2008), lo que sugiere la existencia de una "regulación

central", presentado en la literatura como una protección central del músculo de una mayor fatiga periférica y EIMD (Gandevia, 2001). La alineación de la fibra muscular proporcionada por las prendas de compresión (Kraemer et al., 2001a) puede limitar el EIMD y estimular una mejor recuperación de las estructuras de membrana, acelerando la recuperación de los componentes y procesos contráctiles, sirviendo como soporte mecánico externo al músculo.

Esta podría ser la razón de los resultados obtenidos en la potencia (Fig. 16) y la fuerza (Fig. 17). En todos los momentos de seguimiento se observa un efecto positivo cuando se aplica un tratamiento compresivo en comparación con los grupos control, confirmando los hallazgos de investigaciones anteriores (Born et al., 2013; Hill et al., 2013). Aunque se observan beneficios inmediatamente después del ejercicio, los mejores resultados en la recuperación de la fuerza y potencia son especialmente positivos a las 24 h. post-ejercicio. Varios autores han señalado que el tratamiento de compresión parece ser particularmente beneficioso entre 48 y 72 h. post-ejercicio en el torque máximo y la fuerza muscular isocinética (Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Perrey et al., 2008) y a las 24 h. después del ejercicio en la activación voluntaria muscular (Perrey et al., 2008). Estos resultados sugieren que, a pesar de que las propiedades contráctiles podrían recuperarse relativamente pronto, la recuperación de la capacidad de generar fuerza parece retrasarse ligeramente. También debe considerarse la contribución del ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA) a la mayor producción de fuerza (Miyaguchi y Demura, 2006). En tanto que elimina en gran medida la contribución de la CEA al rendimiento obtenido, el SJ y los test de extensión de rodilla pueden ser considerados como los mejores indicadores del rendimiento de los extensores de rodilla, en detrimento del CMJ (Jakeman et al., 2010b).

Otras áreas de evaluación relacionadas con la potencia muscular, pero no analizados en este estudio, son los indicadores de velocidad y habilidad en cambios de dirección. El rendimiento en sprint (5, 10, 20 y 30 m.) medido en varios estudios (Davies et al., 2009; Duffield et al., 2008; French et al., 2008), así como el test 5-0-5 (Davies et al., 2009), o el test de carrera en M (French et al., 2008) muestran resultados contradictorios: no había ninguna diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo de control a las 24-48 horas después de varios tipos de ejercicio. Nuevos estudios son necesarios para determinar la influencia de las prendas de compresión en indicadores de velocidad y habilidad en cambios de dirección.

iii) Respuesta perceptiva

El DOMS se presenta asociado al EIMD, por lo que la percepción de DOMS es ampliamente utilizada para evaluar los efectos de las prendas de compresión durante la recuperación (MacRae et al., 2011). Proporciona una valiosa información sobre el estado muscular, pero puede no reflejar específicamente la magnitud del EIMD (Nosaka, Newton y Sacco, 2002). Los mecanismos subyacentes al DOMS siguen sin estar claros (Cheung et al., 2003; MacIntyre et al., 1995), pues las células inflamatorias no están siempre activas cuando se aprecia el DOMS (Schwane et al., 1982). Por lo tanto, otros factores podrían contribuir a la percepción de DOMS (Friden et al., 1986; Newham, 1988; Stauber et al.,

1990). Además, el tiempo transcurrido entre el EIMD y el DOMS todavía es tema de controversia, en tanto que la respuesta inflamatoria comienza varias horas después de la lesión del tejido, antes de que los músculos se perciban como dolorosos (Armstrong, Garshnek, y Schwane, 1980). Los efectos positivos del tratamiento compresivo podrían reducir el DOMS independientemente de la hora en la que se realice la medición, aunque se debe tener cuidado con esta interpretación por la subjetividad de esta medición (Brophy-Williams, Driller et al., 2015; Davies et al., 2009). Los resultados mostrados previamente muestran el alivio en la percepción de DOMS, siendo más pronunciado a las 72 h. post-ejercicio. Por ello, el uso de las prendas de compresión puede ser beneficioso para promover una recuperación psicológica del ejercicio de alta intensidad, independientemente de los posibles cambios fisiológicos.

6. Parte empírica (descriptiva y experimental)

**Ninguna ciencia, en cuanto a ciencia, engaña;
el engaño está en quien no sabe.**

Miguel de Cervantes Saavedra (1547-1616), escritor español.

**Lo que hoy se llama método científico no es ya una lista de recetas
para dar con las respuestas correctas a las preguntas científicas,
sino el conjunto de procedimientos por los cuales
se plantean los problemas científicos
y se ponen a prueba las hipótesis científicas.**

Mario Bunge (1919-...), físico, filósofo y epistemólogo argentino.

**El objetivo de la ciencia es
buscar explicaciones sencillas para hechos complejos.**

Alfred North Whitehead (1861-1947), matemático y filósofo inglés.

6.1. Método

Tal y como se expuso en el punto 4. Diseño de la investigación, la presente Tesis Doctoral incluye una revisión sistemática con metaanálisis, una parte descriptiva, y una parte experimental. Una vez mostrada la revisión sistemática con metaanálisis, se muestra de aquí en adelante la parte descriptiva y experimental.

6.1.1. Procedimiento

i) Reclutamiento de los participantes y características

Los participantes de la presente Tesis Doctoral son deportistas activos ($n=18$, $24\pm 4,07$ años, $1,77\pm 0,05$ m, $71,8\pm 6,28$ kg y $22,73\pm 1,81$ IMC), jugadores de fútbol masculinos (semi-profesionales) con $4,07\pm 2,12$ años de experiencia en la categoría en la que jugaban cuando se realizó la recogida de datos (Tercera División y Regional Prefrente). Para su reclutamiento, en primer lugar, se realizaron diversas entrevistas con el entrenador del club correspondiente en donde se le facilitó un documento con información detallada sobre los objetivos, la metodología, los beneficios y los riesgos del proyecto de investigación. Una vez que el entrenador mostró su conformidad, se realizó otra entrevista con los jugadores en la que se les explicó grupalmente toda la información del proyecto de investigación. Todos los jugadores recibieron una copia con información sobre el proyecto de investigación y firmaron un consentimiento informado.



Imagen 1. Sala donde se facilitó toda la información relacionada con la Tesis Doctoral.

A cada uno de los participantes se le entregó un cuestionario sobre el estado de salud y otro sobre el historial de actividad física que habitualmente realizan. Con ello obtuvimos los datos necesarios para poder incluir o excluir a los participantes del estudio. Todos los participantes incluidos estaban en un adecuado estado de salud, sin haber tenido ninguna lesión músculo-esquelética grave en la extremidad inferior en los 6 meses anteriores al inicio del estudio y entrenaban como mínimo 4 horas a la semana, más el partido competitivo correspondiente al fin de semana. Ningún participante tenía contraindicaciones graves músculo-esqueléticas, metabólicas, cardiovasculares, respiratorias, hematológicas o

endocrinas al ejercicio. Únicamente excluimos de manera voluntaria a los porteros, por la posible influencia que puede haber de la posición que ocupa y sus exigencias físicas y fisiológicas respecto a los jugadores de campo (Reilly y Thomas, 1976).

Los participantes, cuyas características se muestran en la Tabla 11, se distribuyeron en 4 grupos: grupo con medias de compresión (Grupo Socks – GS), grupo con perneras de compresión (Grupo Full Leg - GFL), grupo con musleras de compresión (Grupo Quad - GQ) y grupo control (GC). Además, se realizó otro grupo (Grupo Experimental - GE) para el análisis estadístico juntando los datos del GS, GFL y GQ. La asignación de los participantes a los grupos se realizó de manera aleatoria. Los grupos se mantuvieron estables durante todo el periodo de investigación.




Tabla 11. Características antropométricas de los participantes para cada uno de los grupos realizados en la parte experimental.

	n	Talla (m)	Masa corporal (kg)	IMC (u.a)
GS	6	1,79 ± 0,07	67,85 ± 6,98	21,1 ± 1,8
GFL	6	1,76 ± 0,04	73,08 ± 3,54	23,51 ± 0,89
GQ	6	1,78 ± 0,05	74,47 ± 6,59	23,57 ± 1,81
GC	10	1,77 ± 0,05	71,18 ± 5,7	22,92 ± 2,38
GE	18	1,78 ± 0,05	71,8 ± 6,28	22,72 ± 1,82

IMC: índice de masa corporal; kg: kilogramo; m: metros; n: tamaño de la muestra

Para garantizar que la presión ejercida por la prenda de compresión se mantuviera en el rango establecido (sabiendo que la presión exacta depende de las circunferencias de cada participante), las tallas fueron asignadas en función de las recomendaciones del fabricante. El rango de presión se corresponde con la clase II. En la Tabla 12 se reflejan los grupos y las características de las prendas de compresión utilizadas.

Tabla 12. Características de los grupos realizados en la parte experimental.

Grupos para la investigación experimental					
	Imagen	Presión (mmHg)	Composición	Participantes	Talla
GS		20-25 tobillo	64% Poliamida 14% Elastano 22% prolen	E1	3M
		15-20 gemelo		E5	3M
				E8	3L
		15-20 gemelo		E9	3M
				E4	2M
				E17	3M
GFL		25-30 gemelo	65% Poliamida 30% Elastano 5% Poliester	E2	T2
		15-20 muslo		E13	T2
				E3	T2
		15-20 muslo		E7	T3
				E12	T2
				E18	T3
GQ		15-20 muslo	63% Poliamida 28% Elastano 9% Poliester	E6	T2
				E10	T2
				E11	T3
				E14	T3
				E15	T2
				E16	T2

ii) Lugar de la recogida de datos

El lugar de la recogida de muestras y datos fue el Complejo Municipal de Deportes y el campo Municipal de Tarazona, ubicado en Avda. La Paz s/n, 50500, Tarazona (Zaragoza). La recogida de muestras sanguíneas fue realizada en una sala habilitada especialmente para la ocasión, y en todo momento se respetaron unas condiciones higiénicas y de seguridad para los participantes y los investigadores. La valoración de $[La^-]$, saturación de O_2 de la hemoglobina (SaO_2), asignación de valores perceptivos y test de condición física fue realizada en la pista polideportiva de un pabellón cubierto contiguo al campo de fútbol de césped artificial donde se realizaron los partidos de fútbol entre los participantes.



Imagen 2. Instalaciones donde se recogieron todos los datos de la Tesis Doctoral.

Un mes antes de la primera recogida de datos se realizó una prueba piloto con todos los participantes en la que se facilitaron las instrucciones de realización de cada prueba y se resolvieron dudas y problemas. Esta prueba permitió calcular los tiempos totales y parciales de las pruebas, optimizando así el tiempo solicitado a los participantes.

iii) Recomendaciones y limitaciones

Durante los periodos de toma de datos, los participantes tuvieron que asumir varias limitaciones para controlar variables que pudieran afectar a los resultados, así como seguir una serie de recomendaciones propuestas por los investigadores. Se facilitaron unas recomendaciones para la utilización y el cuidado de las prendas de compresión, y otras de hábitos de sueño y nutrición. Además, recibieron una serie de limitaciones, entre las que se incluyen:

- Farmacológicas: abstenerse de tomar medicamentos antiinflamatorios, paracetamol, corticosteroides, sedantes, anticoagulantes, analgésicos y otros medicamentos de venta con receta, así como suplementos nutricionales, desde una semana antes del inicio del estudio y durante las semanas de toma de datos.
- Terapéuticas: abstenerse de utilizar otros medios que pudieran favorecer la recuperación y el alivio del dolor como masajes, masajes de frío o calor, aplicación de hielo, sesiones de hidroterapia (crioterapia o termoterapia), estiramientos, cremas tópicas, o cualquier otro tipo de tratamiento desde una semana antes del inicio del estudio y durante las semanas de toma de datos.
- Otras limitaciones: aquellas mostradas a continuación debieron respetarse desde una semana antes del inicio del estudio y durante las semanas de toma de datos:
 - Quitarse o ponerse la prenda de compresión excepto en los periodos definidos para ello.

- No realizar cualquier otra actividad física aparte del partido de fútbol y las actividades físicas diarias.
- Limitar la temperatura y la duración al bañarse los miembros inferiores (2 minutos).

Ningún participante indicó haber incumplido alguna de estas limitaciones durante el periodo de la investigación.

iv) Control de variables contaminantes

Para conseguir la máxima validez interna posible de los resultados obtenidos en este estudio, y siguiendo las directrices propuestas por Halperin, Pyne y Martin (2015) para la investigación en ciencias del deporte y el ejercicio, se controlaron diferentes variables. Los siguientes aspectos refieren a cada uno de los periodos de toma de datos.

Se pidió a los participantes que evitaran cualquier tipo de ejercicio intenso durante las 24 h. antes de la medición basal (Ali et al., 2010; Bieuzen et al., 2014; Davies et al., 2009; Duffield, Murphy, Kellett, y Reid, 2014; Lovell, Mason, Delphinus, y McLellan, 2011) y durante los días en los que se realizó cada periodo de recogida de datos. Cada participante tuvo que registrar en un diario las actividades físicas que su vida cotidiana le requirió, incluyendo la duración de las mismas. El sueño fue semi-controlado ya que se facilitaron unas recomendaciones y cada participante registró las horas de sueño diarias durante el periodo de mediciones.

Con el fin de controlar las variables nutricionales y su posible influencia en los resultados (Hogervorst et al., 2008; Kirwan, Cyr-Campbell, Campbell, Scheiber, y Evans, 2001), los sujetos registraron en un diario las ingestas realizadas 24 h. antes de la medición basal, la cual debió ser replicada durante los días posteriores en los que hubo recogida de datos (Ali et al., 2007; Ali et al., 2010; de Glanville y Hamlin, 2012; Driller y Halson, 2013; Duffield et al., 2014; Kraemer et al., 2010; Lovell et al., 2011). La única imposición nutricional fue el desayuno, el cual estuvo compuesto de un zumo de frutas de 20 ml, una pieza de fruta a elección del sujeto y 5 galletas. La ingesta del desayuno se realizó 3 h. antes de la recogida de datos (Duffield et al., 2010), excepto los días que se tomaron muestras sanguíneas, que se realizó después de las mismas. Se pidió a los participantes que no consumieran alcohol 24 h. antes del comienzo y durante los días en los que se realizaron la recogida de datos (Davies et al., 2009; de Glanville y Hamlin, 2012; Duffield et al., 2014; Lovell et al., 2011) y que evitaran la toma de cafeína 3 h. antes de la de recogida de datos (de Glanville y Hamlin, 2012; Duffield et al., 2014; Lovell et al., 2011). Se pidió a cada participante beber 0,5 l. de agua por la noche (Kraemer et al., 2010) y la mañana (French et al., 2008) de la recogida de muestras sanguíneas para normalizar el estado de hidratación. Durante el resto del tiempo, el consumo de agua fue ad libitum (Goto y Morishima, 2014), excepto durante la recogida de datos, en la cual no se pudo consumir agua. Toda esta información fue facilitada a los participantes por escrito.

Se garantizó que las condiciones ambientales fueran similares en cada uno de los periodos durante los test de condición física realizando los mismos en el pabellón polideportivo,

evitando los posibles problemas asociados (Nimmo, 2004; Terrados y Maughan, 1995). La recogida de datos se realizó con valores medios de 19,5° C y 83,4% de humedad. Estos datos se registraron con 7755 CO2/Temp./RH Meter (AZ Instrument Corp, Taiwan), cuya precisión en la temperatura según el fabricante es $\pm 0,6\text{C}/\pm 0,9^\circ\text{C}$ y en la humedad de $\pm 3\%$ (con 25° C y 10-90%) y $\pm 5\%$ (con 25° C y otras condiciones). Los partidos se disputaron con unos valores medios de 12,3° C y 70,8% de humedad. En cualquier caso, parece que el estrés térmico ambiental no agrava el EIMD durante el periodo de recuperación tras partidos de fútbol (Nybo et al., 2013), por lo que la diferencia de temperatura entre ambos días es una variable no contaminante de los resultados.

Durante la recogida de datos no hubo ninguna persona ajena a la investigación con acceso a la pista polideportiva para evitar distracciones de los participantes. Los investigadores únicamente alentaron a los participantes a obtener el máximo rendimiento en cada prueba antes del inicio de la misma. Para optimizar la recogida de datos se pidió a los participantes acudieran al lugar de la toma de datos en dos grupos y en momentos diferenciados, cada uno de los cuales realizó ese protocolo con idénticos tiempos de espera. Cada una de las recogidas de datos fue realizada a la misma hora que el día anterior (en un rango de una hora; por ejemplo, el sujeto A fue siempre testado entre las 12:00 y las 13:00 h.), evitando así la posible influencia de los ritmos circadianos (Chtourou y Souissi, 2012; Hill, Borden, Darnaby, Hendricks, y Hill, 1992) en los resultados obtenidos.

v) Recogida de datos y procedimientos de las mediciones

Se eligió un diseño cruzado de dos etapas. En este diseño cada sujeto del estudio fue asignado a un grupo experimental en un periodo de recogida de datos y al GC en otro. Cada participante del GS, GFL o GQ disputó el partido con las prendas de compresión correspondientes y las llevaron durante 7 h. post-partido durante los 3 días post-partido (los días post-partido se las colocaron después de realizar la recogida de datos). Únicamente se retiraron las prendas de compresión en el descanso del partido, durante la realización de las pruebas para la recogida de datos y tras haber estado 7 horas con ellas puestas. Debido a la configuración del calendario de competiciones, y para no interferir en la dinámica normal de entrenamientos, se dejaron 3 semanas entre los dos periodos de recogida de datos. De este modo, las fechas coincidieron con fines de semana en los que no hubo competición. Durante las 3 semanas entre los dos periodos de recogida de datos los participantes realizaron la dinámica normal de entrenamientos, sin interferencia con la investigación, a pesar de que la semana anterior tuvieron que cumplir las recomendaciones y limitaciones impuestas, pero que no afectaban al proceso de entrenamiento del equipo. De este modo, evitamos un posible efecto de desentrenamiento entre un periodo y otro de recogida de datos. Los datos utilizados como basales para ambos estudios fueron la media de los datos obtenidos en ambos periodos de recogida de datos.



Imagen 3. Momento de juego de uno de los partidos realizados.

Durante todo el proceso de recogida de datos se siguió el mismo protocolo de realización de las pruebas. En ambos periodos, el día anterior a los partidos se registraron datos de biomarcadores de fatiga y EIMD, inflamación, RPE y recuperación percibida (TQR), dolor percibido, altura en CMJ, altura en SJ, sprint 10 y 20 m, T-Test, RSA y YYIR2 consideradas como control (pre-partido). Una hora antes de los partidos se registraron datos de la $[La^-]$ y SaO_2 . Durante los partidos se obtuvieron datos de carga interna y carga externa. Las variables de carga interna fueron $\%FC_{med}$, $\%FC_{máx}$, tiempo (min.) en 50-59% FC, tiempo en (60-69% FC, tiempo en 70-79% FC, tiempo en 80-89% FC, y tiempo en 90-100% FC. Las variables registradas de carga externa fueron Dt, $V_{máx}$ (km/h), número de sprints (>23 km/h), número de MD, número AD, número de AA, y número de MA. En el descanso de los partidos se obtuvieron datos de $[La^-]$, SaO_2 , RPE, dolor percibido e inflamación. En el post-partido se obtuvieron datos de $[La^-]$, SaO_2 , RPE, dolor percibido, inflamación, CMJ, SJ, sprint 10 y 20 m, T-Test, RSA y YYIR2. 24 y 48 h. post-partido se registraron datos de RPE, TQR, dolor percibido, inflamación, CMJ, SJ, sprint 10 y 20 m, T-Test y RSA. 72 h. post-partido se registraron datos de biomarcadores de fatiga y EIMD, RPE, TQR, dolor percibido, inflamación, CMJ, SJ, sprint 10 y 20 m, T-Test, RSA y YYIR2. El orden de las pruebas para la recogida de datos fue el descrito anteriormente. La Fig. 19 representa el procedimiento seguido para la recogida de datos.

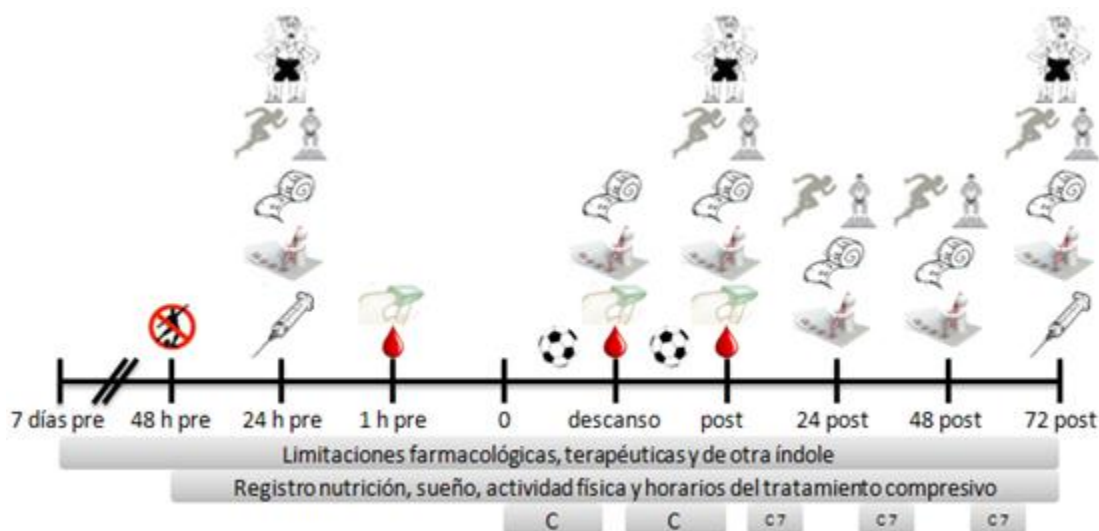


Figura 19. Representación esquemática del procedimiento de recogida de datos.

Dado que el resultado obtenido en algunas pruebas de condición física varía dependiendo de la temperatura muscular (Sargeant, 1987), se efectuó siempre un calentamiento estándar.

Éste se realizó cada uno de los días de recogida de datos, después de realizar la recogida de datos de $[La^-]$, SaO_2 , perceptivos y antropométricos y antes de las pruebas de condición física. Estaba compuesto por ejercicios de carrera a baja intensidad combinados con estiramientos dinámicos (100 metros de carrera continua, y 8 repeticiones de estiramientos dinámicos de la musculatura abductora, isquiotibiales, cuádriceps y split a una pierna), seguido de 3 repeticiones de CMJ y SJ, ejercicios de carrera a mayor intensidad combinados con cambios de dirección (2 repeticiones de carrera de 5 metros con 4 cambios de dirección de 90° , cada repetición realizada en un sentido de giro).

Los partidos de fútbol (22 jugadores) se realizaron en un campo de césped artificial de 102x63m. Para alcanzar el número de jugadores necesarios, en ambos partidos se pidió la colaboración de otros compañeros de equipo y club de los participantes. Cada sujeto asumió el mismo rol sociomotor (posición) dentro del sistema de juego en ambos partidos. Un único árbitro fue el encargado del desarrollo del juego. El reglamento fue el establecido en el año 2015 por la International Football Association Board (FIFA). La duración del partido fue de 45 min. cada una de las partes, con un descanso de 15 min., durante el cual los jugadores permanecieron sentados. Alrededor del campo se colocaron balones para aumentar el tiempo efectivo de juego.



Imagen 4. Momento de juego de uno de los partidos realizados en el que se aprecian las prendas de compresión utilizadas.

a) Estatura y masa corporal

La altura y masa corporal se midieron con una báscula con tallímetro incorporado modelo SECA (Seca, Bonn, Germany) con una precisión de 2 mm y rango de medición (130-210 cm). Estos datos fueron tomados el día de la medición control antes de cada uno de los periodos de mediciones, pero en la Tabla 12 se muestran los valores medios de ambos periodos de mediciones.

b) Monitorización de frecuencia cardiaca y variables de carga externa

Durante los partidos se monitorizó la FC y se obtuvieron datos de carga externa con el Polar Team Pro (Polar Team System, Kempele, Finland), que combina la tecnología GPS y

del acelerómetro con la monitorización de la frecuencia cardiaca (Barezani, Pimenta, y Morandi, 2016; Demiriz, Erdemir, y Kayhan, 2015; Schönfelder, Hinterseher, Peter, y Spitzenpfeil, 2011). Al finalizar el partido, los datos se guardaron en el servicio web Polar Team Pro y fueron posteriormente exportados y tratados utilizando Microsoft Excel 2010.



Imagen 5. Monitorización de carga interna y externa.

c) Marcadores bioquímicos de daño muscular

El Dr. Iñaki Arratibel (nº de colegiado 202003503) realizó la recogida de muestras en una sala habilitada específicamente para ello. El material sanitario utilizado para la extracción de sangre fue torniquete compresor, guantes desechables, apósitos y esparadrapo, etanol, algodón, tubos y jeringa, el cual provenía del laboratorio Tolosa Kirol Medikuntza. Se obtuvieron en estado de ayunas de la vena antecubital en tubos de ensayo secos, sin anticoagulantes. Se mantuvo un ambiente estéril en todo momento, se utilizaron guantes de látex y agujas nuevas, y se limpió cuidadosamente la piel y se mantuvo el área limpia y seca hasta que la piel curó minimizando el riesgo de infección. La recogida de datos de las muestras de sangre se realizó a través de informes médicos provenientes de otro laboratorio colaborador en la investigación: Laboratorio Uriarte.

d) Concentración de lactato sanguíneo

La $[La^-]$ se midió antes de los partidos (valores basales), entre 3-5 min. tras el descanso y el final del partido. Fue imposible tomar las muestras en un periodo de tiempo menor debido a la escasez de medios. El Dr. Iñaki Arratibel realizó la recogida de muestras. Se analizó con un analizador Lactate Pro2 (Arkray, Shiga, Japón), con rango de medida de 0,5~25,0 mmol/L, tiempo de medida de 15 s. y volumen de muestra de 0,5 μ L. El Lactate Pro2 tiene una precisión $<0,5$ mmol/L para concentraciones entre 1,0-10 mmol/L y un CV 4,4%, siendo uno de los analizadores portátiles con menor error para concentraciones >15 mmol/L (Bonaventura et al., 2015). Se obtuvo una muestra del lóbulo de la oreja hiperemizado voluntariamente (Linderman et al., 1990), ya que si se mantiene un buen flujo de sangre, la concentración de sangre capilar es un buen reflejo de la concentración arterial, el riesgo de hemorragia e infección es pequeño, y la técnica de extracción es muy sencilla

pues se extraen cantidades de sangre muy pequeñas (Graham, 1984; Williams, Armstrong, y Kirby, 1992). Antes de recolectar la muestra, el lóbulo fue limpiado de sudor con alcohol, ya que la concentración de lactato en el sudor es considerablemente mayor que en la sangre y si se contamina la sangre con sudor puede dar valores erróneos elevados (Bishop y Martino, 1993). Tras ello, el lóbulo fue punzado con una lanceta descartable, desechando la primera gota de sangre y tomando la muestra de sangre para el análisis con la segunda gota. Los datos obtenidos se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto.

e) Saturación de O₂ de la hemoglobina

El investigador principal midió la SaO₂ antes de los partidos (valores basales), entre 3-5 min tras el descanso y el final del partido, estando el sujeto sentado y con la mano hiperemizada voluntariamente y apoyada sobre una superficie estable. Como en estudios anteriores (Areces et al., 2015), se utilizó un oxímetro de pulso en forma de pinza (OXYM2001; Quirumed, Valencia, España) con un rango de pulso radial de 30-250 BPM, una resolución de $\pm 1\%$ para la SaO₂ y ± 1 BPM para el pulso, y una precisión de la medición para la SaO₂ de 70-99% $\pm 2\%$ $< 70\%$. Se aplicaron productos antisépticos sobre la superficie de la piel para así limpiarla de gérmenes antes y después de la prueba. Los datos obtenidos se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto.

f) Percepción subjetiva de esfuerzo

Para el registro de la percepción subjetiva de esfuerzo se utilizó la escala Rating Of Perceived Exertion (RPE) (Borg, 1977; Borg, 1962; Borg, 1970) en su versión original (6-20). Se registraron datos antes del partido, y 10 min. después del descanso y el post-partido (Los Arcos, Martínez-Santos, Yanci, Mendiguchia, y Méndez-Villanueva, 2015; Los Arcos, Yanci, Mendiguchia y Gorostiaga, 2014). Todos los jugadores estaban familiarizados con el uso de esta escala, ya que la utilizaban durante los entrenamientos. Se obtuvo información acerca del esfuerzo global realizando la pregunta “¿cuán dura fue la sesión de entrenamiento?” (Wallace, Coutts, Bell, Simpson, y Slattery, 2008), la cual fue realizada mientras el participante observaba la escala.

g) Percepción subjetiva de dolor muscular

Para el registro del dolor muscular se solicitó a los participantes que cuantificaran la percepción de dolor muscular en las piernas en una escala de 6-20, para que pudiera relacionarse con el esfuerzo percibido mediante la escala RPE (Tessitore et al., 2011), asignando valores cada uno de los grupos musculares afectados en una imagen similar a la utilizada por Ali et al. (2010). Se solicitó a los participantes que diferenciaron el dolor percibido en función de diferentes grupos musculares: dolor tibial (DT), dolor cuádriceps (DC), dolor aductores (DA), dolor sóleo (DS), dolor isquiotibiales (DI) y dolor glúteo (DG). Se registraron datos antes del partido, y 10 min. después del descanso y en diferentes momentos post-partido. Los datos se obtuvieron mientras los sujetos contraían los músculos de las piernas en posición de media sentadilla (Thompson et al., 1999) y se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto.

h) Percepción subjetiva del nivel de estrés-recuperación

Para el registro de la percepción del nivel de estrés-recuperación se utilizó la escala TQR (Kenttä y Hassmén, 1998), en este caso en su versión percibida (TQRper) en escala 6-20 (Cottrill, 2007; Plowman y Smith, 2008) con traducción al castellano, para poder relacionarse con el RPE (Kenttä y Hassmén, 1998). Todos los participantes se familiararon con el uso de esta escala durante los entrenamientos realizados entre el momento de reclutamiento y el inicio de la toma de datos. Se obtuvo información acerca de la percepción de recuperación realizando la pregunta: ¿cómo valora su recuperación total durante 24 h. anteriores? (Plowman y Smith, 2008), la cual fue realizada por el investigador principal mientras el sujeto observaba la escala y lo anotaba en su una planilla efectuada a tal efecto.

i) Inflamación muscular

Para la evaluación de la inflamación se realizó una valoración antropométrica del perímetro del muslo medial y del perimetro de la pantorrilla. El fisioterapeuta del club (número 988 del ICOFA) realizó la recogida de datos. Para la medición se utilizó una cinta antropométrica con graduación de 1 mm (COMED, Estrasburgo, Francia). Se siguió un proceso estandarizado de acuerdo a las consideraciones de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (Stewart, Marfell-Jones, Olds, y de Ridder, 2011). Para la medición del perímetro del muslo medial, los participantes estaban en una posición erecta, con los pies ligeramente separados, y el peso corporal distribuido equilibradamente entre ambos pies. Se tomó en el nivel medio entre las marcas trocántérea y tibial lateral. Se usó la técnica de las manos cruzadas, controlándose el nivel de la cinta en la cara interior del muslo (entre las piernas) donde suele desnivelarse. Los dedos índices y pulgares fueron usados para manipular y fijar la cinta, a fin de que el nivel de la misma esté perpendicular al eje longitudinal del fémur. Para la medición de la pantorrilla los participantes estaban de espaldas al evaluador sobre un pequeño banco y con el peso equitativamente distribuido en ambos pies. La medición se realizó en la cara lateral de la pierna, contorneando la cinta alrededor de la pantorrilla, en la forma descrita previamente. El máximo perímetro se encontró usando los dedos medios para manipular la posición de la cinta en una serie de mediciones hacia arriba y abajo, hasta que se identificó la circunferencia máxima. Los sitios de medición fueron marcados con un marcador permanente para asegurar la confiabilidad test-retest. Los datos obtenidos se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto.

j) Potencia muscular mediante salto vertical

Para determinar la potencia muscular se midió la máxima altura alcanzada en un test de salto vertical (Sargent, 1921) con el sistema portátil de medición óptica Optojump Next (Microgate, Bolzano, Italia). Se realizaron dos modalidades de salto vertical: CMJ y SJ. Se ha demostrado en estudios previos que la fiabilidad del CMJ y SJ es muy alta (ICC: 0,94-0,97, CV: CMJ 2,8% y SJ 3,3%) (Chaouachi et al., 2009, 2010; Chtara et al., 2008; Markovic, Dizdar, Jukic, y Cardinale, 2004), que efectuando tres o más intentos se logran

índices de correlación test-retest altos ($r=0.95$) (Bosco et al., 1983), tanto para la altura del salto vertical (0,9608) como para la potencia del salto vertical (0,9875) (Luebbers et al., 2003), y que el Optojump Next (Microgate, Bolzano, Italia) es válido y altamente fiable para la medición de saltos verticales (Glatthorn et al., 2011). Dado que los mejores resultados o los promedios obtenidos en saltos tienen una capacidad similar para monitorizar los cambios en salto en jugadores de fútbol (Al Haddad, Simpson, y Buchheit, 2015), se optó por utilizar los valores medios. Los deportistas aprendieron a realizar el salto durante el periodo de reclutamiento para asegurarnos que la técnica con la que realizaron el movimiento fue la adecuada. Los jugadores realizaron el CMJ y el SJ siguiendo el protocolo descrito por Bosco et al. (1983). Cada sujeto realizó 3 CMJ y 3 SJ con una recuperación mínima de 3 min. entre cada salto (González-Badillo y Gorostiaga, 2002). La calidad de la técnica realizada en el CMJ y SJ se comprobó mediante inspección visual en el lugar de medición. Los datos se guardaron en software del sistema Optojump Next y fueron posteriormente exportados y tratados utilizando Microsoft Excel 2010. Los saltos que no cumplían los requisitos establecidos se consideraban nulos. Ningún jugador realizó más de 2 saltos nulos en cada momento de mediciones.



Imagen 6. Recogida de datos de altura en salto vertical.

k) Aceleración y velocidad

El investigador principal realizó la recogida de datos de sprint de 10 y 20 m con tres fotocélulas (Microgate Racetime2. Microgate® Polifemo Radio Light, Bolzano, Italia) (Castagna, Impellizzeri, Bizzini, Weston, y Manzi, 2011), las cuales tienen una precisión de $\pm 0,085$ s/día para temperaturas exteriores entre $-20-0^{\circ}$ C y una resolución de $3,47 \times 10^{-5}$ s ($1/28800$ s), colocadas en el punto 0, a los 10 y a los 20 m, con una altura de 0,4 m respecto al suelo (Gorostiaga et al., 2009). El test consistió en recorrer a la máxima velocidad posible 20 m. de distancia, obteniendo datos a los 10 m. intermedios. Se realizaron 2 repeticiones con un descanso de 3 min. entre cada repetición (Los Arcos, Yanci, Mendiguchia, Salinero et al., 2014). Para evitar el encendido del sistema de cronometraje, los participantes se colocaron a 0,5 m de la primera célula situada en el punto 0 (Al Haddad et al., 2015; Santiago, Granados, Quintela, y Yanci, 2015; Yanci, Reina, Los Arcos, y

Cámara, 2013), y realizaron la salida cuando lo consideraron oportuno (Ronnestad, Kvamme, Sunde, y Raastad, 2008), eliminando así la influencia del tiempo de reacción (Al Haddad et al., 2015). Los datos obtenidos se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto.



Imagen 7. Recogida de datos de sprint de uno de los participantes.

l) Habilidad para realizar cambios de dirección

El investigador principal realizó la recogida de datos con células Tag Heuer Chronoprinter 505 (Tag Heuer, La Chaux de Fonds, Suiza) colocadas en el punto 0. Se realizó el T-Test de acuerdo al protocolo propuesto por Semenick (1990), muy utilizado en estudios con futbolistas (Chaouachi et al., 2012; Cressey, West, Tiberio, Kraemer, y Maresh, 2007; Hoffman et al., 2005; Hoffman, Cooper, Wendell, y Kang, 2004; Miller, Herniman, Ricard, Cheatham, y Michael, 2006) dado que presenta un ICC entre 0,914-0,96 y CV 2,09-1% (Chaouachi et al., 2010; Semenick, 1994). Se realizaron 2 repeticiones con un descanso de 3 min. entre cada repetición, y se siguieron las mismas indicaciones que en el test de sprint 10 y 20 m. Los datos obtenidos se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto.

m) Capacidad de repetir sprints (RSA)

La capacidad anaeróbica, entendida como la capacidad para realizar esfuerzos intermitentes de máxima intensidad, se evaluó mediante el Test RSA de Bangsbo con cambio de dirección (Bangsbo, 1994b). El investigador principal realizó la recogida de datos con tres fotocélulas (Microgate Racetime2). Se utilizó el protocolo descrito por Bangsbo (1994b), cuya validez y fiabilidad fue demostrada por Wragg, Maxwell y Doust (2000) y que ha sido ampliamente utilizado (Abrantes, Maças, y Sampaio, 2004; Fernandes da Silva, Guglielmo, Floriano, Arins, y Dittrich, 2009; Kaplan, 2010; Padilla y Lozada, 2013; Valente-dos-Santos et al., 2012a; Valente-dos-Santos et al., 2012b). Durante la recogida de datos, sólo un participante cayó en la primera repetición, de modo que repitió la prueba. Se realizó una

repetición y los datos obtenidos se volcaron sobre una planilla efectuada a tal efecto. Una vez realizado el test se obtuvieron los siguientes datos (Barbero, Méndez-Villanueva, y Bishop, 2006): RSAt, RSAm y el índice de fatiga de Fitzsimons (IFF) (Fitzsimons, Dawson, Ward, y Wilkinson, 1993).

n) Yo-Yo IR2

Para evaluar la capacidad de llevar a cabo esfuerzos intensos intermitentes que requieren una gran contribución anaeróbica combinada con un componente aeróbico significativo (Krustrup, Mohr, Nybo et al., 2006) se utilizó el test Yo-Yo IR2 (Bangsbo, 1994b) de acuerdo al protocolo descrito por Krustrup, Mohr, Nybo et al. (2006). El YYIR2 es un test válido, fiable, sensible y reproducible para la evaluación de los futbolistas (Bangsbo, Iaia, y Krustrup, 2008b; Fanchini et al., 2014; Krustrup, Mohr, Nybo et al., 2006), de ahí que sea extensamente utilizado (Iaia et al., 2015; Ingebrigtsen et al., 2012; Mohr y Krustrup, 2014; Mohr, Thomassen, Girard, Racinais, y Nybo, 2016; Rampinini et al., 2010; Rogan, 2015). El investigador principal anotó la distancia recorrida que representó el resultado de la prueba.

6.2. Análisis estadístico

Para el almacenamiento de datos de la investigación descriptiva y experimental se utilizó una hoja de cálculo Excel 2010 (Paquete Microsoft Office, Microsoft Corp.). El tratamiento estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS 20.0 (Chicago, IL) y Review Manager 5.3.5 (The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, Copenhague, Dinamarca).

Los datos de estadística descriptiva son mostrados como media (M) y SD. En todos los casos se rechazó la H0 si el valor p de probabilidad es menor que el nivel de significación elegido para ejecutar la prueba de contraste estadístico.

6.2.1. Análisis descriptivo de los partidos

Con el fin de detallar las características de la muestra participante en el estudio se realizó, en primer lugar, un análisis exploratorio. Por tratarse de una n menor a 50, optamos por una la realización de la prueba Shapiro-Wilk con el fin de observar que los datos obtenidos se ajustaban a la normalidad ($p < 0,05$) y la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de las varianzas. Dicho test toma como hipótesis nula la homocedasticidad y como alternativa la de heterocedasticidad. Si la probabilidad asociada al estadístico Levene no es estadísticamente significativa ($p > 0,05$) asumimos la hipótesis nula, la existencia de varianzas iguales (homocedasticidad), pero si es estadísticamente significativo ($p < 0,05$) rechazamos la hipótesis nula y asumimos varianzas distintas (heterocedasticidad). Una vez certificadas estas condiciones se procedió a la aplicación de la pruebas paramétricas o no paramétricas dependiendo del cumplimiento del criterio de normalidad. Para establecer si existen diferencias entre grupos en las variables analizadas se utilizó la prueba T para muestras independientes. Se consideró únicamente la significación de la prueba T para muestras independientes cuando se asumieron varianzas iguales (cuando la prueba de Levene ($p > 0,05$) es homocedástica). Para conocer el nivel de relación entre las variables que siguen la distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson ($p < 0,01$).

6.2.2. Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación

Por tratarse de una n menor a 50, optamos por la realización de la prueba Shapiro-Wilk con el fin de observar que los datos obtenidos se ajustaban a la normalidad ($p < 0,05$) y la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de las varianzas. Para conocer si la variable independiente influye sobre las variables dependientes hasta el punto de haber diferencias significativas entre los grupos se utilizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA de dos factores), la cual se aplicó junto a la prueba Post Hoc de Bonferroni para determinar qué medias difieren en caso de encontrar diferencias inter e intragrupos ($p < 0,05$). En aquellas variables que únicamente se midieron en dos momentos se utilizó la prueba T para muestras independientes en caso de seguir una distribución normal ($p < 0,05$) o la prueba U de Mann-Whitney en caso de seguir una distribución no normal ($p < 0,05$). Para conocer el

nivel de relación entre las variables que siguen la distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson ($p < 0,01$), pero en aquellas que no siguen la distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación Rho Spearman ($p < 0,01$). Para cuantificar la magnitud del efecto obtenido en cada una de las variables dependientes se utilizó la prueba g de Hedges (95% IC) según el modelo de efectos aleatorios, cuya valoración se realizó de acuerdo a la convención establecida en pequeño ($< 0,40$), moderado ($0,40-0,70$) o grande ($> 0,70$) (Hedges y Olkin, 1985). Para ello se transformaron los datos absolutos a datos relativos respecto a los valores obtenidos por cada participante en el pre-partido, sabiendo así el efecto real del tratamiento respecto a los valores pre-partido.

6.2.3. Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación

Por tratarse de una n menor a 50, optamos por la realización de la prueba Shapiro-Wilk con el fin de observar que los datos obtenidos se ajustaban a la normalidad ($p < 0,05$) y la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de las varianzas. Para conocer si la variable independiente influye sobre las variables dependientes hasta el punto de haber diferencias significativas entre los grupos se utilizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA de dos factores), la cual se aplicó junto a la prueba Post Hoc de Bonferroni para determinar qué medias difieren en caso de encontrar diferencias inter e intragrupos ($p < 0,05$). En aquellas variables que únicamente se midieron en dos momentos se utilizó la prueba T para muestras independientes en caso de seguir una distribución normal ($p < 0,05$) o la prueba U de Mann-Whitney en caso de seguir una distribución no normal ($p < 0,05$). Para conocer el nivel de relación entre las variables que siguen la distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson ($p < 0,01$), pero en aquellas que no siguen la distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación Rho Spearman ($p < 0,01$). Para cuantificar la magnitud del efecto obtenido en cada una de las variables dependientes se utilizó la prueba g de Hedges (95% IC) según el modelo de efectos aleatorios, cuya valoración se realizó de acuerdo a la convención establecida en pequeño ($< 0,40$), moderado ($0,40-0,70$) o grande ($> 0,70$) (Hedges y Olkin, 1985). Para ello se transformaron los datos absolutos a datos relativos respecto a los valores obtenidos por cada participante en el pre-partido, sabiendo así el efecto real del tratamiento respecto a los valores pre-partido.

6.3. Resultados

A lo largo del siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos derivados de los estudios que componen la presente Tesis Doctoral. Dichos resultados se expresan mediante la M como estadístico de tendencia central y la SD como medida de dispersión ($M \pm SD$).

Todos ellos están ordenados, para una mejor comprensión, según el artículo en el que se han publicado. Se han agrupado en los siguientes apartados:

1. Análisis descriptivo de los partidos
2. Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación.
3. Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación.

Se observará que durante determinados análisis de la segunda parte y el partido completo la muestra se ve reducida respecto a la primera parte (medio centro; grupo socks y experimental). Se debe a la lesión de un jugador al final de la segunda parte de uno de los partidos, de modo que el análisis estadístico se realizó utilizando únicamente sus datos de carga interna y externa de la primera parte, datos pre-partido, datos hematológicos, inflamatorios y perceptivos de todo el proceso de investigación.

6.3.1. Analisis descriptivo de los partidos

En este estudio se realizó un análisis descriptivo de los indicadores de carga interna y externa de los partidos de futbol responsables de la aparición del EIMD. También se valoró el nivel de relación entre las variables medidas. Asumiendo la variabilidad en el perfil condicional y fisiológico del futbolista en cada partido, el conocimiento de estos datos permitirá en capítulos posteriores realizar comentarios críticos basados en la evidencia empírica. Este análisis se realizó desde tres perspectivas:

1. Desde una perspectiva temporal: análisis en función de las partes del partido.
2. Desde una perspectiva experimental: análisis en función de la condición asignada.

Como se aprecia en la Tabla 13, todas las variables analizadas siguen una distribución normal, de modo que se realizaron pruebas paramétricas

Tabla 13. Análisis estadístico para comprobar la normalidad de la distribución de las variables de carga interna y carga externa.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
%FC _{med}	0,092	82	0,085	0,962	82	0,016
%FC _{máx}	0,091	82	0,090	0,949	82	0,003
Tiempo (min) 50-59 % FC	0,276	82	0,000	0,644	82	0,000
Tiempo (min) 60 - 69 % FC	0,189	82	0,000	0,837	82	0,000
Tiempo (min) 70 - 79 % FC	0,126	82	0,003	0,948	82	0,002
Tiempo (min) 80 - 89 % FC	0,129	82	0,002	0,955	82	0,006
Tiempo (min) 90 - 100 % FC	0,215	82	0,000	0,789	82	0,000
DT (m)	0,287	82	0,000	0,797	82	0,000
V _{máx} (km/h)	0,156	82	0,000	0,925	82	0,000
Nº sprints	0,147	82	0,000	0,911	82	0,000
Nº MD	0,132	82	0,001	0,910	82	0,000
Nº AD	0,129	82	0,002	0,899	82	0,000
Nº AA	0,156	82	0,000	0,831	82	0,000
Nº MA	0,180	82	0,000	0,844	82	0,000

AA: altas aceleraciones (2.0; 2.9 m/s²); AD: altas deceleraciones (-2.9; -2.0 m/s²); DT: distancia total; FC_{máx}: frecuencia cardiaca máxima; FC_{med}: frecuencia cardiaca media; FC: frecuencia cardiaca; gl: grados de libertad; h: hora; Km: kilómetro; m: metros; MA: máximas aceleraciones (3.0 m/s²); MD: máximas deceleraciones (-3.0 m/s²); min: minuto; Nº: número; s: segundo; sig; significación; V_{máx}: velocidad máxima

^a: Corrección de la significación de Lilliefors

i) Análisis temporal de las variables registradas

En la Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos del análisis descriptivo de cada variable durante las partes de ambos partidos. Dicho análisis temporal se realizó independientemente de las posiciones y el grupo asignado. Se pueden observar los datos de tendencia central y dispersión para cada una de las partes y el partido completo, así como la diferencia de medias entre las partes.

Tabla 14. Análisis descriptivo de las variables registradas durante las partes de los partidos.

Variable (unidades)	Parte 1 (n=28)	Parte 2 (n=27)	Partido completo (n=27)
	M ± SD	M ± SD	M ± SD
%FC _{med}	83,04 ± 8,09	77,74 ± 9,44 †	80,33 ± 8,43
%FC _{máx}	94,50 ± 5,53	92,07 ± 9,79	95,37 ± 6,58
Tiempo (min) 50-59 % FC	0,95 ± 1,93	2,37 ± 3,31	3,35 ± 5,01 †
Tiempo (min) 60 - 69 % FC	4,91 ± 4,71	8,71 ± 8,54	13,80 ± 12,07
Tiempo (min) 70 - 79 % FC	11,70 ± 7,21	12,41 ± 4,39	24,10 ± 10,39 †
Tiempo (min) 80 - 89 % FC	17,47 ± 6,92	15,46 ± 8,67	32,99 ± 13,45 † *
Tiempo (min) 90 - 100 % FC	9,94 ± 10,59	6,05 ± 7,9	15,38 ± 17,92
DT (m)	5189,82 ± 565,53	4821,67 ± 454,04 †	10001,48 ± 923,22 †
V _{máx} (km/h)	26,53 ± 2,32	25,04 ± 1,54 †	26,67 ± 2,37 *
Nº sprints	5,04 ± 2,73	4,26 ± 2,47	9,26 ± 4,82
Nº MD	33,71 ± 5,04	32,59 ± 4,33	69,11 ± 17,25
Nº AD	67,18 ± 11,35	66,15 ± 11,42	138,7 ± 33,69
Nº AA	71,39 ± 12,5	67,67 ± 11,18	139,26 ± 23,21
Nº MA	32,04 ± 5,33	30,77 ± 5,02	62,96 ± 9,65

AA: altas aceleraciones (2.0; 2.9 m/s²); AD: altas deceleraciones (-2.9; -2.0 m/s²); DT: distancia total; FC_{máx}: frecuencia cardiaca máxima; FC_{med}: frecuencia cardiaca media; FC: frecuencia cardiaca; h: hora; Km: kilómetro; m: metros; M: media; MA: máximas aceleraciones (3.0 m/s²); MD: máximas deceleraciones (-3.0 m/s²); min: minuto; N: tamaño de la muestra; Nº: número; s: segundo; SD; desviación estándar; V_{máx}: velocidad máxima
(p<0,05); † Diferencias significativas respecto a la primera parte; * Diferencias significativas respecto a la segunda parte

El análisis temporal de las variables de carga interna muestra que tanto el %FC_{med} como el %FC_{máx} son mayores en la segunda parte, habiendo diferencias significativas entre los valores de %FC_{med} (83,04±8,09 en 1ª parte vs 77,74±9,44 en 2ª parte; p<0,05). Asimismo, tanto en la primera como en la segunda parte los jugadores estuvieron en zonas de intensidad entre 80-90% FC durante un periodo de tiempo más largo que el resto de zonas de intensidad, seguido de la zona 70-80% FC. La zona 50-60% FC es la que muestra unos valores más bajos en ambas partes. Durante la primera parte los jugadores pasan más tiempo en la zona próxima a la FC_{máx} (90-100%) que en 60-70% FC, pero en la segunda parte los valores obtenidos muestran lo contrario, los jugadores están menos tiempo en zonas próximas a la FC_{máx} que en la zona 60-70% FC. En cualquier caso, no se han obtenido diferencias significativas entre la primera y segunda parte en el tiempo en cada uno de las zonas de FC (p<0,05).

Los resultados obtenidos tras el análisis de las variables de carga externa pone de manifiesto que existen diferencias significativas entre la primera parte en la Dt y la V_{máx} alcanzada durante los partidos (p<0,05). Ambas variables muestran valores más elevados en la primera parte que en la segunda. El número de sprints (>23 km/h) y el número de MD, AD, AA y MA también es mayor en la primera parte que en la segunda, pero en este caso las diferencias no son significativas (p<0,05). El número MD y MA es menor que el

número de AD y AA, respectivamente. Además, el número de AA es mayor que el número de AD en ambas partes, mientras que el número de MA es menor que el número de MD.

Además, para controlar la posible influencia de que las diferencias observadas en las variables de fatiga y EIMD se asocien a la variabilidad de ambos partidos, o un posible efecto de desentrenamiento (poco probable, ya que durante las 3 semanas entre los dos periodos de recogida de datos los participantes realizaron la dinámica normal de entrenamientos, sin interferencia con la investigación), realizamos el análisis. En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos del análisis descriptivo de cada variable durante ambos partidos, independientemente de las partes y el grupo asignado. Se pueden observar los datos de tendencia central y dispersión para cada una de los partidos, así como la diferencia de medias

Tabla 15. Análisis descriptivo de las variables registradas durante los partidos.

	Partido 1 (n=14)	Partido 2 (n=13)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD
%FC _{med}	82,5 ± 8,69	78 ± 7,79
%FC _{máx}	96 ± 7,43	94,69 ± 5,74
Tiempo (min) 50-59 % FC	2,71 ± 4,97	4,04 ± 5,16
Tiempo (min) 60 - 69 % FC	12,16 ± 14,03	15,56 ± 9,8
Tiempo (min) 70 - 79 % FC	21,65 ± 11,78	26,74 ± 8,31
Tiempo (min) 80 - 89 % FC	33,4 ± 15,7	32,55 ± 11,16
Tiempo (min) 90 - 100 % FC	20,14 ± 20,95	10,25 ± 12,84
DT (m)	9773,57 ± 890,93	10246,92 ± 927,89
V _{máx} (km/h)	27,24 ± 2,77	26,05 ± 1,73
Nº sprints	9,71 ± 4,84	8,62 ± 5,12
Nº MD	65,5 ± 7,56	67,85 ± 9,14
Nº AD	130,71 ± 21,97	136 ± 23,93
Nº AA	143,43 ± 26,34	134,77 ± 19,32
Nº MA	63 ± 8,61	62,92 ± 9,67

AA: altas aceleraciones (2.0; 2.9 m/s²); AD: altas deceleraciones (-2.9; -2.0 m/s²); DT: distancia total; FC_{máx}: frecuencia cardiaca máxima; FC_{med}: frecuencia cardiaca media; FC: frecuencia cardiaca; h: hora; Km: kilómetro; m: metros; M: media; MA: máximas aceleraciones (3.0 m/s²); MD: máximas deceleraciones (-3.0 m/s²); min: minuto; N: tamaño de la muestra; Nº: número; s: segundo; SD; desviación estándar; V_{máx}: velocidad máxima (p<0,05); † Diferencias significativas entre partidos

Como se aprecia en la Tabla 15, no se han obtenido diferencias significativas en los partidos en ninguna de las variables de carga interna y externa registradas. A pesar de la gran variabilidad de los partidos de fútbol, nuestros resultados muestran que no hubo desentrenamiento y que las diferencias entre ambos partidos no fueron significativas, de modo que no se pueden asociar los resultados descritos posteriormente a la variabilidad entre un partido u otro o al efecto del desentrenamiento.

No se obtuvieron correlaciones significativas $>0,85$ ($p<0,01$) entre las variables de carga interna y carga externa en el conjunto de los partidos ni en ninguna de las dos partes de los partidos.

ii) Análisis de las variables registradas según la condición asignada

Este análisis estadístico se realizó uniendo dos perspectivas de análisis: la temporal y la condición asignada para el estudio. Se pueden observar, por tanto, datos de tendencia central y dispersión para cada una de las partes y el conjunto de los partidos en función de la condición, así como la diferencia de medias entre las condiciones (inter-grupos) en cada una de las partes y el conjunto de los partidos (intra-grupos). En la Tabla 16 y Fig. 20 se muestran las diferencias entre la condición asignada en las variables de carga interna, mientras que en la Tabla 17 y Fig. 21 se muestran las diferencias entre la condición asignada en las variables de carga externa.

Tabla 16. Descripción de la diferencia de medias entre las variables de carga interna en pre-partido, descanso y post-partido en función de la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18 1ª parte, n=17 2ª parte y total)	Socks (n=6 1ª parte, n=5 2ª parte y total)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
%FC _{med} 1ª parte	78,5 ± 6,70	85,56 ± 7,84 ^a	88,67 ± 8,43 ^a	80,67 ± 6,25 ^c	87,33 ± 7,39 ^a
%FC _{med} 2ª parte	75,1 ± 7,22	79,29 ± 10,41	85 ± 11,11	70,5 ± 4,93 ^{† c}	83,33 ± 8,89 ^d
%FC _{med} Total	77 ± 6,36	82,29 ± 9,04	86,7 ± 10,24 ^a	75,58 ± 5,21	85,33 ± 8,11 ^a
%FC _{máx} 1ª parte	94,1 ± 5,2	94,72 ± 5,85	96,17 ± 6,88	91 ± 4,86	97 ± 4,47 ^d
%FC _{máx} 2ª parte	94,2 ± 6,27	90,82 ± 11,36	97 ± 11,07 ^a	87,33 ± 5,89 ^a	89,17 ± 14,97
%FC _{máx} Total	95,3 ± 5,68	95,41 ± 7,22	98,6 ± 10,33	91 ± 4,86	97,17 ± 4,54 ^d
Tiempo (min) 50-59 % FC 1ª parte	1,46 ± 2,58	0,66 ± 1,46	0,51 ± 0,82	0,49 ± 1,09	0,98 ± 2,29
Tiempo (min) 50-59 % FC 2ª parte	2,57 ± 3,03	2,25 ± 3,56	1,76 ± 3,84	2,85 ± 2,45	2,07 ± 4,68
Tiempo (min) 50-59 % FC Total	4,03 ± 5,37	2,96 ± 4,92	2,37 ± 4,56	3,35 ± 3,4	3,05 ± 6,97
Tiempo (min) 60 - 69 % FC 1ª parte	6,85 ± 4,39	3,83 ± 4,65	2,73 ± 4,48	5,9 ± 4,79	2,86 ± 4,79
Tiempo (min) 60 - 69 % FC 2ª parte	8,21 ± 6,69	9,00 ± 9,65	4,28 ± 7,9	16,9 ± 8,82 ^{† a c}	5,04 ± 7,36 ^d
Tiempo (min) 60 - 69 % FC Total	15,06 ± 10,05	13,06 ± 13,35	7,56 ± 12,37	22,79 ± 11,21 [†]	7,9 ± 12,12
Tiempo (min) 70 - 79 % FC 1ª parte	13,56 ± 5,64	10,67 ± 7,91	7,99 ± 8,94	14,57 ± 8,54	9,45 ± 5,6
Tiempo (min) 70 - 79 % FC 2ª parte	14,33 ± 3,82	11,28 ± 4,4	8,85 ± 4,47 ^a	14,39 ± 2,8 ^c	10,21 ± 4,39
Tiempo (min) 70 - 79 % FC Total	27,89 ± 9,13 ^{† *}	21,88 ± 10,7 [†]	16,05 ± 9,93 ^a	28,95 ± 10,23 [†]	19,66 ± 9,09 [†]
Tiempo (min) 80 - 89 % FC 1ª parte	16,75 ± 5,8	17,87 ± 7,6	15,57 ± 6,05	19,33 ± 9,08	18,71 ± 8,22
Tiempo (min) 80 - 89 % FC 2ª parte	15,66 ± 7,23	15,34 ± 9,62	17,42 ± 7,36	9,31 ± 10,28	19,65 ± 8,78
Tiempo (min) 80 - 89 % FC Total	32,41 ± 10,47 ^{† *}	33,34 ± 15,23 ^{† *}	32,95 ± 14,02	28,64 ± 16,44	38,36 ± 16,07 [*]
Tiempo (min) 90 - 100 % FC 1ª parte	6,38 ± 8,22	11,91 ± 11,44	18,02 ± 12,61 ^a	4,71 ± 5,78 ^c	13 ± 12,01
Tiempo (min) 90 - 100 % FC 2ª parte	4,24 ± 6,15	7,12 ± 8,77	12,7 ± 11,6	1,56 ± 3,06 ^c	8,03 ± 7,74
Tiempo (min) 90 - 100 % FC Total	10,62 ± 14,29	18,18 ± 19,6	29,06 ± 24,59	6,27 ± 7,78	21,03 ± 19,68

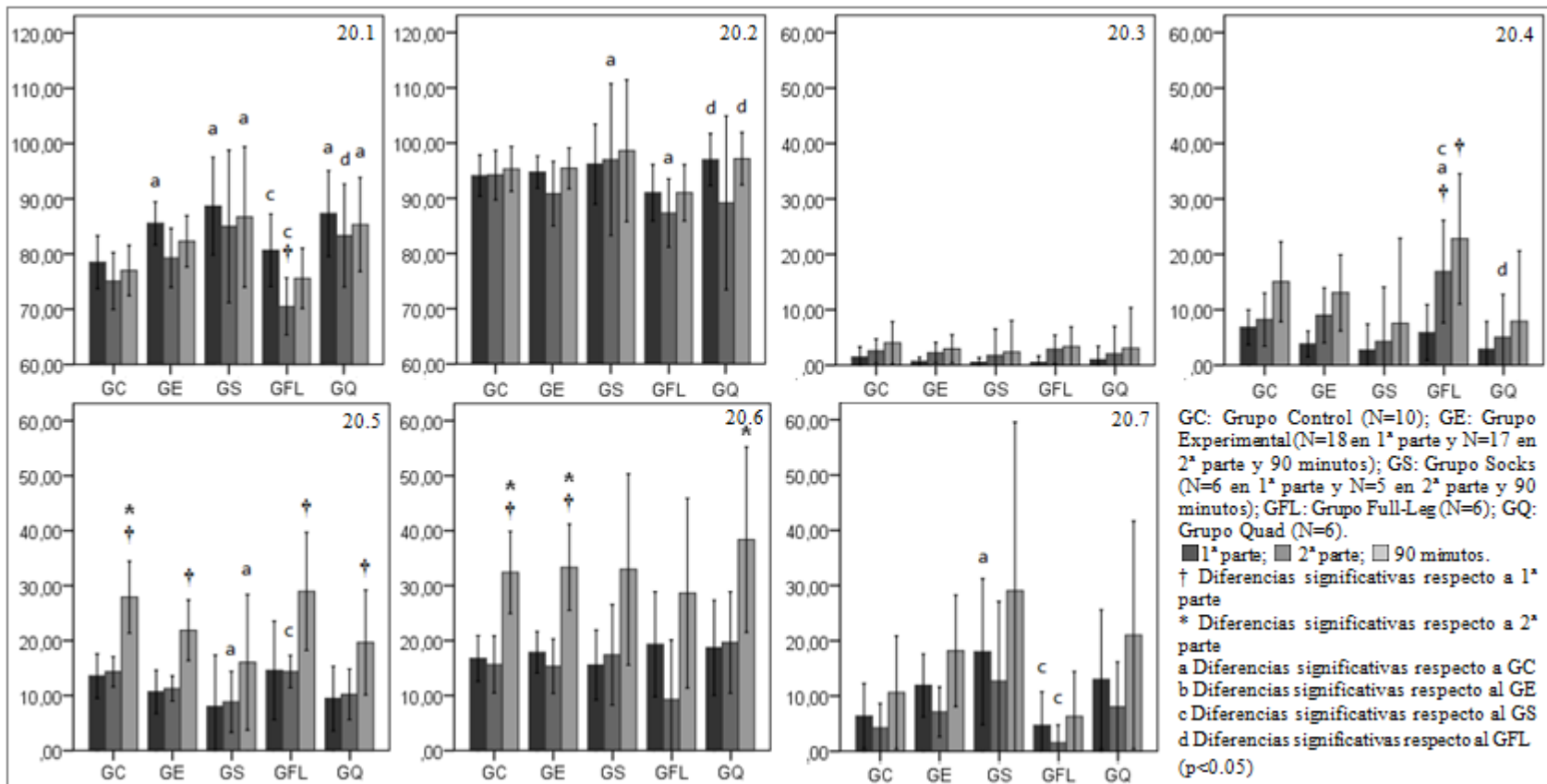
FC_{máx}: frecuencia cardiaca máxima; FC_{med}: frecuencia cardiaca media; FC: frecuencia cardiaca; M: media; min: minuto; N: tamaño de la muestra; N°: número; s: segundo; SD: desviación estándar;

(p<0,05); † Diferencias significativas respecto a la primera parte; * Diferencias significativas respecto a la segunda parte; a Diferencias significativas respecto al grupo control; b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

Tabla 17. Descripción de la diferencia de medias entre las variables de carga externa en pre-partido, descanso y post-partido en función de la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18 1ª parte, n=17 2ª parte y total)	Socks (n=6 1ª parte, n=5 2ª parte y total)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
Dt (m) 1ª parte	5022,5 ± 345,76	5282,78 ± 647,34	5310 ± 532,99	5445 ± 761,44	5093,33 ± 696,67
Dt (m) 2ª parte	4918,5 ± 379,47	4764,71 ± 494,66 †	5058 ± 390,86	4565 ± 594,13 †	4720 ± 414,15
Dt (m) Total	9941 ± 659,81 † *	10037,06 ± 1066,09 †	10338 ± 961,34 † *	10010 ± 1255,25 † *	9813,33 ± 1081,88 †
V _{máx} (km/h) 1ª parte	25,44 ± 1,14	27,13 ± 2,6	25,83 ± 1,85	27,13 ± 2,56	28,43 ± 2,98
V _{máx} (km/h) 2ª parte	24,88 ± 1,24	25,14 ± 1,72 †	24,46 ± 1,44	24,73 ± 2,02	26,1 ± 1,41
V _{máx} (km/h) Total	25,52 ± 1,26	27,34 ± 2,63 *	25,72 ± 2,05	27,38 ± 2,51	28,65 ± 2,78 ^a
Nº Sprints 1ª parte	4,5 ± 2,51	5,33 ± 2,87	5,67 ± 2,88	5,33 ± 3,44	5 ± 2,76
Nº Sprints 2ª parte	3,6 ± 2,41	4,64 ± 2,5	5,2 ± 2,28	4,17 ± 2,23	4,67 ± 3,2
Nº Sprints Total	8,1 ± 4,56	9,94 ± 4,97	11 ± 5,06	9,5 ± 5,24	9,67 ± 5,47
Nº MD 1ª parte	32,9 ± 5,86	34,17 ± 4,64	34,83 ± 5,34	32,5 ± 4,23	35,17 ± 4,67
Nº MD 2ª parte	32,8 ± 4,69	32,44 ± 4,13	33,8 ± 5,26	31,61 ± 3,88	32 ± 4,26
Nº MD Total	65,7 ± 8,9	66,61 ± 8,57	68,4 ± 11,17	64,17 ± 8,04	67,33 ± 8,61
Nº AD 1ª parte	65,7 ± 12,36	68 ± 11,05	69,17 ± 1,92	65 ± 8,6	69,83 ± 11,44
Nº AD 2ª parte	65,5 ± 12,14	66,53 ± 11,34	67,8 ± 15,01	64,83 ± 9,5	67,17 ± 11,65
Nº AD Total	131,2 ± 24,94	134,47 ± 22,4	137 ± 29,73	129,83 ± 18,07	137 ± 23,07
Nº AA 1ª parte	66,3 ± 8,42	74,22 ± 13,67	67,67 ± 6,41	77 ± 18,09	78 ± 13,74 ^a
Nº AA 2ª parte	64,1 ± 7,09	69,76 ± 12,75	64,8 ± 8,14	74 ± 16,64	69,67 ± 11,99
Nº AA Total	130,4 ± 14,75 †	144,47 ± 26,05	132,8 ± 14,52 *	151 ± 34,04	147,67 ± 25,38 *
Nº MA 1ª parte	31,5 ± 5,93	32,78 ± 5,13	32 ± 5,4	30,67 ± 6,18	34,16 ± 3,81
Nº MA 2ª parte	30,5 ± 5,02	30,94 ± 5,16	31,2 ± 5,67	29,16 ± 5,74	32,5 ± 4,46
Nº MA Total	62 ± 11,42	63,52 ± 9,23	64,2 ± 10,89	59,83 ± 9,3 *	66,67 ± 7,92

AA: altas aceleraciones (2.0; 2.9 m/s²); AD: altas deceleraciones (-2.9; -2.0 m/s²); h: hora; Km: kilómetro; M: media; MA: máximas aceleraciones (3.0 m/s²); MD: máximas deceleraciones (-3.0 m/s²); min: minuto; N: tamaño de la muestra; Nº: número; SD; desviación estándar; Dt: distancia total; V_{máx}: velocidad máxima (p<0,05); † Diferencias significativas respecto a la primera parte; * Diferencias significativas respecto a la segunda parte; ^a Diferencias significativas respecto al grupo control; ^b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; ^c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; ^d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg



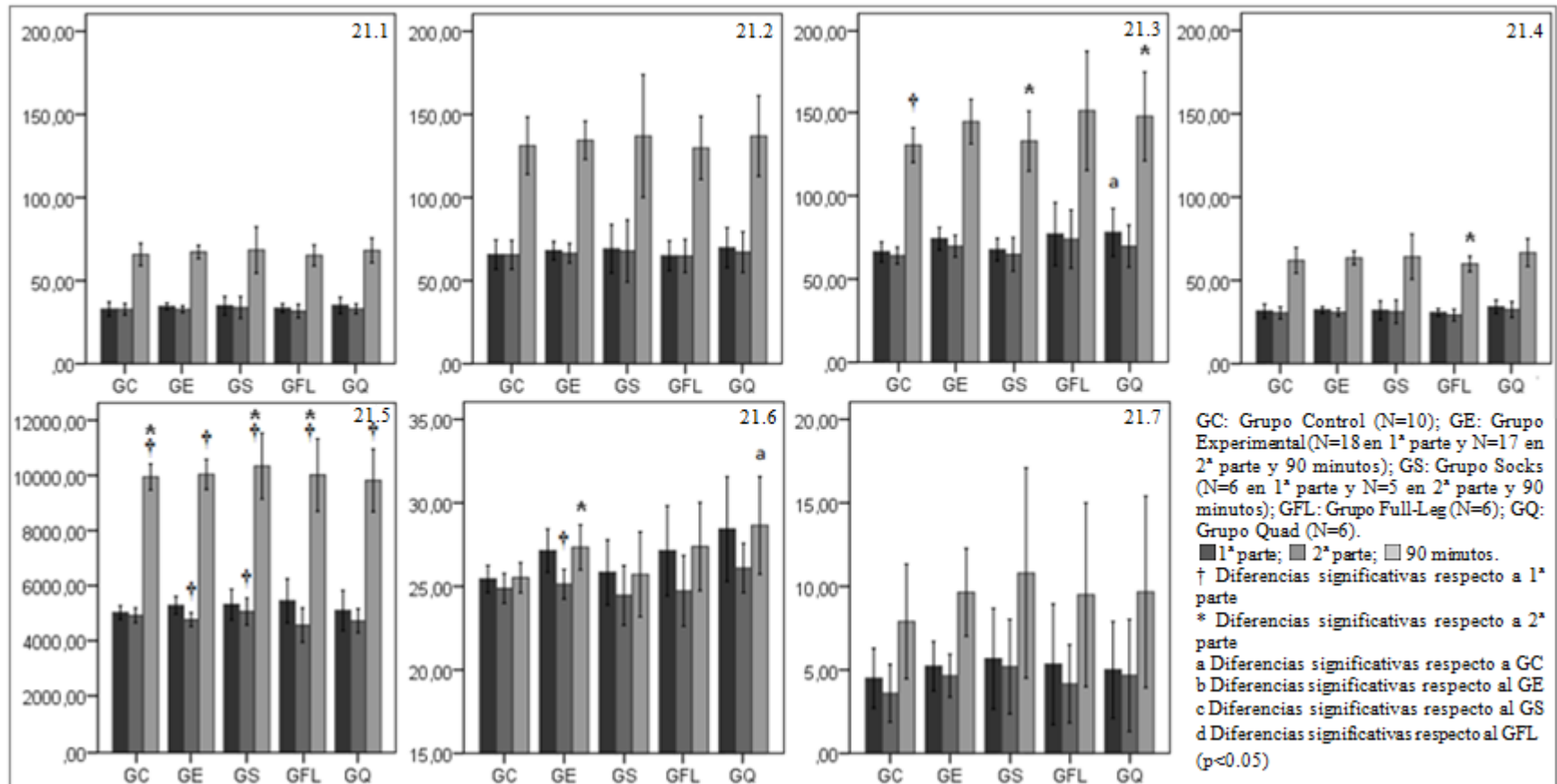


Figura 21. Variables de carga externa registradas durante los partidos de fútbol.

Fig 21.1: N° Máximas Deceleraciones (-3.0 m/s²); Fig 21.2: N° Altas Deceleraciones (-2.9; -2.0 m/s²); Fig 21.3: N° Altas Aceleraciones (2.0; 2.9 m/s²); Fig 21.4: N° Máximas Aceleraciones (3.0 m/s²); Fig 21.5: Distancia Total (m); Fig 21.6: Velocidad Máxima (km/h); Fig 21.7: N° Sprints.

Atendiendo al análisis intra-grupo de las variables de carga interna (Tabla 16, Fig. 20) podemos asumir que los valores obtenidos de carga interna o externa durante los 90 min. con los obtenidos en la primera o segunda parte, éstos serán mayores cuanto mayor periodo temporal seleccionemos (90 min.), pero no se han obtenido diferencias significativas en todos los casos. Los integrantes del GS muestran un $\%FC_{med}$ significativamente menor en la segunda parte que en la primera ($p<0,05$). Además, estos jugadores estuvieron más tiempo en la segunda parte en una zona entre 60-69% FC y entre 70-79% FC que en la primera parte ($p<0,05$). Todos los grupos asignados, a excepción del GS, muestran valores significativamente mayores del tiempo en zona 60-69% FC ($p<0,05$) si comparamos los 90 min. de partido respecto a la primera parte ($p<0,05$). Asimismo, si comparamos los 90 min. de partido respecto a la segunda parte, el GC, el GE y el GFL muestran valores significativamente mayores del tiempo en zona 80-89% FC ($p<0,05$), así como en el caso del GC en el tiempo en la zona 70-79% FC ($p<0,05$).

Independientemente de los grupos asignados, la Dt recorrida es significativamente mayor durante los 90 min. que en la primera parte ($p<0,05$), pero únicamente es significativamente mayor en la segunda parte en el GC, en el GS y en el GFL. Sólo en el GE y en el GFL la Dt recorrida es significativamente menor en la segunda parte que en la primera ($p<0,05$). No se han encontrado diferencias significativas en la $V_{m\acute{a}x}$ alcanzada entre primera y segunda parte excepto en el GE, en cuyo caso la $V_{m\acute{a}x}$ alcanzada en la segunda parte es significativamente menor que en la primera parte ($p<0,05$).

Aunque hay un mayor número de MD, AD, AA y MA en la segunda parte que en la primera en todos los grupos, no se han encontrado diferencias significativas entre ambas partes en ninguno de ellos. Sólo se han encontrado diferencias significativas comparando los valores obtenidos en los 90 min. respecto a la primera o segunda parte. Así, los participantes del GC realizaron un número de AA significativamente más elevado durante los 90 min. que en la primera parte ($p<0,05$), mientras que en el GS y GQ el número de AA son significativamente mayores respecto a la segunda parte ($p<0,05$). El GQ es el único en el que se ha encontrado que el número de MA es significativamente mayor durante los 90 min. que en la segunda parte ($p<0,05$).

La valoración de los datos de carga interna (Tabla 16, Fig. 20) en función de la condición asignada (inter-grupo) permite observar que el GE, el GS y el GQ tienen un $\%FC_{med}$ significativamente mayor que el GC durante la primera parte ($p<0,05$). El GFL tiene un $\%FC_{med}$ significativamente menor que el GS durante la ambas partes ($p<0,05$), y a su vez, el GQ tiene un $\%FC_{med}$ significativamente mayor que el GFL únicamente en la segunda parte ($p<0,05$). Durante la primera parte el GQ tiene un $\%FC_{m\acute{a}x}$ significativamente mayor que el GFL ($p<0,05$). En la segunda parte, el GS tiene un $\%FC_{m\acute{a}x}$ significativamente mayor que el GC ($p<0,05$), y el GFL significativamente menor que el GC ($p<0,05$). Se ha obtenido que durante la primera parte el tiempo en zona 90-100% FC es significativamente mayor en el GS que en el GC ($p<0,05$), y significativamente menor en el GFL que en el GS ($p<0,05$). En la segunda parte el tiempo en zona 60-69% FC es significativamente mayor en el GFL que en el GC y en el GS ($p<0,05$), y significativamente menor en el GQ que en el GFL ($p<0,05$). Asimismo, el tiempo en zona 70-79% FC en el GS es significativamente menor que en el GC y en el GQ ($p<0,05$) durante la segunda parte. También en la segunda parte se

ha observado que el tiempo en zona 90-100% FC es significativamente menor en el GFL que en el GS ($p < 0,05$).

Los resultados del análisis de las variables de carga externa muestran que la $V_{\text{máx}}$ alcanzada a lo largo de los 90 min. es significativamente mayor en el GQ que en el GC ($p < 0,05$), y que el número de AA realizadas durante la primera parte también es significativamente mayor en el GQ que en el GC ($p < 0,05$).

La Tabla 18 resume las correlaciones destacables obtenidas entre las variables de carga interna y carga externa:

Tabla 18. Correlaciones ($>0,85$; $p < 0,01$) entre las variables de carga interna y carga externa.

Correlaciones ($>0,85$; $p < 0,01$)		
Grupo	Ambas partes de los partidos	Primera parte
GFL	Tiempo en zona 50-59% FC y número MA ($r = -0,969$; $p < 0,01$; $n = 6$)	
GQ		Dt y tiempo en zona 60-69% FC ($r = 0,918$; $p < 0,01$; $n = 6$)

6.3.2. Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperacion

En este estudio se realizó un análisis descriptivo de las variables fisiológicas (SaO_2) y biomarcadores de fatiga ($[\text{La}^-]$, U, T, C, T/C), esfuerzo y recuperación percibida (RPE y TQR), y variables de rendimiento físico (CMJ, SJ, Sprint10m, Sprint20m, T-Test, RSA y YYIR2). También se valoró el nivel de relación entre las variables medidas durante el partido de carga interna y carga externa y las variables indicadas. Asimismo, se valoró el ES que supuso la aplicación del tratamiento compresivo durante la realización de los partidos de fútbol y el periodo de recuperación.

Se aplicó la prueba Shapiro-Wilk para evaluar si los marcadores de fatiga presentaban una distribución normal ($p < 0,05$). Como se aprecia en la Tabla 19, todas las variables analizadas excepto T y SJ siguen una distribución normal, de modo que se realizaron pruebas paramétricas, excepto en las variables mencionadas, en la que se aplicó no paramétricas.

Tabla 19. Análisis estadístico para comprobar la normalidad de la distribución de las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga, variables de rendimiento físico, y esfuerzo y recuperación percibida.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
[La ⁻]	,221	46	,000	,886	46	,000
SaO ₂	,331	46	,000	,719	46	,000
Urea	,104	46	,200*	,942	46	,024
C	,104	46	,016	,972	46	,043
T	,104	46	,200*	,968	46	,239
T/C	,150	46	,011	,947	46	,035
Alt CMJ	,160	46	,005	,933	46	,011
Alt SJ	,095	46	,200*	,965	46	,181
Sprint10m	,316	46	,000	,757	46	,000
Sprint20m	,333	46	,000	,705	46	,000
T-Test	,123	46	,080	,942	46	,024
RSAm	,188	46	,000	,777	46	,000
RSAt	,188	46	,000	,777	46	,000
RSA IFF	,154	46	,008	,854	46	,000
Dist. YYIR2	,151	46	,010	,914	46	,002
RPE	,450	46	,000	,564	46	,000
TQR	,435	46	,000	,578	46	,000

alt: altura; C: cortisol basal; CMJ: countermovement jump; IFF: Índice de fatiga Fitzsimons; m: metros; RPE: rango de esfuerzo percibido; RSA: Capacidad de repetir sprints; RSAm: tiempo medio RSA; RSAt: tiempo total RSA; SaO₂: saturación arterial de oxígeno; SJ: squat jump; T: Testosterona total; TQR: escala de recuperación percibida; T/C: ratio testosterona/cortisol; U: Urea; YYIR2: Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2; [La⁻]: concentración del ácido láctico en sangre

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera

^a: Corrección de la significación de Lilliefors

Este análisis estadístico se realizó uniendo dos perspectivas de análisis: la temporal y la condición asignada para el estudio. Se pueden observar, por tanto, datos de tendencia central y dispersión para cada uno de los momentos de medición en función de la condición, así como la diferencia de medias entre las condiciones (inter-grupos) y entre los momentos de medición (intra-grupos). En la Tabla 20 y Fig. 22 se muestran las diferencias entre las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada, en la Tabla 21 y Fig. 23 se muestran las diferencias entre las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada, y en la Tabla 22 y Fig. 24 se muestran las diferencias entre el esfuerzo y la recuperación percibida en función del momento y la condición asignada.

Tabla 20. Descripción de la diferencia de medias en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18, n=17 en post-partido)	Socks (n=6, n=5 en post- partido)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
Lactato (mmol/L) pre-partido	1,8 ± 0,61	1,68 ± 0,49	1,68 ± 0,33	1,55 ± 0,55	1,8 ± 0,6
Lactato (mmol/L) descanso	3,34 ± 2,28	5,12 ± 3,03	6,37 ± 4,53	3,12 ± 0,69 †	5,87 ± 1,66 ^a
Lactato (mmol/L) post-partido	3,75 ± 2,7 †	5,16 ± 3,83	3,23 ± 1,46	4,77 ± 3,21 †	7,48 ± 5,14 †
SaO ₂ (%) pre-partido	98,2 ± 0,69	97,44 ± 1,85	97,67 ± 1,03	96,67 ± 2,88	98 ± 1,1
SaO ₂ (%) descanso	97,3 ± 1,49	96,94 ± 1,39	97 ± 0,63	97,17 ± 1,72	96,67 ± 1,75
SaO ₂ (%) post-partido	96,6 ± 2,59	96,56 ± 1,58	95,67 ± 1,75 †	97,17 ± 0,98	96,83 ± 1,72
U (mg/dL) pre-partido	37 ± 4,54	36,06 ± 8,4	36,17 ± 5,71	38 ± 11,14	34 ± 8,6
U (mg/dL) 72 h post-partido	34,4 ± 4,9	33 ± 6,89	33 ± 7,75	36 ± 5,51	30 ± 7,01
C (µg/dL) pre-partido	14,74 ± 3,68	16,42 ± 4,44	16,92 ± 4,14	17,02 ± 3,2	15,32 ± 6,13
C (µg/dL) 72 h post-partido	17,83 ± 2,66 †	15,67 ± 3,27	16,32 ± 2,22	15,35 ± 2,96	15,35 ± 4,69
T (ng/dL) pre-partido	5,33 ± 0,78	4,21 ± 1,37 ^a	3,77 ± 0,98 ^a	4,1 ± 1,43 ^a	4,77 ± 1,65
T (ng/dL) 72 h post-partido	4,9 ± 0,86	4,53 ± 1,37	4,55 ± 0,66	4,34 ± 1,64	4,72 ± 1,79
T/C pre-partido	39,08 ± 13,26	29,47 ± 13,14	26,99 ± 10,32	25,71 ± 12,25	35,69 ± 16,12
T/C 72 h post-partido	28,29 ± 7,45 †	30,68 ± 12,07	27,95 ± 2,55	30,83 ± 16,13	33,28 ± 14,54

C: cortisol basal; M: media; mg/dL: miligramo por decilitro; mmol/L: milimoles por litro; n: tamaño de la muestra; ng/dL: nanogramos por decilitro; SaO₂: saturación de O₂ de la hemoglobina; SD; desviación estándar; T: Testosterona total; T/C: ratio testosterona/cortisol; u: Urea; µg/dL: microgramo por decilitro (p<0,05); † Diferencias significativas respecto a pre-partido; # Diferencias significativas respecto a descanso; * Diferencias significativas respecto a post-partido; \$ Diferencias significativas respecto a 24 h post-partido; ^a Diferencias significativas respecto al grupo control; ^b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; ^c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; ^d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

Tabla 21. Descripción de la diferencia de medias en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18, n=17 en post-partido)	Socks (n=6, n=5 en post- partido)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
Alt CMJ (cm) pre-partido	36,71 ± 5,18	36,81 ± 4,81	38,84 ± 3,84	37,62 ± 5,84	33,98 ± 3,8
Alt CMJ (cm) post-partido	33,4 ± 5,42	35,52 ± 6	36,73 ± 7,06	37,39 ± 6,58	32,64 ± 4,07
Alt CMJ (cm) 24 h post-partido	35,46 ± 5,14	36,51 ± 4,82	39,19 ± 4,19	36,44 ± 5,92	33,91 ± 2,95 ^c
Alt CMJ (cm) 48 h post-partido	35,82 ± 5,29	37,27 ± 4,79	39,09 ± 4,75	37,68 ± 5,9	35,03 ± 3,23
Alt CMJ (cm) 72 h post-partido	35,79 ± 4,51	36,59 ± 5,49	38,53 ± 5,62	36,89 ± 6,97	34,34 ± 3,37
Alt SJ (cm) pre-partido	30,11 ± 4,53	31,63 ± 3,98	31,88 ± 1,74	33,08 ± 5,28	29,94 ± 4,11
Alt SJ (cm) post-partido	28,88 ± 5,17	30,54 ± 4,35	31,17 ± 3,55	32,01 ± 5,27	28,54 ± 3,87
Alt SJ (cm) 24 h post-partido	29,63 ± 4,11	30,58 ± 3,98	30,45 ± 2,23	31,37 ± 6,03	29,91 ± 3,33
Alt SJ (cm) 48 h post-partido	29,68 ± 4,37	31,92 ± 3,96	32,21 ± 2,64	32,77 ± 5,19	30,78 ± 4,11
Alt SJ (cm) 72 h post-partido	30,17 ± 4,99	31,11 ± 4,77	31,72 ± 4,44	31,96 ± 5,77	29,65 ± 4,53
Sprint10m (s) pre-partido	1,8 ± 0,07	1,79 ± 0,08	1,76 ± 0,06	1,78 ± 0,09	1,82 ± 0,07
Sprint10m (s) post-partido	1,86 ± 0,11	1,81 ± 0,14	1,82 ± 0,19	1,75 ± 0,12	1,86 ± 0,12
Sprint10m (s) 24 h post-partido	1,84 ± 0,08	1,8 ± 0,09	1,78 ± 0,11	1,75 ± 0,08 ^a	1,87 ± 0,05 ^{c d}
Sprint10m (s) 48 h post-partido	1,78 ± 0,06	1,79 ± 0,09	1,79 ± 0,1	1,74 ± 0,08	1,84 ± 0,07 ^d
Sprint10m (s) 72 h post-partido	1,81 ± 0,06	1,78 ± 0,1	1,76 ± 0,13	1,74 ± 0,07	1,84 ± 0,86
Sprint20m (s) pre-partido	3,12 ± 0,08	3,09 ± 0,11	3,06 ± 0,1	3,08 ± 0,13	3,13 ± 0,12
Sprint20m (s) post-partido	3,26 ± 0,19 [†]	3,2 ± 0,26	3,26 ± 0,45	3,11 ± 0,1	3,24 ± 0,19
Sprint20m (s) 24 h post-partido	3,18 ± 0,11	3,13 ± 0,17	3,11 ± 0,22	3,04 ± 0,12 ^a	3,23 ± 0,91 ^d
Sprint20m (s) 48 h post-partido	3,1 ± 0,08 [*]	3,09 ± 0,15	3,09 ± 0,24	3,02 ± 0,13	3,18 ± 0,09 ^d
Sprint20m (s) 72 h post-partido	3,14 ± 0,06	3,11 ± 0,17	3,09 ± 0,23	3,07 ± 0,83 ^a	3,18 ± 0,16
T-Test (s) pre-partido	9,33 ± 0,21	9,53 ± 0,31	9,58 ± 0,26	9,61 ± 0,29 ^a	9,39 ± 0,36
T-Test (s) post-partido	10,04 ± 0,37 [†]	9,89 ± 0,7	10,34 ± 0,99	9,68 ± 0,41	9,74 ± 0,57
T-Test (s) 24 h post-partido	9,79 ± 0,21 [†]	9,81 ± 0,42 [†]	9,61 ± 0,42	9,96 ± 0,49	9,86 ± 0,37 [†]
T-Test (s) 48 h post-partido	9,44 ± 0,3 [*]	9,4 ± 0,37 ^{* \$}	9,43 ± 0,51	9,31 ± 0,12 ^{\$}	9,46 ± 0,38
T-Test (s) 72 h post-partido	9,33 ± 0,32 [*]	9,41 ± 0,34 ^{* \$}	9,39 ± 0,38	9,29 ± 0,3 ^{\$}	9,53 ± 0,35

RSAm (s) pre-partido	6,22 ± 0,3	6,42 ± 0,43	6,35 ± 0,17	6,18 ± 0,23	6,74 ± 0,61
RSAm (s) post-partido	6,83 ± 0,59 †	6,87 ± 0,56 †	7,14 ± 0,77 †	6,6 ± 0,31 ^{† c}	6,87 ± 0,42
RSAm (s) 24 h post-partido	6,34 ± 0,28 *	6,35 ± 0,22 *	6,36 ± 0,3	6,33 ± 0,19	6,36 ± 0,21
RSAm (s) 48 h post-partido	6,25 ± 0,23 *	6,32 ± 0,24 *	6,44 ± 0,33	6,25 ± 0,16	6,31 ± 0,2
RSAm (s) 72 h post-partido	6,34 ± 0,3 *	6,4 ± 0,27 *	6,44 ± 0,3	6,19 ± 0,21	6,39 ± 0,27
RSAt (s) pre-partido	43,52 ± 2,12	44,96 ± 3,07	44,45 ± 1,16	43,23 ± 1,62	47,19 ± 4,27 ^a
RSAt (s) post-partido	47,81 ± 3,91 †	48,13 ± 3,98 †	50,52 ± 5,82	46,19 ± 2,18 †	48,08 ± 2,93
RSAt (s) 24 h post-partido	44,36 ± 1,93 *	44,51 ± 1,47 *	44,59 ± 1,87	44,36 ± 1,29	47,58 ± 1,44 ^{ab cd}
RSAt (s) 48 h post-partido	43,74 ± 1,65 *	44,32 ± 1,66 *	45,1 ± 2,1	43,72 ± 1,37	47,14 ± 1,37 ^{ab d}
RSAt (s) 72 h post-partido	44,37 ± 2,11 *	44,79 ± 1,85 *	45,12 ± 1,86	43,35 ± 1,5	47,11 ± 1,15 ^{ab d}
RSA IFF (%) pre-partido	3,52 ± 0,89	5,22 ± 3,62	6,26 ± 5,29	4,52 ± 2,1	4,89 ± 3,18
RSA IFF (%) post-partido	5,98 ± 2,66	6,38 ± 3,25	7,76 ± 2,78	4,31 ± 1,7 ^c	7,3 ± 4,07
RSA IFF (%) 24 h post-partido	3,17 ± 2,5	4,38 ± 1,65	4,83 ± 1,76	4,49 ± 1,61	3,81 ± 1,71
RSA IFF (%) 48 h post-partido	3,58 ± 1,92	4,34 ± 2,27	5,45 ± 2,37	4,68 ± 2,6	2,89 ± 1,05 ^c
RSA IFF (%) 72 h post-partido	3,66 ± 2,36	4,02 ± 2,09	4,22 ± 1,72	4,74 ± 2,91	3,1 ± 1,31
Dist. YYIR2 (m) pre-partido	648 ± 102,93	622,22 ± 109,95	626,67 ± 135,45	606,67 ± 77,63	633,33 ± 127,54
Dist. YYIR2 (m) post-partido	384 ± 105,32 †	395,29 ± 113,91 †	380 ± 123,29 †	413,33 ± 112,19 †	406,67 ± 122,42 †
Dist. YYIR2 (m) 72 h post-partido	580 ± 118,13 *	575,56 ± 114,39 *	600 ± 16,49 *	540 ± 90,33	586,67 ± 135,45

alt: altura; cm: centímetro; CMJ: countermovement jump; dist: distancia; IFF: Índice de fatiga Fitzsimons; M: media; m: metros; n: tamaño de la muestra; RSA: habilidad de repetir sprints; RSam: tiempo medio RSA; RSAt: tiempo total RSA; s: segundo; SD; desviación estándar; SJ: squat jump; YYIR2: Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2

(p<0,05); † Diferencias significativas respecto a pre-partido; # Diferencias significativas respecto a descanso; * Diferencias significativas respecto a post-partido; \$ Diferencias significativas respecto a 24 h post-partido; a Diferencias significativas respecto al grupo control; b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

Tabla 22. Descripción de la diferencia de medias en esfuerzo y recuperación percibida en función del momento y la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18)	Socks (n=6)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
RPE (u.a) pre-partido	6,3 ± 0,48	6,28 ± 0,46	6,33 ± 0,52	6,33 ± 0,52	6,17 ± 0,41
RPE (u.a) descanso	10,3 ± 2,58 †	9,56 ± 1,62 †	10 ± 1,67	8,83 ± 1,47	9,83 ± 1,72
RPE (u.a) post-partido	13,3 ± 3,53 † #	12,83 ± 2,79 † #	13,33 ± 2,07 †	11,83 ± 3,54	13,33 ± 2,8 †
RPE (u.a) 24 h post-partido	13 ± 1,83 †	9,89 ± 3,64 † * a	10,67 ± 4,93	10,17 ± 3,54 †	8,83 ± 2,48 * a
RPE (u.a) 48 h post-partido	10,8 ± 1,62 †	9,83 ± 2,92 † *	10,67 ± 3,98	9 ± 2,28	9,83 ± 2,48
RPE (u.a) 72 h post-partido	9,8 ± 0,92 † * \$	8,94 ± 1,73 † *	9 ± 1,79	8,67 ± 2,34	9,17 ± 1,17 † *
TQR (u.a) Pre-partido	19,3 ± 0,95	19,67 ± 0,77	19,67 ± 0,52	19,5 ± 1,22	19,83 ± 0,41
TQR (u.a) 24 h post-partido	12 ± 1,15 †	14,67 ± 2,63 † a	13,83 ± 2,4 †	16,33 ± 3,08 a	13,83 ± 1,83 † a
TQR (u.a) 48 h post-partido	14,7 ± 1,42 † \$	15,72 ± 1,18 †	15,5 ± 1,52 †	16,33 ± 1,21 a	15,33 ± 0,51 †
TQR (u.a) 72 h post-partido	15,6 ± 1,27 † \$	16 ± 2,28 †	16,83 ± 1,33 † \$	14,83 ± 3,19 †	16,33 ± 1,75 † \$

M: media; n: tamaño de la muestra; RPE: rango de esfuerzo percibido; SD: desviación estándar; TQR: escala de recuperación percibida; u.a.: unidades arbitrarias (p<0,05); † Diferencias significativas respecto a pre-partido; # Diferencias significativas respecto a descanso; * Diferencias significativas respecto a post-partido; \$ Diferencias significativas respecto a 24 h post-partido; a Diferencias significativas respecto al grupo control; b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

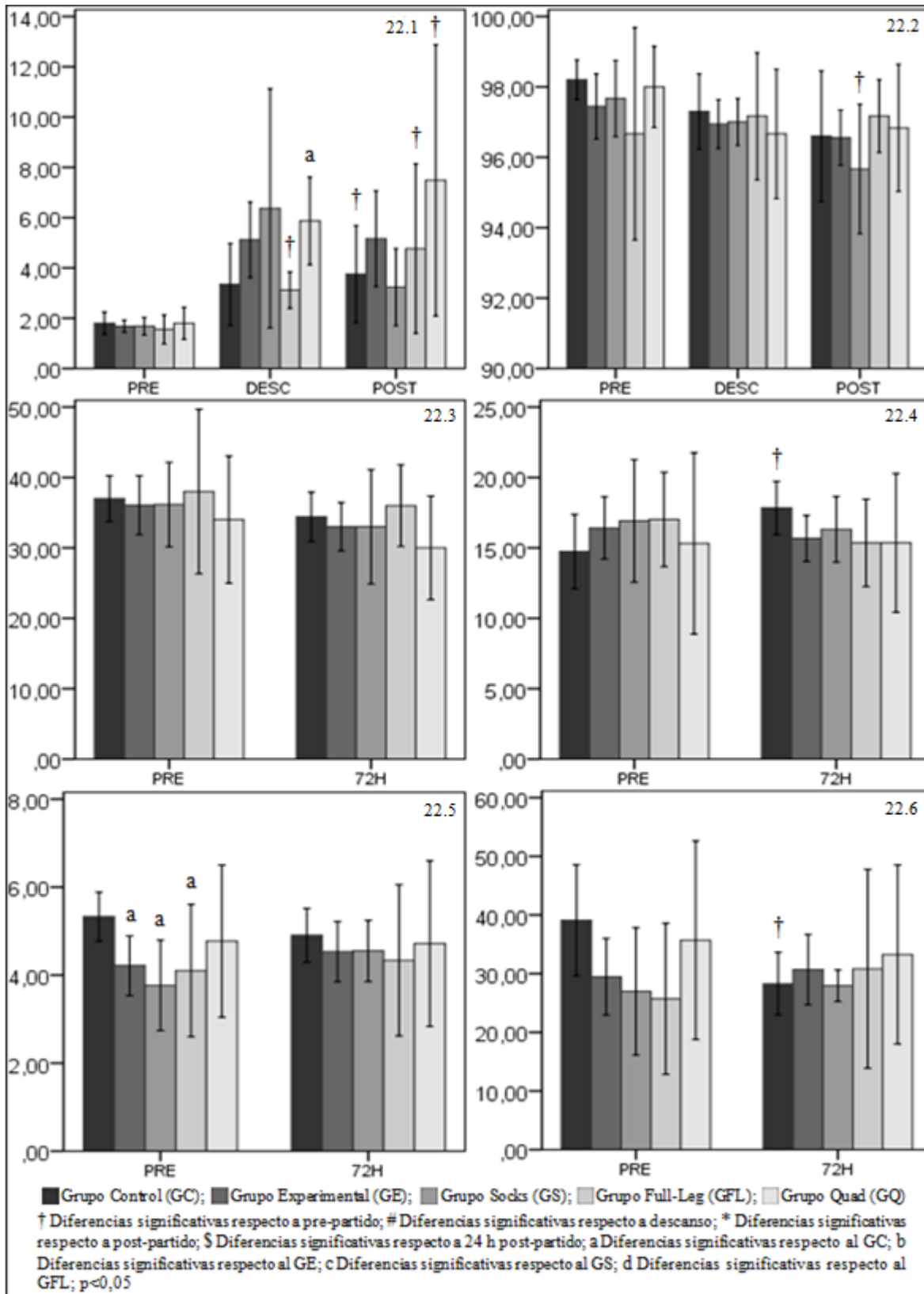


Figura 22. Descripción de la diferencia de medias en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada. Fig 22.1: [La⁻] (mmol/L); Fig 22.2: SaO₂ (%); Fig 22.3: U (mg/dL); Fig 22.4: C (µg/dL); Fig 22.5: T (ng/dL); Fig 22.6: T/C.

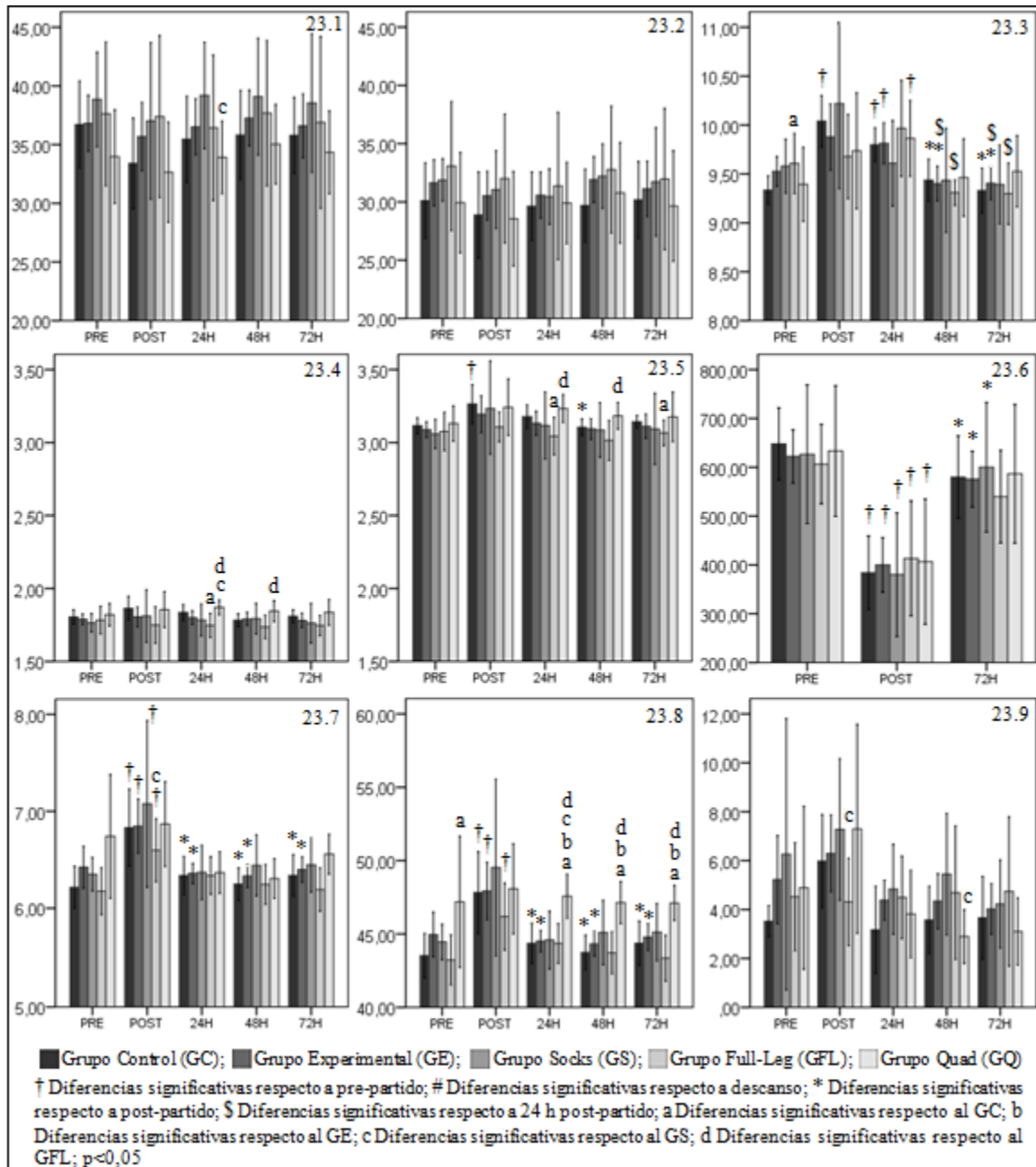


Figura 23. Descripción de la diferencia de medias en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada. Fig 23.1: altura CMJ (cm); Fig 23.2: altura SJ (cm); Fig 23.3: T-Test (s); Fig 23.4: Sprint 10 m (s); Fig 23.5: Sprint 20 m (s); Fig 23.6: Distancia YYIR2 (m); Fig 23.7: RSA medio (s); Fig 23.8: RSA Total (s); Fig 23.9: RSA IFF (%).

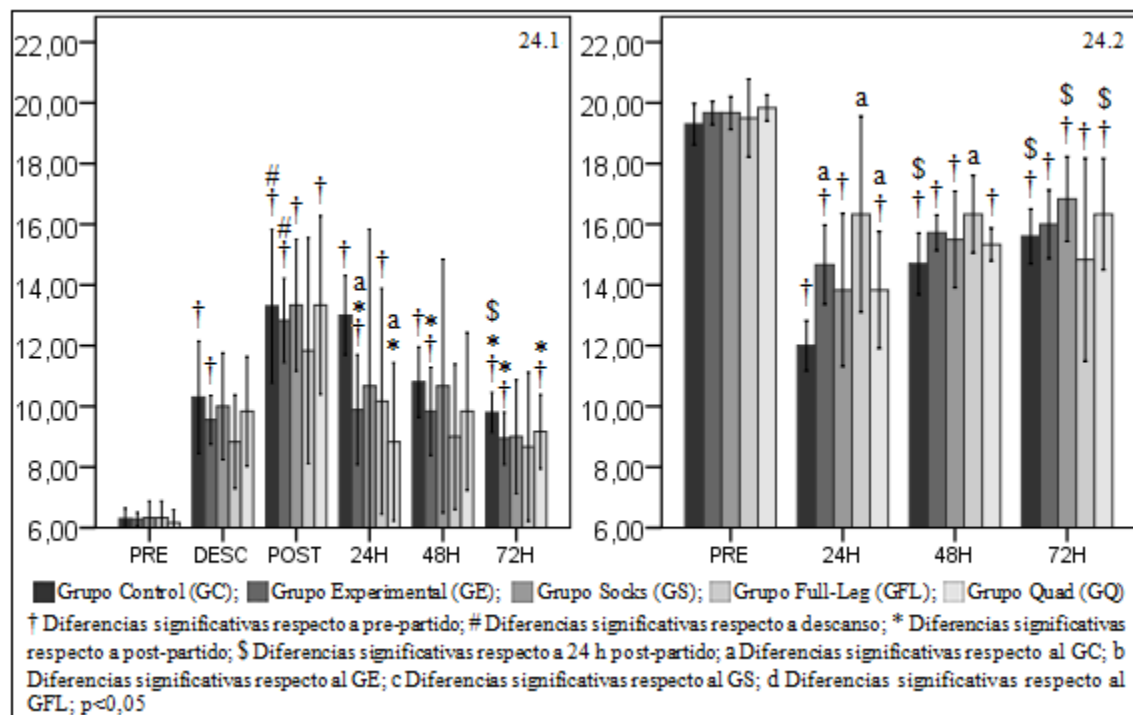


Figura 24. Descripción de la diferencia de medias en esfuerzo (RPE) y recuperación percibida (TQR) en función del momento y la condición asignada. Fig 24.1: RPE (u.a); Fig 24.2: TQR (u.a).

Podemos evidenciar la fatiga inducida por los partidos de fútbol gracias a la obtención de diferencias significativas entre los momentos de medición en las diferentes variables analizadas (análisis intra-grupos). El análisis intra-grupos nos permite observar si hay diferencias significativas en las diferentes variables medidas a lo largo del periodo de recuperación, indicando así los efectos que tiene un partido de fútbol en la respuesta de los jugadores en los días posteriores a la realización del mismo.

La carga física a la que los futbolistas están sometidos durante los partidos de fútbol provoca un aumento en el metabolismo que puede implicar cambios hematológicos, los cuales pueden persistir durante los días posteriores al mismo (Tabla 20, Fig. 22). En todos los grupos la $[La^-]$ aumenta de manera no significativa con el paso del tiempo de juego, excepto en el GS, que es mayor en el descanso que en el post-partido. Sólo en algunos casos se han encontrado diferencias significativas. La $[La^-]$ es significativamente mayor en el GFL en el descanso respecto al pre-partido ($p < 0,05$), y en el GC, en el GFL y en el GQ en el post-partido respecto al pre-partido ($p < 0,05$). La SaO_2 disminuye con el paso del tiempo de juego en el GC, en el GE, en el GS y en el GQ, pero aumenta ligeramente en el GFL. La SaO_2 es significativamente menor en el post-partido que en el pre-partido en el GS ($p < 0,05$). El descenso no significativo de los niveles de U de todos los grupos no muestra diferencias entre los momentos de medición. La respuesta hormonal también puede ser alterada como consecuencia de las demandas fisiológicas de los partidos de fútbol. A pesar de que el C disminuye ligeramente (GE, GS y GFL) o permanece estable (GQ) en los grupos realizados a las 72 h. post-partido, se han encontrado incrementos significativos respecto al pre-partido en el GC ($p < 0,05$). La T aumenta ligeramente (GE, GS y GFL) o permanece estable (GQ) en los grupos realizados, pero en el GC disminuye no

significativamente a las 72 h. post-partido. En cualquier caso, las diferencias entre los momentos de medición en la T no son significativas. El ratio T/C es significativamente inferior 72 h. post-partido que en pre-partido en el GC ($p < 0,05$), mientras que en el resto de grupos aumenta (GE, GS y GFL) o disminuye no significativamente (GQ) respecto al pre-partido. Las diferencias en la respuesta hormonal del GC respecto al resto de grupos podrían atribuirse a los efectos de la terapia compresiva.

A pesar de los evidentes deterioros del rendimiento en post-partido respecto al pre-partido en todas las variables medidas, apenas hay mediciones que muestren diferencias significativas (Tabla 21, Fig. 23). Es más, aunque el rendimiento físico de los participantes podría verse empeorado durante el periodo de recuperación, apenas se han encontrado diferencias significativas en los diferentes momentos de medición. El rendimiento anaeróbico obtenido mediante salto vertical y sprint se ve especialmente empeorado en el post-partido y a las 24 h. post-partido (aunque de manera no significativa). A partir de las 24 h. el rendimiento en salto vertical es prácticamente similar al obtenido en el pre-partido, mientras que en sprint se recupera entre 24-48 h post-partido. En cualquier caso, en el GC se ha obtenido que el rendimiento en sprint20m post-partido es significativamente inferior al pre-partido ($p < 0,05$) (no siendo así en el resto de grupos, de modo que puede haber una posible influencia de la terapia compresiva), el cual a su vez es significativamente inferior que el obtenido a las 48 h. post-partido ($p < 0,05$). Sin embargo, el rendimiento anaeróbico en T-Test muestra claramente los efectos negativos de los partidos de fútbol, pues es significativamente inferior en el post-partido que en el pre-partido en el GC ($p < 0,05$), aunque en el resto de grupos el rendimiento no sea significativamente inferior probablemente por el positivo efecto de la compresión en la función muscular. A nivel general, el rendimiento en T-Test alcanza valores similares al post-partido entre 24 y 48 h. post-partido. Durante la recuperación, el rendimiento en T-Test de los integrantes del GC, GE y GQ se ve significativamente empeorado a las 24 h. post-partido respecto al pre-partido ($p < 0,05$). Sin embargo, a las 48 y 72 h. post-partido el rendimiento en T-Test del GE es significativamente superior al obtenido en el post-partido y 24 h. post-partido ($p < 0,05$), mientras que en el GC sólo se han obtenido mejorías significativas en 48 y 72 h. post-partido respecto al post-partido ($p < 0,05$), y en el GFL respecto a 24 h. post-partido. La capacidad anaeróbica se ve especialmente deteriorada en el post-partido, pero sólo hay diferencias significativas en ciertos grupos y momentos. El RSAm es significativamente superior en el post-partido que en el pre-partido en el GC, en el GE, en el GFL y en el GQ ($p < 0,05$), mientras que el RSAAt es significativamente mayor en el post-partido que en el pre-partido en el GC, en el GE y en el GFL ($p < 0,05$). Además, el RSAm y RSAAt es significativamente inferior en el GC y en el GE durante el periodo de recuperación que en el post-partido, lo que demuestra que en ambos grupos el rendimiento en RSA se vio especialmente perjudicado en el post-partido respecto al resto de momentos analizados. En principio, los valores de IFF durante el periodo de recuperación se podrían asociar a mejoras no significativas en el rendimiento de capacidad anaeróbica (RSA) respecto al pre-partido, pero tanto el RSAm y RSAAt se mantuvieron relativamente estables o mostraron un empeoramiento no significativo, confirmando así lo expuesto en el marco teórico, que un mejor o peor IFF no siempre equivale a un mejor o peor rendimiento. En todos los grupos se aprecia que la distancia recorrida en el YYIR2 es significativamente menor en el post-partido que en el pre-partido ($p < 0,05$), y también es menor, aunque no significativamente, a las 72 h. post-partido respecto al pre-partido. Aun así, se ha obtenido que el rendimiento

aeróbico en el GC, GE y GS es significativamente superior a las 72 h. post-partido que en el post-partido.

Durante el partido sólo se aprecian diferencias significativas intra-grupos en el RPE en determinados casos, a pesar del aumento con el paso del tiempo de juego (Tabla 22, Fig. 24). El valor de RPE es significativamente mayor en el descanso que en el pre-partido en el GC y en el GE ($p < 0,05$), y a su vez, es significativamente superior en el post-partido respecto al pre-partido y al descanso en ambos grupos ($p < 0,05$). También se observa un RPE significativamente superior en el post-partido respecto al pre-partido en el GS y en el GQ ($p < 0,05$). Los valores máximos de RPE se aprecian en el post-partido en todos los grupos, momento a partir del cual disminuye paulatinamente. Durante el periodo de recuperación, el RPE también muestra valores elevados alrededor de las 24 y 48 h., pero se han encontrado pocas diferencias significativas entre los diferentes momentos de medición. Los valores de RPE son significativamente superiores a las 24, 48 y 72 h. post-partido que en el pre-partido en el GC y GE ($p < 0,05$), mientras que en el GFL es significativamente superior a las 24 h. post-partido que en el pre-partido ($p < 0,05$). El RPE también es superior en el GQ a las 72 h. post-partido que en el pre-partido. Asimismo, los valores de RPE son significativamente inferiores a las 24, 48 y 72 h. post-partido que en el post-partido en el GE ($p < 0,05$), mientras que en el GC a las 72 h post-ejercicio es significativamente inferior al post-partido y a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$). En el GQ también se han encontrado valores significativamente inferiores a las 24 y 72 h. post-partido respecto al pre-partido ($p < 0,05$). Los valores obtenidos en TQR (Tabla 22, Fig. 24) son significativamente inferiores en todos los grupos y momentos de medición que en el pre-partido ($p < 0,05$) excepto a las 24 y 48 h. post-partido en el GFL, donde no se han obtenido valores significativamente inferiores respecto al pre-partido, probablemente por el positivo efecto de las prendas de compresión en la respuesta perceptiva. 24 h. post-partido es el momento en el que menor recuperación perciben los participantes. Además, se puede observar en el GC que los valores obtenidos son significativamente superiores a las 48 y 72 h. que a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$), mientras que el GS y GQ se muestran valores significativamente superiores a las 72 h. respecto a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$).

El análisis inter-grupos nos permite observar si hay diferencias significativas entre los grupos en las diferentes variables medidas en cada uno de los momentos de medición del, indicando así la influencia de jugar un partido con prendas de compresión y llevarlas durante 7 h. post-ejercicio durante el periodo de recuperación. Además, la presencia de diferencias significativas entre los momentos de medición en el GC frente a la ausencia de las mismas en los diferentes grupos experimentales puede indicar la posible influencia de la terapia compresiva. En cualquier caso, y a pesar de haber evidencias de la fatiga periférica en los participantes, pocas diferencias significativas inter-grupos encontramos en cada uno de esos momentos de medición.

El análisis de las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función de la condición asignada (Tabla 20, Fig. 22) únicamente muestra una $[La^-]$ significativamente mayor en el GQ que en el GC en el descanso de los partidos ($p < 0,05$). Las diferencias inter-grupos en las variables hematológicas muestran que la T es significativamente menor en el GE, GS y GFL que en el GC en el pre-partido ($p < 0,05$), pero no se han encontrado más diferencias significativas entre grupos a las 72 h. post-partido.

Las diferencias inter-grupos en las variables de rendimiento físico (Tabla 21, Fig. 23) muestran que la altura obtenida en CMJ 24 h. post-partido es significativamente menor en el GQ que en el GS ($p < 0,05$), pero esta diferencia se asocia al nivel de condición física de los participantes de uno y otro grupo. El rendimiento en sprint10m y sprint20m es significativamente mejor a las 24 h. post-partido en el GFL que en el GC ($p < 0,05$). También a las 72 h. post-partido el rendimiento en sprint20m es significativamente mejor en el GFL que en el GC ($p < 0,05$). El GQ, sin embargo, muestra que el rendimiento en sprint10m y sprint20m a las 24 y 48 h. post-partido es significativamente inferior que el GFL ($p < 0,05$). Cabe la pena destacar que el GFL muestra una mejoría no significativa del rendimiento en sprint10m desde el post-partido, y que pudiera ser el motivo de las diferencias obtenidas. El rendimiento en sprint10m a las 24 h. post-partido también es significativamente inferior en el GQ respecto al GS ($p < 0,05$). El rendimiento en pre-partido en T-Test es significativamente peor en el GFL que en el GC ($p < 0,05$), pero no se han obtenido diferencias en ningún momento del periodo de recuperación. En las variables de RSA en el post-partido sólo se han obtenido diferencias significativas respecto al pre-partido en el RSAm y IFF en el GFL, los cuales son significativamente inferiores que en el GS ($p < 0,05$). Durante el periodo de recuperación únicamente se han obtenido diferencias en el GQ respecto al resto de grupos. El RSA pre-partido del GQ es significativamente peor que en el GC ($p < 0,05$), y también se observan diferencias significativas a las 24 h. post-partido respecto al resto de los grupos ($p < 0,05$), pero no en el post-partido. Las diferencias del GQ respecto al GC, GE y GFL se mantienen significativas hasta las 72 h. post-partido ($p < 0,05$). El IFF del GQ a las 48 h. post-partido es significativamente inferior que en el GS ($p < 0,05$). Por último, añadir que no se han obtenido diferencias significativas entre grupos en el rendimiento aeróbico (YYIR2).

En lo referente a la respuesta perceptiva (Tabla 22, Fig. 24), los valores de RPE son significativamente inferiores a las 24 h. post-partido en el GE y en el GQ respecto al GC ($p < 0,05$), mientras que los valores de TQR son significativamente superiores a las 24 h. post-partido en el GE, GFL y GQ respecto a los señalados por los participantes del GC ($p < 0,05$). A las 48 h. post-partido el valor de TQR en el GFL continúa significativamente superior que en el GC ($p < 0,05$). En el resto de variables perceptivas no se han obtenido diferencias significativas entre los grupos. Parece, por tanto, que 24 h. post-partido es el momento en el que la respuesta perceptiva se ve influenciada positiva y significativamente por el uso de las prendas de compresión.

En la Tabla 23 y Fig. 25 se muestra el ES en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga, en la Tabla 24 y Fig. 26 se muestra el ES en las variables de rendimiento físico, y en la Tabla 25 y Fig. 27 se muestra el ES en el esfuerzo y la recuperación percibida. El ES se muestra en términos relativos, es decir, los datos absolutos de cada participante se transformaron en relativos (% respecto al pre-partido). De este modo el ES se calculó comparando el efecto relativo de los diferentes tipos de prendas de compresión respecto al efecto relativo del GC. En aquellas variables cuyos niveles o resultados pueden incrementar por la influencia de la fatiga, el efecto es favorable al tratamiento si los incrementos relativos de los grupos experimentales son menores que los incrementos relativos del GC, mientras que en aquellas variables cuyos niveles o resultados pueden descender por la influencia de la fatiga, el efecto es favorable al tratamiento si los descensos relativos de los grupos experimentales son menores que los descensos relativos del GC. Así, en aquellas

variables que pueden incrementar por la influencia de la fatiga ($[La^-]$, C, sprint10m., sprint20m, T-Test, RSAm, RSAt, IFF RSA y RPE), el efecto es favorable al tratamiento si los incrementos relativos de los grupos experimentales son menores que los incrementos relativos del GC, en cuyo caso el valor de ES es negativo. Sin embargo, en aquellas variables que pueden descender por la influencia de la fatiga (SaO_2 , U, T, T/C, CMJ, SJ, YYIR2, TQR), el efecto es favorable al tratamiento si los descensos relativos de los grupos experimentales son menores que los descensos relativos del GC, en cuyo caso el valor de ES es positivo.

Tabla 23. Tamaño del efecto en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada.

	GE-GC	GS-GC	GFL-GC	GQ-GC
Variable (unidades)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)
Lactato (mmol/L) descanso	0,84 (0,03, 1,65)	1,04 (-0,05, 2,13)	0,48 (-0,55, 1,50)	1,54 (0,36, 2,72)
Lactato (mmol/L) post-partido	0,42 (-0,37, 1,21)	-0,21 (-1,29, 0,87)	0,53 (-0,50, 1,56)	0,83 (-0,23, 1,90)
SaO_2 (%) descanso	0,25 (-0,52, 1,03)	0,43 (-0,59, 1,46)	0,63 (-0,42, 1,67)	-0,15 (-1,17, 0,86)
SaO_2 (%) post-partido	0,27 (-0,51, 1,06)	-0,16 (-1,24, 0,91)	0,70 (-0,35, 1,75)	0,18 (-0,83, 1,20)
U (mg/dL) 72 h post-partido	-0,05 (-0,83, 0,72)	-0,21 (-1,23, 0,80)	0,32 (-0,70, 1,34)	-0,31 (-1,33, 0,71)
C (μ g/dL) 72 h post-partido	-0,43 (-1,22, 0,35)	-0,71 (-1,76, 0,34)	-1,27 (-2,40, -0,14)	-0,07 (-1,08, 0,95)
T (ng/dL) 72 h post-partido	0,66 (-0,14, 1,45)	1,11 (0,01, 2,22)	1,16 (0,05, 2,27)	0,56 (-0,47, 1,60)
T/C 72 h post-partido	1,31 (0,45, 2,17)	1,59 (0,40, 2,79)	2,17 (0,84, 3,51)	0,97 (-0,12, 2,05)

C: cortisol basal; ES: tamaño del efecto; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GFL: grupo full-leg; GQ: grupo quad; GS: grupo socks; IC: intervalo de confianza; mg/dL: miligramo por decilitro; mmol/L: milimoles por litro; n: tamaño de la muestra; ng/dL: nanogramos por decilitro; SaO_2 : saturación de O_2 de la hemoglobina; T: Testosterona total; T/C: ratio testosterona/cortisol; U: Urea

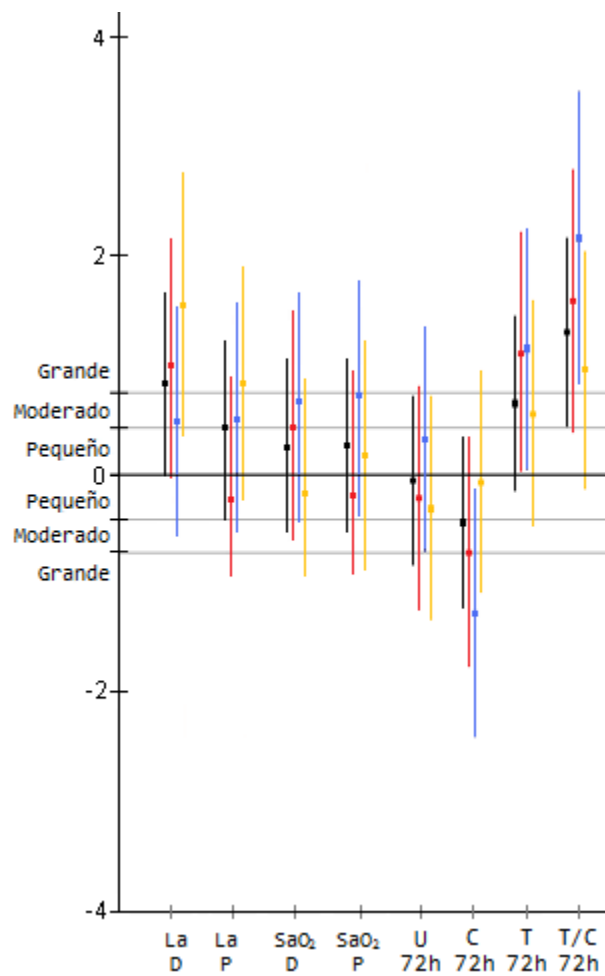


Figura 25. Tamaño del efecto en las variables fisiológicas y biomarcadores de fatiga en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; C: cortisol; D: descanso; La: lactato; P: post-partido; SaO₂: saturación de O₂ de la hemoglobina; T: testosterona; T/C: ratio testosterona/cortisol; U: urea.

Tabla 24. Tamaño del efecto en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada.

Variable (unidades)	GE-GC	GS-GC	GFL-GC	GQ-GC
	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)
Alt CMJ (cm) post-partido	0,96 (0,13, 1,79)	0,66 (-0,45, 1,77)	2,16 (0,83, 3,49)	1,03 (-0,06, 2,12)
Alt CMJ (cm) 24 h post-partido	0,36 (-0,43, 1,15)	0,61 (-0,50, 1,71)	0,06 (-0,96, 1,07)	0,45 (-0,58, 1,47)
Alt CMJ (cm) 48 h post-partido	0,57 (-0,23, 1,37)	0,44 (-0,65, 1,53)	0,39 (-0,63, 1,42)	0,92 (-0,16, 2,00)
Alt CMJ (cm) 72 h post-partido	0,29 (-0,49, 1,08)	0,23 (-0,85, 1,31)	0,03 (-0,98, 1,04)	0,95 (-0,13, 2,03)
Alt SJ (cm) post-partido	0,15 (-0,63, 0,93)	0,31 (-0,77, 1,39)	0,18 (-0,84, 1,19)	-0,02 (-1,04, 0,99)
Alt SJ (cm) 24 h post-partido	-0,24 (-1,03, 0,54)	-0,48 (-1,58, 0,61)	-0,55 (-1,59, 0,49)	0,24 (-0,78, 1,25)
Alt SJ (cm) 48 h post-partido	0,29 (-0,50, 1,08)	0,27 (-0,81, 1,35)	0,05 (-0,96, 1,06)	0,51 (-0,52, 1,54)
Alt SJ (cm) 72 h post-partido	-0,20 (-0,98, 0,58)	-0,11 (-1,19, 0,96)	-0,38 (-1,40, 0,64)	-0,17 (-1,19, 0,84)
Sprint10m (s) post-partido	-0,38 (-1,17, 0,41)	0,01 (-1,06, 1,09)	-1,11 (-2,22, -0,01)	-0,33 (-1,35, 0,69)
Sprint10m (s) 24 h post-partido	-0,27 (-1,06, 0,51)	-0,14 (-1,22, 0,93)	-0,98 (-2,07, 0,10)	0,26 (-0,76, 1,28)
Sprint10m (s) 48 h post-partido	0,38 (-0,41, 1,16)	0,79 (-0,33, 1,92)	-0,49 (-1,52, 0,54)	0,77 (-0,29, 1,82)
Sprint10m (s) 72 h post-partido	-0,15 (-0,93, 0,63)	-0,08 (-1,16, 0,99)	-0,52 (-1,55, 0,51)	0,12 (-0,90, 1,13)
Sprint20m (s) post-partido	-0,16 (-0,94, 0,62)	0,22 (-0,86, 1,30)	-0,80 (-1,86, 0,26)	-0,27 (-1,28, 0,75)
Sprint20m (s) 24 h post-partido	-0,17 (-0,95, 0,61)	-0,04 (-1,11, 1,03)	-1,16 (-2,27, -0,04)	0,48 (-0,55, 1,52)
Sprint20m (s) 48 h post-partido	0,20 (-0,58, 0,98)	0,45 (-0,64, 1,54)	-0,89 (-1,96, 0,18)	0,95 (-0,13, 2,03)
Sprint20m (s) 72 h post-partido	-0,04 (-0,82, 0,74)	0,05 (-1,03, 1,12)	-0,48 (-1,50, 0,55)	0,20 (-0,82, 1,21)
T-Test (s) post-partido	-0,58 (-1,38, 0,22)	0,17 (-0,91, 1,25)	-1,80 (-3,04, -0,56)	-1,38 (-2,53, -0,22)
T-Test (s) 24 h post-partido	-0,59 (-1,39, 0,21)	-1,39 (-2,61, -0,17)	-0,38 (-1,40, 0,65)	-0,01 (-1,02, 1,00)
T-Test (s) 48 h post-partido	-0,71 (-1,52, 0,10)	-0,71 (-1,82, 0,40)	-1,15 (-2,26, -0,04)	-0,13 (-1,14, 0,89)
T-Test (s) 72 h post-partido	-0,36 (-1,15, 0,42)	-0,56 (-1,66, 0,54)	-1,01 (-2,10, 0,08)	0,42 (-0,60, 1,45)
RSAm (s) post-partido	-0,28 (-1,06, 0,51)	0,47 (-0,62, 1,57)	-0,48 (-1,51, 0,55)	-0,98 (-2,06, 0,11)
RSAm (s) 24 h post-partido	-0,52 (-1,31, 0,28)	-0,38 (-1,47, 0,70)	0,15 (-0,87, 1,16)	-0,14 (-1,15, 0,88)
RSAm (s) 48 h post-partido	-0,32 (-1,11, 0,46)	0,21 (-0,87, 1,28)	0,16 (-0,86, 1,17)	-0,04 (-1,05, 0,98)
RSAm (s) 72 h post-partido	-0,49 (-1,28, 0,31)	-0,13 (-1,21, 0,94)	-0,48 (-1,51, 0,55)	-0,31 (-1,33, 0,71)
RSAt (s) post-partido	-0,28 (-1,06, 0,51)	0,47 (-0,62, 1,57)	-0,47 (-1,50, 0,56)	-0,98 (-2,06, 0,11)
RSAt (s) 24 h post-partido	-0,52 (-1,31, 0,28)	-0,38 (-1,47, 0,70)	0,15 (-0,87, 1,16)	-1,35 (-2,49, -0,20)
RSAt (s) 48 h post-partido	-0,32 (-1,11, 0,46)	0,21 (-0,87, 1,28)	0,16 (-0,86, 1,17)	-0,04 (-1,05, 0,98)
RSAt (s) 72 h post-partido	-0,49 (-1,28, 0,31)	-0,13 (-1,21, 0,94)	-0,48 (-1,51, 0,55)	-0,77 (-1,82, 0,29)
RSA IFF (%) post-partido	0,01 (-0,77, 0,79)	0,45 (-0,64, 1,54)	-0,70 (-1,75, 0,35)	0,06 (-0,95, 1,08)
RSA IFF (%) 24 h post-partido	0,35 (-0,44, 1,13)	0,65 (-0,46, 1,75)	0,32 (-0,70, 1,34)	0,13 (-0,89, 1,14)
RSA IFF (%) 48 h post-partido	0,31 (-0,48, 1,09)	0,74 (-0,38, 1,85)	0,33 (-0,69, 1,35)	-0,18 (-1,20, 0,83)
RSA IFF (%) 72 h post-partido	0,19 (-0,59, 0,98)	0,45 (-0,64, 1,54)	0,25 (-0,77, 1,27)	-0,17 (-1,19, 0,84)
Dist. YYIR2 (m) post-partido	0,30 (-0,48, 1,09)	-0,14 (-1,21, 0,94)	0,64 (-0,40, 1,68)	0,49 (-0,54, 1,53)
Dist. YYIR2 (m) 72 h post-partido	0,36 (-0,43, 1,15)	0,66 (-0,45, 1,76)	-0,05 (-1,06, 0,96)	0,52 (-0,51, 1,56)

alt: altura; cm: centímetro; CMJ: countermovement jump; dist: distancia; ES: tamaño del efecto; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GFL: grupo full-leg; GQ: grupo quad; GS: grupo socks; IC: intervalo de confianza; IFF: Índice de fatiga Fittsimons; M: media; m: metros; N: tamaño de la muestra; RSA: habilidad de repetir sprints; RSAm: tiempo medio RSA; RSAt: tiempo total RSA; s: segundo; SD: desviación estándar; SJ: squat jump; YYIR2: Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2

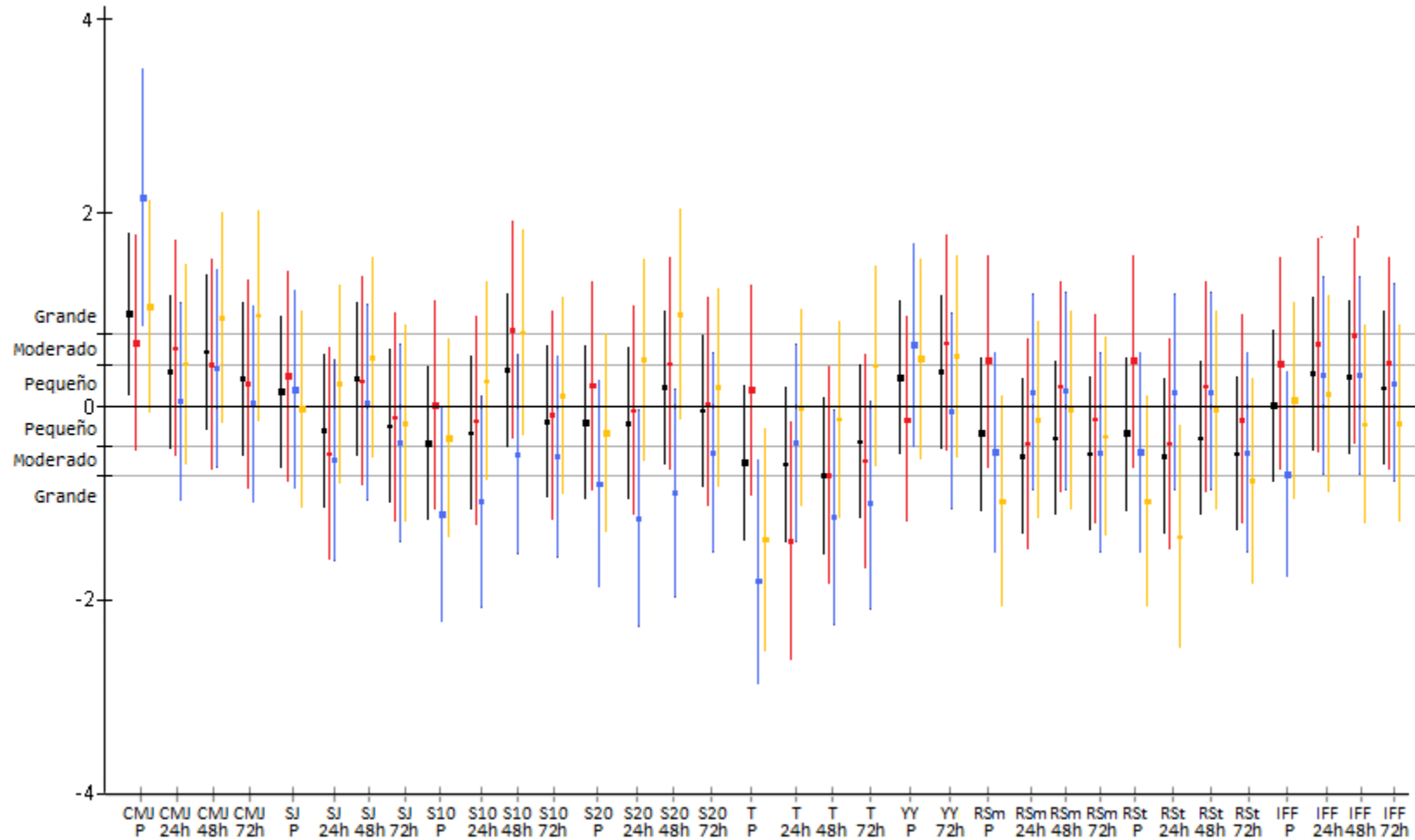


Figura 26. Tamaño del efecto en las variables de rendimiento físico en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; CMJ: countermovement jump; D: descanso; IFF: Índice de fatiga Fitzsimons; P: post-partido; RSm: tiempo medio RSA; RSt: tiempo total RSA; SJ: squat jump; S10: Sprint 10 m; S20: Sprint 20 m; T: T-test; YY: Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2.

Tabla 25. Tamaño del efecto en esfuerzo y recuperación percibida en función del momento y la condición asignada.

Variable (unidades)	GE-GC	GS-GC	GFL-GC	GQ-GC
	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)
RPE (u.a.) descanso	-0,37 (-1,15, 0,41)	-0,02 (-1,04, 0,99)	-0,58 (-1,62, 0,46)	0,03 (-0,98, 1,04)
RPE (u.a.) post-partido	-0,12 (-0,90, 0,65)	0,00 (-1,01, 1,01)	-0,39 (-1,42, 0,63)	0,09 (-0,93, 1,10)
RPE (u.a.) 24 h post-partido	-0,91 (-1,73, -0,10)	-0,57 (-1,61, 0,46)	-1,10 (-2,21, 0,00)	-1,56 (-2,75, -0,37)
RPE (u.a.) 48 h post-partido	-0,33 (-1,11, 0,45)	-0,03 (-1,04, 0,98)	-0,77 (-1,82, 0,29)	-0,41 (-1,43, 0,62)
RPE (u.a.) 72 h post-partido	-0,46 (-1,25, 0,32)	-0,47 (-1,50, 0,56)	-0,55 (-1,58, 0,49)	-0,40 (-1,42, 0,63)
TQR (u.a.) 24 h post-partido	1,11 (0,27, 1,94)	0,86 (-0,21, 1,93)	2,25 (0,90, 3,60)	0,97 (-0,12, 2,05)
TQR (u.a.) 48 h post-partido	0,52 (-0,27, 1,31)	0,29 (-0,73, 1,31)	0,94 (-0,14, 2,02)	0,13 (-0,88, 1,15)
TQR (u.a.) 72 h post-partido	0,05 (-0,72, 0,83)	0,62 (-0,42, 1,66)	-0,30 (-1,31, 0,72)	0,17 (-0,85, 1,18)

ES: tamaño del efecto; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GFL: grupo full-leg; GQ: grupo quad; GS: grupo socks; IC: intervalo de confianza; N: tamaño de la muestra; RPE: rango de esfuerzo percibido; TQR: escala de recuperación percibida; u.a.: unidades arbitrarias

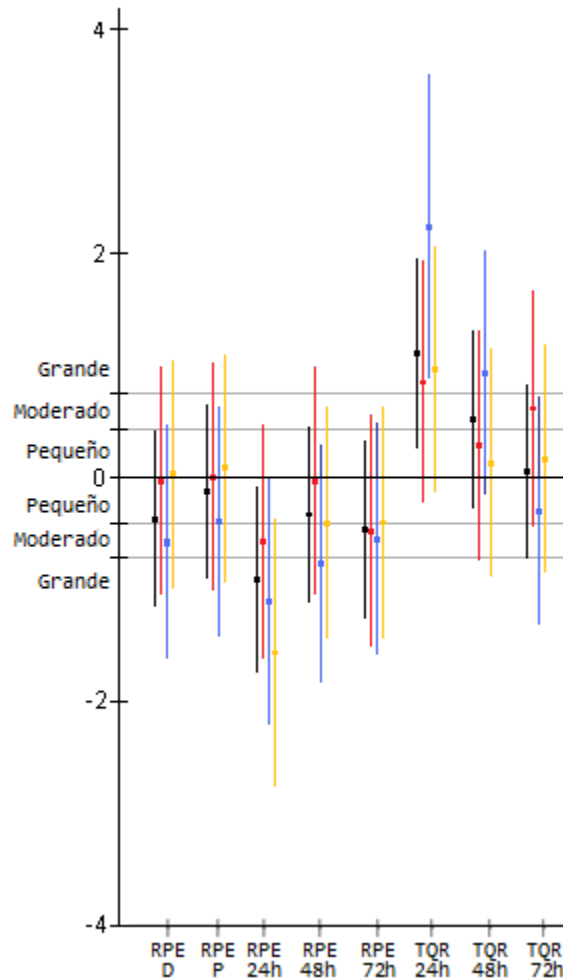


Figura 27. Tamaño del efecto en esfuerzo y recuperación percibida en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; D: descanso; P: post-partido; RPE: rango de esfuerzo percibido; TQR: escala de recuperación percibida.

6.3.3. Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación.

En este estudio se realizó un análisis descriptivo de los biomarcadores de EIMD (CK, LDH, GOT, GPT, GGT), DOMS e inflamación. También se valoró el nivel de relación entre las variables medidas durante el partido de carga interna y carga externa y las variables indicadas. Asimismo, se valoró el ES que supuso la aplicación del tratamiento compresivo durante la realización de los partidos de fútbol y el periodo de recuperación.

Como en el estudio anterior, se efectuó la prueba Shapiro-Wilk para evaluar si los datos de los marcadores de EIMD presentaban una distribución normal ($p < 0,05$). Como se aprecia en la Tabla 26, todas las variables analizadas excepto LDH siguen una distribución normal, de modo que se realizaron pruebas paramétricas, excepto en las variables mencionadas, en las que se aplicaron no paramétricas.

Tabla 26. Análisis estadístico para comprobar la normalidad de la distribución de los biomarcadores de EIMD, DOMS e inflamación.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CK	,211	46	,000	,761	46	,000
LDH	,112	46	,192	,971	46	,306
GOT	,209	46	,000	,786	46	,000
GPT	,229	46	,000	,757	46	,000
GGT	,172	46	,002	,899	46	,001
DT	,480	46	,000	,503	46	,000
DC	,211	46	,000	,797	46	,000
DA	,367	46	,000	,690	46	,000
DS	,297	46	,000	,568	46	,000
DI	,286	46	,000	,743	46	,000
DG	,382	46	,000	,476	46	,000
Infl muslo	,322	92	,000	,734	92	,000
Infl pantorrilla	,314	92	,000	,645	92	,000

CK: creatina fosfoquinasa; DA: dolor aductor; DC: dolor cuádriceps; DI: dolor isquiotibiales; DG: dolor glúteo; DS: dolor sóleo; DT: dolor tibial; GGT: gamma glutamil transferasa GOT: transaminasa glutámico oxalacética; GPT: transaminasa glutámico pirúvica; LDH: lactato deshidrogenasa; Infl: inflamación
 *. Este es un límite inferior de la significación verdadera
^a: Corrección de la significación de Lilliefors

Este análisis estadístico se realizó uniendo dos perspectivas de análisis: la temporal y la condición asignada para el estudio. Se pueden observar, por tanto, datos de tendencia central y dispersión para cada uno de los momentos de medición en función de la condición, así como la diferencia de medias entre las condiciones (inter-grupos) y entre los momentos de medición (intra-grupos). En la Tabla 27 y Fig. 28 se muestran las diferencias

entre los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada, en la Tabla 28 y Fig. 29 se muestran las diferencias en el DOMS en función del momento y la condición asignada, y en la Tabla 29 y Fig. 30 se muestran las diferencias en la inflamación en función del momento y la condición asignada.

Tabla 27. Descripción de la diferencia de medias en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18)	Socks (n=6)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
CK (UI/l) pre-partido	174 ± 116,14	219,06 ± 132,25	187 ± 47,96	231,67 ± 148,97	238,5 ± 181,91
CK (UI/l) 72 h post-partido	447,8 ± 268,64 †	411,78 ± 278,57 †	425,17 ± 309,3	366,33 ± 215,61	443,83 ± 343,17
LDH (UI/l) pre-partido	329,6 ± 55,86	322,89 ± 47,36	325,5 ± 43,68	317 ± 63,54	326,17 ± 40,21
LDH (UI/l) 72 h post-partido	379,9 ± 55,24 †	370,89 ± 57,81 †	369 ± 50,56	365,67 ± 69,33	378 ± 62,46
GOT (UI/l) pre-partido	24,1 ± 6,04	27,56 ± 9,81	26,67 ± 6,77	24,67 ± 6,56	31,33 ± 14,48
GOT (UI/l) 72 h post-partido	34,4 ± 9,8 †	35,39 ± 13,22	38,17 ± 17,54	30,67 ± 5,61	37,33 ± 14,65
GPT (UI/l) pre-partido	21,6 ± 7,45	25,06 ± 11,93	22,5 ± 8,36	19,67 ± 4,8	33 ± 16,5
GPT (UI/l) 72 h post-partido	30,9 ± 10,27 †	27,33 ± 8,91	28,33 ± 10,61	22,83 ± 5,71	30,83 ± 9,2
GGT (UI/l) pre-partido	19 ± 5,43	16,39 ± 4,95	16,67 ± 5,24	14,5 ± 4,09	18 ± 5,62
GGT (UI/l) 72 h post-partido	18,1 ± 6,4	16,06 ± 4,45	16,17 ± 5,23	14,5 ± 3,51	17,5 ± 4,72

CK: creatina fosfoquinasa; GGT: gamma glutamil transferasa GOT: transaminasa glutámico oxalacética; GPT: transaminasa glutámico pirúvica; LDH: lactato deshidrogenasa; M: media; n: tamaño de la muestra; SD; desviación estándar; UI/l: unidades internacionales por litro; (p<0,05); † Diferencias significativas respecto a pre-partido; # Diferencias significativas respecto a descanso; * Diferencias significativas respecto a post-partido; \$ Diferencias significativas respecto a 24 h post-partido; a Diferencias significativas respecto al grupo control; b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

Tabla 28. Descripción de la diferencia de medias en DOMS en función del momento y la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18)	Socks (n=6)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
DT (u.a) pre-partido	6,5 ± 0,85	6,22 ± 0,55	6,17 ± 0,41	6,17 ± 0,41	6,33 ± 0,82
DT (u.a) descanso	8,85 ± 2,52	7,7 ± 1,73	6,42 ± 0,49	8,75 ± 2,13	7,92 ± 1,43 ^c
DT (u.a) post-partido	10,65 ± 3,37 [†]	9,72 ± 3,46 [†]	6,83 ± 0,98 ^a	11,42 ± 3,5	10,91 ± 3,47 ^{†c}
DT (u.a) 24 h post-partido	9,35 ± 2,45	8,72 ± 1,56 [†]	7,83 ± 1,72 [†]	9,33 ± 1,37	9 ± 1,41
DT (u.a) 48 h post-partido	8,5 ± 1,94	8,08 ± 2,52	6,33 ± 0,52	9,42 ± 2,94	8,5 ± 2,59
DT (u.a) 72 h post-partido	7,9 ± 1,66	7,08 ± 1,57 [†]	6 ± 0 ^{\$}	7,58 ± 1,11	7,67 ± 2,25
DC (u.a) pre-partido	7,25 ± 1,59	6,94 ± 1,12	7,25 ± 1,47	6,92 ± 0,92	6,67 ± 1,03
DC (u.a) descanso	10,25 ± 2,62	9,22 ± 1,48	10 ± 1,26	8,83 ± 0,98	8,83 ± 1,94
DC (u.a) post-partido	11,85 ± 3,59 ^{†#}	12,91 ± 3,71 ^{†#}	14,58 ± 3,49 [†]	11,5 ± 2,82 [†]	12,67 ± 4,58 [†]
DC (u.a) 24 h post-partido	13,95 ± 1,83 [†]	11,61 ± 2,94 [†]	13 ± 3,69 [†]	10,17 ± 1,47 ^a	11,67 ± 2,96
DC (u.a) 48 h post-partido	11,55 ± 2,48 [†]	9,64 ± 2,74 ^{†*}	9,75 ± 3,06 [*]	10 ± 2,83	9,17 ± 2,79
DC (u.a) 72 h post-partido	10,5 ± 1,65 ^{†\$}	8,92 ± 2,33 ^{*\$}	8,67 ± 1,54 [*]	9,08 ± 3,04	9 ± 2,61
DA (u.a) Pre-partido	6,9 ± 1,29	6,53 ± 0,87	6,92 ± 1,11	6,33 ± 0,61	6,33 ± 0,82
DA (u.a) descanso	9,8 ± 2,66	9,03 ± 1,9 [†]	9,1 ± 1,96	8,41 ± 1,62	9,58 ± 2,22
DA (u.a) post-partido	12,95 ± 3,89 [†]	11,48 ± 3,05 ^{†#}	12,25 ± 3,65 [†]	11 ± 3,62	11,17 ± 2,01 [†]
DA (u.a) 24 h post-partido	12,75 ± 2,97 [†]	11,56 ± 3,11 ^{†#}	11,75 ± 2,56 [†]	13,42 ± 3,64 [†]	9,5 ± 1,97 ^{ad}
DA (u.a) 48 h post-partido	10,15 ± 2,06	9,11 ± 2,51 ^{†\$}	8,58 ± 2,13	10,17 ± 3,31	8,58 ± 1,96
DA (u.a) 72 h post-partido	9,55 ± 1,26	8,06 ± 2,34 ^{*\$}	7,75 ± 2,49 [*]	8,5 ± 2,95	7,92 ± 1,86
DS (u.a) Pre-partido	7,3 ± 2,79	6,78 ± 0,88	6,5 ± 0,84	6,83 ± 1,17	7 ± 0,63
DS (u.a) descanso	10,45 ± 2,5	9,36 ± 2,41 [†]	10,17 ± 3,43	8,75 ± 2,4	9,17 ± 0,93
DS (u.a) post-partido	11,65 ± 5,39	11,61 ± 3,18 [†]	12 ± 3,85 [†]	11,17 ± 3,43	11,67 ± 2,71 [†]
DS (u.a) 24 h post-partido	12,45 ± 2,52 [†]	9,58 ± 2,17 ^{†a}	9,25 ± 2,64 ^a	9,92 ± 1,83	9,58 ± 2,33 ^a
DS (u.a) 48 h post-partido	11,3 ± 2,86	9,19 ± 2,65 ^{†*}	8 ± 2,28 ^a	9,67 ± 2,42	9,92 ± 3,2
DS (u.a) 72 h post-partido	9,8 ± 3,01	8,47 ± 2,53 [*]	6,67 ± 0,82 ^{*a}	8,67 ± 2,86	10,08 ± 2,42
DI (u.a) Pre-partido	7,6 ± 1,78	7,53 ± 2	8,08 ± 2,25	8 ± 2,53	6,5 ± 0,45

DI (u.a) descanso	10,5 ± 3,18	10,22 ± 3,12	12,25 ± 3,62	8,75 ± 2,48	9,67 ± 2,42
DI (u.a) post-partido	13,35 ± 4,06 †	13,61 ± 4,24 †	15,67 ± 4,27 †	11,58 ± 3,53	13,58 ± 4,54 †
DI (u.a) 24 h post-partido	13,1 ± 3,15 †	13,03 ± 4,15 †	16,17 ± 3,31 †	11,83 ± 3,49	11,08 ± 4,15 ^c
DI (u.a) 48 h post-partido	12,05 ± 2,71 †	11,44 ± 3,64 †	12,5 ± 4,37	10,5 ± 2,59	11,33 ± 4,09
DI (u.a) 72 h post-partido	10,7 ± 3,16	9,5 ± 2,85 * \$	9 ± 1,79 * \$	9 ± 1,79	10,5 ± 4,42
DG (u.a) Pre-partido	6,9 ± 1,91	6,31 ± 0,57	6,5 ± 0,84	6,08 ± 0,20	6,33 ± 0,52
DG (u.a) descanso	8,6 ± 2,32	8,36 ± 1,94 †	8,67 ± 2,34	7,83 ± 1,6	8,58 ± 2,42
DG (u.a) post-partido	11,6 ± 3,57 †	10,11 ± 3,05 † #	10,33 ± 3,39 †	9,83 ± 2,99 †	10,17 ± 3,31 †
DG (u.a) 24 h post-partido	11,25 ± 3,52 †	9,64 ± 1,39 †	10,25 ± 1,72 †	9,84 ± 0,98 †	8,83 ± 1,17
DG (u.a) 48 h post-partido	9,15 ± 2,54	7,86 ± 1,83 *	7,33 ± 0,52 \$	8,83 ± 2,93	7,42 ± 0,92
DG (u.a) 72 h post-partido	8,7 ± 1,7	7,36 ± 1,49 * \$ ^a	7,67 ± 1,97 \$	7,58 ± 1,5	6,83 ± 0,98 †

DA: dolor aductor; DC: dolor cuádriceps; DG: dolor glúteo; DI: dolor isquiotibiales; DS: dolor sóleo; DT: dolor tibial; M: media; n: tamaño de la muestra; SD; desviación estándar; u.a.: unidades arbitrarias

(p<0,05); † Diferencias significativas respecto a pre-partido; # Diferencias significativas respecto a descanso; * Diferencias significativas respecto a post-partido; \$ Diferencias significativas respecto a 24 h post-partido; a Diferencias significativas respecto al grupo control; b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

Tabla 29. Descripción de la diferencia de medias en inflamación en función del momento y la condición asignada.

	Control (n=10)	Experimental (n=18)	Socks (n=6)	Full Leg (n=6)	Quad (n=6)
Variable (unidades)	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
Infl muslo (%) pre-partido	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00
Infl muslo (%) descanso	0,91 ± 0,8	0,5 ± 1,62	0,95 ± 1,18	-0,23 ± 1,42	0,78 ± 2,12
Infl muslo (%) post-partido	1,31 ± 0,82	-0,1 ± 2,02	1,22 ± 1,04	-0,89 ± 1,84 ^{a c}	-0,61 ± 2,51
Infl muslo (%) 24 h post-partido	1,8 ± 1,71 [†]	1,08 ± 1,95	1,36 ± 1,1	0,87 ± 1,62	0,99 ± 2,99
Infl muslo (%) 48 h post-partido	1,44 ± 1,88	0,68 ± 2,65	1,22 ± 2,13	-0,4 ± 1,83	1,22 ± 3,72
Infl muslo (%) 72 h post-partido	1,24 ± 2,16	1,51 ± 2,21	1,93 ± 1,87	0,47 ± 1,73	2,14 ± 2,85
Infl pantorrilla (%) Pre-partido	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00
Infl pantorrilla (%) descanso	1,33 ± 1,85	-0,35 ± 1,15 ^a	-0,92 ± 1,09 ^a	0,08 ± 0,97	-0,2 ± 1,32
Infl pantorrilla (%) post-partido	0,75 ± 0,99	-0,36 ± 1,27 ^a	-1,02 ± 0,93 ^a	0,09 ± 0,7 ^c	-0,14 ± 1,82
Infl pantorrilla (%) 24 h post-partido	0,9 ± 1,34	-0,29 ± 1,31 ^a	-0,35 ± 0,93	-0,45 ± 2,03	-0,07 ± 0,86
Infl pantorrilla (%) 48 h post-partido	1,33 ± 1,19	-0,68 ± 2,58 ^a	-1,26 ± 4,03	-0,85 ± 1,96 ^a	0,2 ± 1,07
Infl pantorrilla (%) 72 h post-partido	1,65 ± 2,93	-0,47 ± 1,22 ^a	-0,92 ± 1,36 ^a	-0,28 ± 1,56	-0,21 ± 0,69

Infl: inflamación; M: media; n: tamaño de la muestra; SD; desviación estándar; % porcentaje respecto a pre-partido (p<0,05); † Diferencias significativas respecto a pre-partido; # Diferencias significativas respecto a descanso; * Diferencias significativas respecto a post-partido; \$ Diferencias significativas respecto a 24 h post-partido; a Diferencias significativas respecto al grupo control; b Diferencias significativas respecto al grupo experimental; c Diferencias significativas respecto al grupo Socks; d Diferencias significativas respecto al grupo Full-Leg

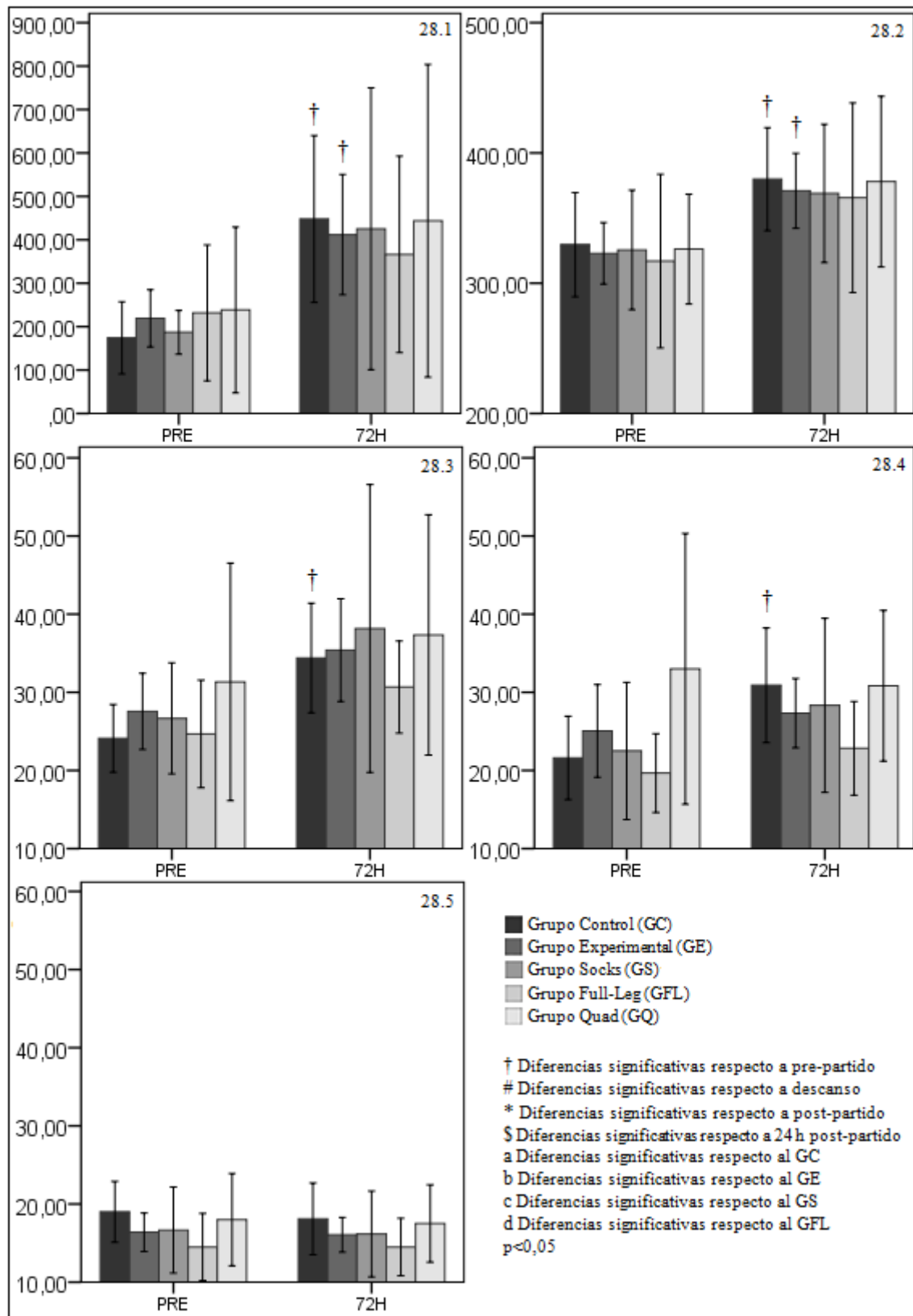


Figura 28. Descripción de la diferencia de medias en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada. Fig 28.1: CK (UI/l); Fig 28.2: LDH (UI/l); Fig 28.3: GOT (UI/l); Fig 28.4: GPT (UI/l); Fig 28.5: GGT (UI/l).

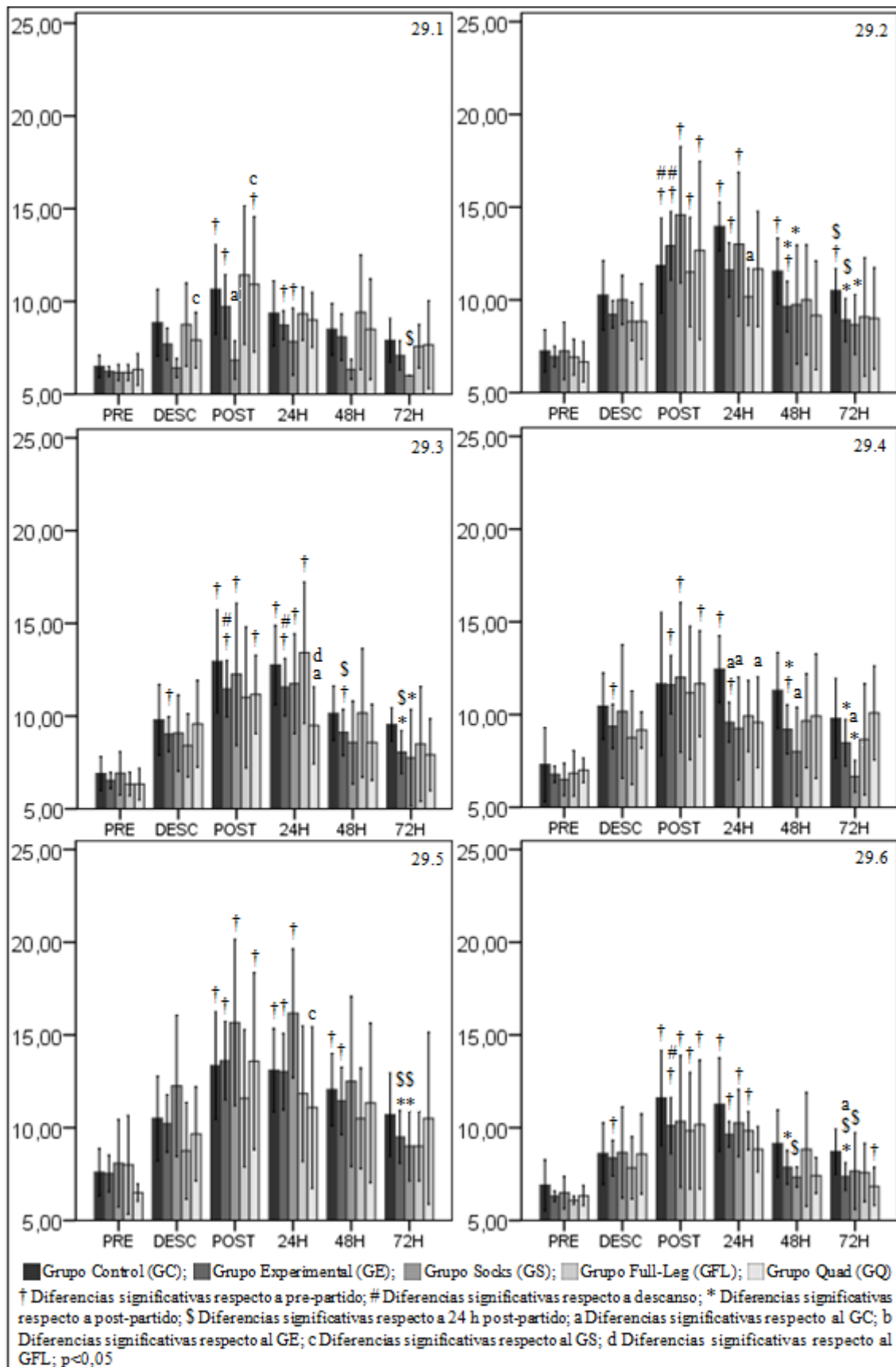


Figura 29. Descripción de la diferencia de medias en DOMS en función del momento y la condición asignada. Fig 29.1: DT (u.a); Fig 29.2: DC (u.a); Fig 29.3: DA (u.a); Fig 29.4: DS (u.a); Fig 29.5: DI (u.a); Fig 29.6: DG (u.a).

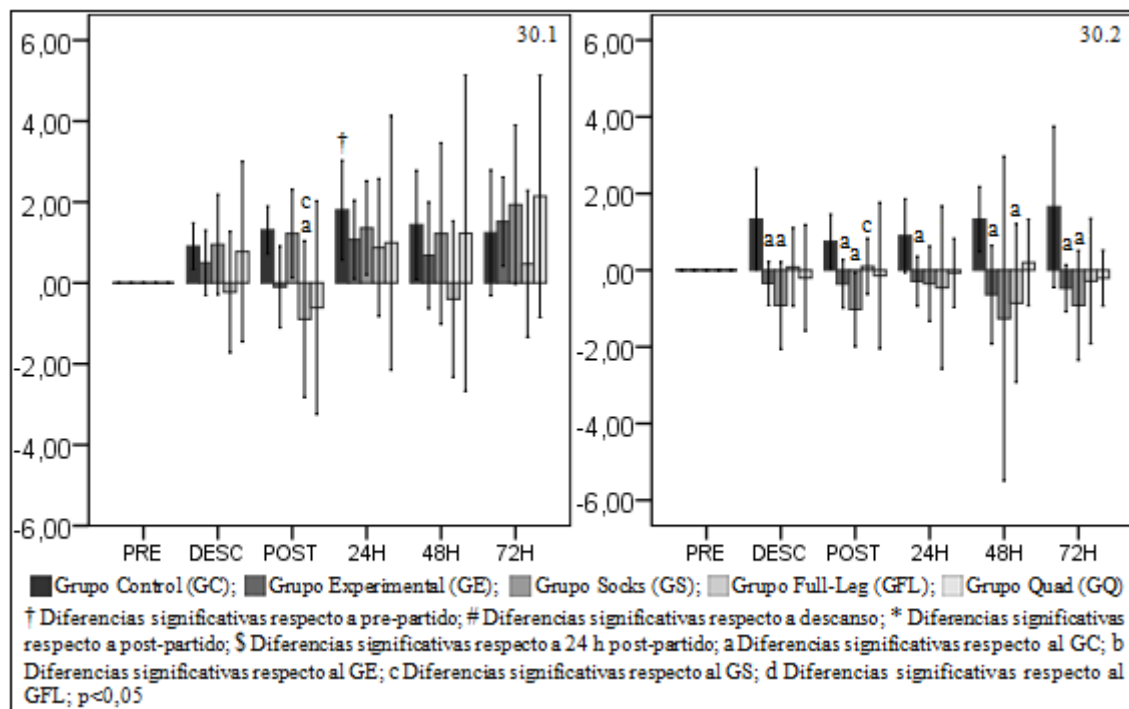


Figura 30. Descripción de la diferencia de medias en inflamación en función del momento y la condición asignada. Fig 30.1: Inflamación muslo (% respecto a pre-partido); Fig 30.2: Inflamación pantorrilla (% respecto a pre-partido).

Como en el apartado anterior, y para una mejor comprensión de los resultados, se presentan los resultados más destacables en función de los momentos de medición de las variables señaladas (análisis intra-grupos) y en función de los grupos realizados (análisis inter-grupos).

Observando los biomarcadores de EIMD (Tabla 27, Fig. 28) podemos apreciar que hay ciertas variables en las que hay diferencias significativas a las 72 h. post-partido. La CK, LDH, GOT y GPT son mayores 72 h post-partido que en pre-partido en todos los grupos, pero la GGT desciende no significativamente en todos los grupos. Únicamente se han encontrado diferencias significativas en grupos concretos. Tanto la CK como la LDH son significativamente mayores 72 h. post-partido que en el pre-partido en el GC y en el GE ($p<0,05$), mientras que las enzimas GOT y GPT son significativamente mayores 72 h. post-partido que en pre-partido únicamente en el GC ($p<0,05$). Esto demuestra la aparición del EIMD como consecuencia de las acciones realizadas en los partidos y una posible influencia de la terapia compresiva al atenuar los incrementos de los biomarcadores de EIMD.

En las diferencias intra-grupos en las variables perceptivas asociadas al EIMD (Tabla 28, Fig. 29) se observa que el DOMS en los diferentes grupos musculares alcanza su máximo entre el post-partido y las 24 h. post-partido pero disminuye progresivamente a partir de ese momento. Sin embargo, únicamente se han encontrado diferencias significativas en ciertos momentos. El DT registrado en el post-partido en el GC, GE y GQ es significativamente superior al pre-partido ($p<0,05$), mientras que en el GE a las 24 h. y 72 h. post-partido también es significativamente superior al pre-partido ($p<0,05$). El DT en el GS a las 72 h. post-partido es significativamente inferior que en el post-partido ($p<0,05$), mostrando así una mayor influencia en la atenuación del DOMS en esa región corporal respecto al resto de prendas utilizadas. El DC es

significativamente mayor en el post-partido respecto al pre-partido en todos los grupos realizados ($p < 0,05$), siendo superior, a su vez, en el GC y GE respecto al descanso ($p < 0,05$). En el GC el DC se mantiene elevado respecto al pre-partido hasta 72 h. post-partido en el GC y hasta 48 h. post-partido en el GE ($p < 0,05$). A las 24 y 48 h. post-partido el DC es significativamente inferior que en el post-partido en el GE y GS ($p < 0,05$), y a las 72 h. post-partido es significativamente inferior que a las 24 h. post-partido en el GC y GE ($p < 0,05$). El DA es significativamente mayor en el descanso que en el pre-partido en el GE ($p < 0,05$), y significativamente superior en el post-partido respecto al pre-partido en el GC, GE, GS y GQ ($p < 0,05$). Asimismo, se mantiene significativamente elevado respecto al pre-partido hasta las 24 h. post-ejercicio en el GC, GE, GS, y aumenta significativamente en el GFL a pesar de no ser significativamente superior en ningún momento previo ($p < 0,05$). En el GE el DA es significativamente superior al descanso en el post-partido y 24 h. post-partido, pero a las 48 y 72 h. post-partido es significativamente inferior que a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$). Además, en el GE y GS el DA a las 72 h. post-partido también es significativamente inferior respecto al post-partido ($p < 0,05$). El DS es significativamente superior al pre-partido desde el descanso hasta las 48 h. post-partido en el GE, momento a partir del cual no se han obtenido valores significativamente superiores al pre-partido ($p < 0,05$). En el GS y en el GQ el DS es significativamente mayor en el post-partido que en el pre-partido ($p < 0,05$), mientras que en el GC es significativamente superior al pre-partido a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$), mostrando un posible efecto positivo de las prendas de compresión a las 24 h. post-ejercicio. Además, en el GE se aprecia un DS significativamente inferior que en el post-partido a las 48 y 72 h. post-ejercicio, como también ocurre en el GS a las 72 h. post-partido ($p < 0,05$). El DI en el GC y GE es significativamente mayor en el post-partido y a las 24 y 48 h. post-partido que en el pre-partido ($p < 0,05$). En el GS es significativamente superior al pre-partido en el post-partido y a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$), mientras que en el GQ únicamente es significativamente superior al pre-partido en el post-partido ($p < 0,05$). Además, en el GE y en el GS a las 72 h. post-partido hay valores significativamente inferiores que en el post-partido y 24 h. post-partido, probablemente debido a que los valores post-partido y 24 h. post-partido registrados en el GS eran superiores a los registrados por los participantes del GFL y GQ en esos momentos (en los cuales no hay diferencias significativas) debido a la región corporal cubierta por cada una de las prendas de compresión. EL DG en el GC, GS y GFL en el post-partido y 24 h. post-partido es significativamente superior al pre-partido ($p < 0,05$), mientras que en el GQ es significativamente superior al pre-partido en el post-partido y a las 72 h. post-partido ($p < 0,05$). En el GE el DG es significativamente mayor en descanso que en el pre-partido, y a su vez, superior en el post-partido que en el pre-partido y el descanso, y a las 24 h. post-partido respecto al pre-partido ($p < 0,05$). Sin embargo, a las 48 h. y 72 post-partido el DG en el GE es significativamente inferior que en el post-partido y a las 72 h. post-partido es significativamente inferior que a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$). En el GS también se aprecia que el DG a las 48 h. y 72 post-partido es significativamente inferior que a las 24 h. post-partido ($p < 0,05$).

La inflamación del muslo (Tabla 29, Fig. 30) alcanza los valores máximos a las 24 h. post-partido en el GC y en el GFL, mientras que en el GE, GS y GQ se observa a las 72 h. post-partido. En la pantorrilla, la inflamación es máxima a las 72 h. post-partido en el GC pero en el resto de grupos es inferior al pre-partido en la mayoría de los momentos analizados. En el GC hay un aumento no significativo de la circunferencia de la pantorrilla y el muslo en el descanso y en el post-partido respecto al pre-partido. A las

24, 48 y 72 h. post-partido la inflamación de la pantorrilla y el muslo en el CG es superior al post-partido, pero únicamente es significativamente superior a las 24 h. post-partido en el muslo ($p < 0,05$). No se han encontrado más diferencias significativas entre los diferentes momentos de medición. En cualquier caso, en el GS hay un descenso no significativo respecto al pre-partido en la circunferencia de la pantorrilla durante los partidos y el periodo de recuperación, pero la inflamación del muslo (zona no expuesta a compresión) aumenta de manera no significativa en cada momento de medición. En el GFL la circunferencia del muslo es menor tanto en el descanso como en el post-partido que en el pre-partido (sin ser estadísticamente significativo), pero en el descanso y en el post-partido hay un aumento no significativo respecto al pre-partido de la circunferencia de la pantorrilla. Durante el periodo de recuperación, la circunferencia de la pantorrilla se mantiene inferior, aunque sin ser significativamente estadístico, respecto al pre-partido, mientras que la circunferencia del muslo sólo es inferior (sin significación estadística) respecto a los niveles pre-partido a las 48h. post-partido. En el GQ se observa que la pantorrilla (zona no expuesta a compresión) se mantiene relativamente estable e inferior, aunque no significativamente, respecto al pre-partido, mientras que el muslo aumenta de un modo no significativo en todos los momentos de medición excepto en el post-partido.

Aunque en el análisis inter-grupos no hayamos obtenido diferencias significativas en el análisis de los biomarcadores de EIMD (Tabla 27, Fig. 28), las diferencias inter-grupos en las variables perceptivas (Tabla 28, Fig. 29) asociadas al EIMD (DOMS) muestran que el DT es significativamente inferior en el GS que en el GC en el post-partido ($p < 0,05$), y es significativamente más elevado en el descanso y post-partido en el GQ que en el GS ($p < 0,05$), probablemente debido a la ausencia de compresión en esa región corporal. El DC a las 24 h. post-partido es significativamente inferior en el GFL que en el GC ($p < 0,05$). También a las 24 h. post-partido se ha encontrado que el DA es significativamente inferior en el GQ que en el GC y en el GFL ($p < 0,05$). El DS en el GE, GS y GQ es significativamente inferior a las 24 h. post-partido que en el GC ($p < 0,05$), el cual se mantiene significativamente inferior respecto al GC hasta las 72 h. post-ejercicio en el GS ($p < 0,05$) debido al positivo efecto de las prendas de compresión en la percepción de DOMS. EL DI señalado por los integrantes del GQ es significativamente inferior respecto al GS las 24 h. post-partido ($p < 0,05$) debido a las diferentes regiones corporales cubiertas por las prendas de compresión, mientras que el DG es significativamente inferior en el GE respecto al GC a las 72 h. post-partido ($p < 0,05$).

También hemos obtenido diferencias inter-grupos significativas en la inflamación (Tabla 29, Fig. 30), las cuales son más evidentes en la pantorrilla. Por un lado, en el GFL hay una circunferencia del muslo significativamente menor respecto al GC y al GS en el post-partido ($p < 0,05$). Por otro lado, la circunferencia de la pantorrilla es significativamente menor en el GE que en el GC independientemente del momento de medición ($p < 0,05$). En el GS la circunferencia de la pantorrilla es significativamente menor que en el GC en el descanso, en el post-partido y a las 72 h. post-partido ($p < 0,05$). En el GFL la circunferencia de la pantorrilla es significativamente menor que en el GC a las 48 h. post-partido, y significativamente superior los valores del GS en el post-partido ($p < 0,05$). Esto demuestra la eficacia de la compresión en la atenuación de la inflamación, la cual parece ser más efectiva en grupos musculares pequeños.

En la Tabla 30 y Fig. 31 se muestra el ES en los biomarcadores de EIMD, en la Tabla 31 y Fig. 32 se muestra el ES en el DOMS, y en la Tabla 32 y Fig. 33 se muestra el ES en la inflamación. El ES se muestra en términos relativos, y dado que todas las variables analizadas pueden incrementar por la influencia del EIMD (CK, LDH, GOT, GPT, GGT, DOMS e inflamación), el efecto es favorable al tratamiento si los incrementos relativos de los grupos experimentales son menores que los incrementos relativos del GC, en cuyo caso el valor de ES es negativo.

Tabla 30. Tamaño del efecto en los biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada.

	GE-GC	GS-GC	GFL-GC	GQ-GC
Variable (unidades)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)
CK (UI/l) 72 h post-partido	-0,67 (-1,46, 0,13)	-0,43 (-1,46, 0,60)	-0,79 (-1,85, 0,27)	-1,12 (-2,22, -0,01)
LDH (UI/l) 72 h post-partido	-0,06 (-0,83, 0,72)	-0,14 (-1,15, 0,88)	0,03 (-0,98, 1,04)	-0,06 (-1,07, 0,95)
GOT (UI/l) 72 h post-partido	-0,31 (-1,09, 0,47)	-0,03 (-1,04, 0,99)	-0,44 (-1,46, 0,59)	-0,64 (-1,68, 0,40)
GPT (UI/l) 72 h post-partido	-0,81 (-1,61, 0,00)	-0,41 (-1,44, 0,61)	-0,65 (-1,70, 0,39)	-1,32 (-2,46, -0,18)
GGT (UI/l) 72 h post-partido	0,59 (-0,20, 1,38)	0,35 (-0,68, 1,37)	0,74 (-0,31, 1,80)	0,44 (-0,59, 1,46)

CK: creatina fosfoquinasa; ES: tamaño del efecto; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GFL: grupo full-leg; GGT: gamma glutamil transferasa GOT: transaminasa glutámico oxalacética; GPT: transaminasa glutámico pirúvica; GQ: grupo quad; GS: grupo socks; IC: intervalo de confianza; LDH: lactato deshidrogenasa; M: media; n: tamaño de la muestra; SD; desviación estándar; UI/l: unidades internacionales por litro

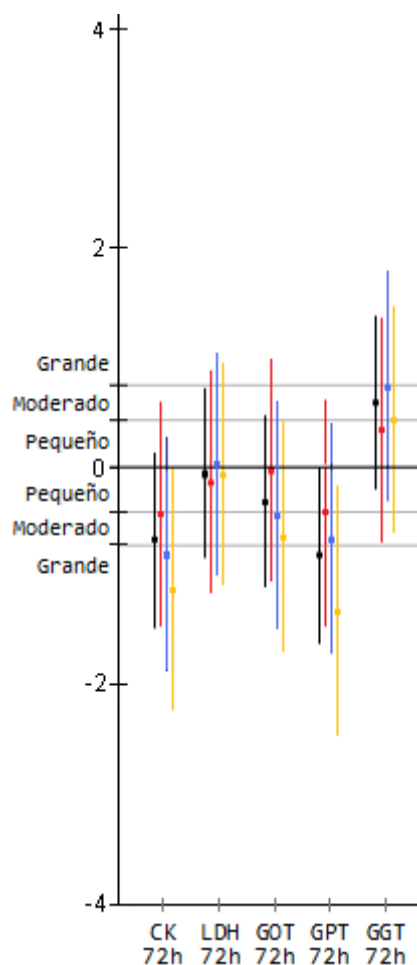


Figura 31. Tamaño del efecto en biomarcadores de EIMD en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; CK: creatina fosfoquinasa; GGT: gamma glutamil transferasa GOT: transaminasa glutámico oxalacética; GPT: transaminasa glutámico pirúvica; LDH: lactato deshidrogenasa; T: Testosterona total.

Tabla 31. Tamaño del efecto en DOMS en función del momento y la condición asignada.

Variable (unidades)	GE-GC	GS-GC	GFL-GC	GQ-GC
	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)
DT (u.a.) descanso	-0,55 (-1,34, 0,24)	-1,13 (-2,23, -0,02)	-0,04 (-1,05, 0,97)	-0,40 (-1,43, 0,62)
DT (u.a.) post-partido	-0,26 (-1,04, 0,51)	-1,31 (-2,44, -0,17)	0,21 (-0,80, 1,23)	0,07 (-0,94, 1,09)
DT (u.a.) 24 h post-partido	-0,32 (-1,10, 0,46)	-0,65 (-1,69, 0,40)	-0,01 (-1,02, 1,00)	-0,15 (-1,17, 0,86)
DT (u.a.) 48 h post-partido	-0,17 (-0,95, 0,60)	-1,29 (-2,43, -0,16)	0,37 (-0,65, 1,39)	0,00 (-1,01, 1,01)
DT (u.a.) 72 h post-partido	-0,50 (-1,28, 0,29)	-1,35 (-2,49, -0,20)	-0,20 (-1,22, 0,81)	-0,11 (-1,13, 0,90)
DC (u.a.) descanso	-0,51 (-1,30, 0,27)	-0,11 (-1,12, 0,91)	-0,62 (-1,66, 0,43)	-0,56 (-1,60, 0,48)
DC (u.a.) post-partido	0,28 (-0,49, 1,06)	0,73 (-0,33, 1,78)	-0,10 (-1,11, 0,91)	0,20 (-0,82, 1,21)
DC (u.a.) 24 h post-partido	-0,87 (-1,68, -0,06)	-0,34 (-1,36, 0,68)	-2,09 (-3,40, -0,78)	-0,94 (-2,02, 0,14)
DC (u.a.) 48 h post-partido	-0,70 (-1,50, 0,10)	-0,63 (-1,67, 0,41)	-0,56 (-1,60, 0,48)	-0,87 (-1,94, 0,20)
DC (u.a.) 72 h post-partido	-0,72 (-1,52, 0,08)	-1,07 (-2,17, 0,03)	-0,60 (-1,64, 0,44)	-0,69 (-1,74, 0,36)
DA (u.a.) descanso	-0,34 (-1,12, 0,44)	-0,28 (-1,30, 0,74)	-0,56 (-1,59, 0,48)	-0,08 (-1,10, 0,93)
DA (u.a.) post-partido	-0,43 (-1,21, 0,36)	-0,17 (-1,19, 0,84)	-0,49 (-1,52, 0,54)	-0,50 (-1,54, 0,53)
DA (u.a.) 24 h post-partido	-0,38 (-1,16, 0,40)	-0,33 (-1,35, 0,69)	0,20 (-0,82, 1,21)	-1,16 (-2,27, -0,04)
DA (u.a.) 48 h post-partido	-0,43 (-1,21, 0,36)	-0,71 (-1,76, 0,34)	0,01 (-1,00, 1,02)	-0,73 (-1,79, 0,32)
DA (u.a.) 72 h post-partido	-0,71 (-1,51, 0,09)	-0,95 (-2,03, 0,13)	-0,49 (-1,52, 0,54)	-1,03 (-2,12, 0,07)
DS (u.a.) descanso	-0,43 (-1,22, 0,35)	-0,09 (-1,11, 0,92)	-0,65 (-1,70, 0,39)	-0,58 (-1,62, 0,46)
DS (u.a.) post-partido	-0,01 (-0,78, 0,76)	0,07 (-0,94, 1,08)	-0,09 (-1,11, 0,92)	0,00 (-1,01, 1,02)
DS (u.a.) 24 h post-partido	-1,21 (-2,06, -0,37)	-1,18 (-2,30, -0,06)	-1,04 (-2,14, 0,05)	-1,11 (-2,21, -0,00)
DS (u.a.) 48 h post-partido	-0,75 (-1,55, 0,05)	-1,17 (-2,28, -0,06)	-0,57 (-1,61, 0,47)	-0,44 (-1,46, 0,59)
DS (u.a.) 72 h post-partido	-0,48 (-1,26, 0,31)	-1,20 (-2,32, -0,08)	-0,36 (-1,38, 0,66)	0,09 (-0,92, 1,11)
DI (u.a.) descanso	-0,09 (-0,86, 0,69)	0,49 (-0,54, 1,53)	-0,56 (-1,60, 0,48)	-0,27 (-1,29, 0,75)
DI (u.a.) post-partido	0,06 (-0,71, 0,83)	0,53 (-0,50, 1,56)	-0,43 (-1,46, 0,60)	0,05 (-0,96, 1,06)
DI (u.a.) 24 h post-partido	-0,02 (-0,79, 0,76)	0,90 (-0,17, 1,98)	-0,37 (-1,39, 0,66)	-0,54 (-1,57, 0,50)
DI (u.a.) 48 h post-partido	-0,18 (-0,95, 0,60)	0,13 (-0,89, 1,14)	-0,55 (-1,58, 0,49)	-0,21 (-1,22, 0,81)
DI (u.a.) 72 h post-partido	-0,39 (-1,17, 0,39)	-0,58 (-1,62, 0,45)	-0,58 (-1,62, 0,45)	-0,05 (-1,06, 0,96)
DG (u.a.) descanso	-0,11 (-0,89, 0,66)	0,03 (-0,98, 1,04)	-0,35 (-1,37, 0,67)	-0,01 (-1,02, 1,00)
DG (u.a.) post-partido	-0,44 (-1,23, 0,34)	-0,34 (-1,36, 0,68)	-0,49 (-1,52, 0,54)	-0,39 (-1,41, 0,64)
DG (u.a.) 24 h post-partido	-0,66 (-1,46, 0,13)	-0,31 (-1,33, 0,71)	-0,47 (-1,49, 0,56)	-0,79 (-1,85, 0,27)
DG (u.a.) 48 h post-partido	-0,60 (-1,39, 0,20)	-0,84 (-1,90, 0,23)	-0,11 (-1,13, 0,90)	-0,78 (-1,83, 0,28)
DG (u.a.) 72 h post-partido	-0,83 (-1,64, -0,02)	-0,54 (-1,58, 0,49)	-0,65 (-1,69, 0,40)	-1,19 (-2,31, -0,07)

DA: dolor aductor; DC: dolor cuádriceps; DG: dolor glúteo; DI: dolor isquiotibiales; DS: dolor sóleo; DT: dolor tibial; ES: tamaño del efecto; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GFL: grupo full-leg; GQ: grupo quad; GS: grupo socks; IC: intervalo de confianza; M: media; n: tamaño de la muestra; SD: desviación estándar; u.a.: unidades arbitrarias

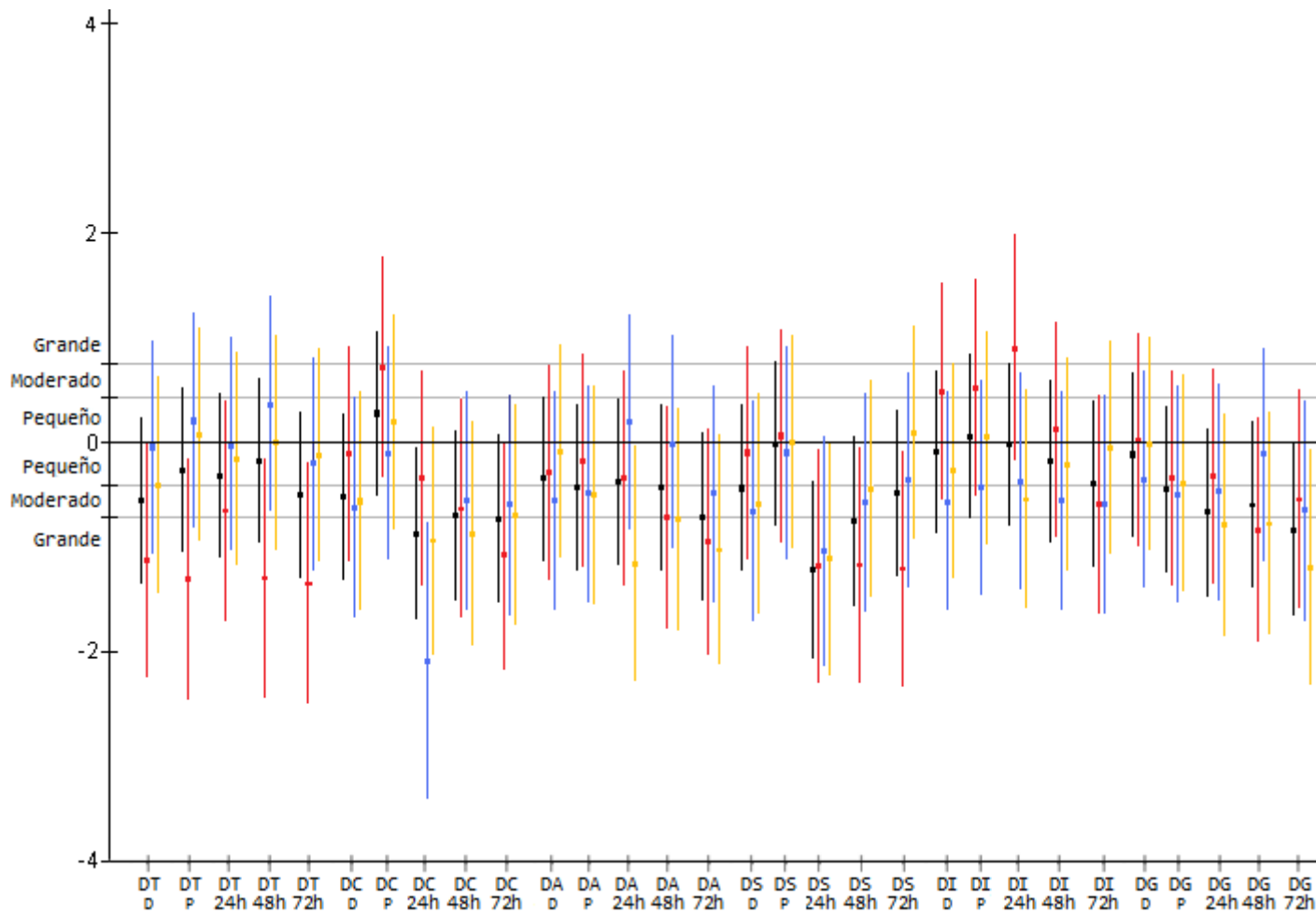


Figura 32. Tamaño del efecto en DOMS en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; DA: dolor aductor; DC: dolor cuádriceps; DG: dolor glúteo; DI: dolor isquiotibiales; DS: dolor sóleo; DT: dolor tibial.

Tabla 32. Tamaño del efecto en inflamación en función del momento y la condición asignada.

Variable (unidades)	GE-GC	GS-GC	GFL-GC	GQ-GC
	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)	ES (95% IC)
Infl muslo (%) descanso	-0,29 (-1,06, 0,49)	0,04 (-0,97, 1,05)	-1,01 (-2,10, 0,08)	-0,09 (-1,10, 0,93)
Infl muslo (%) post-partido	-0,80 (-1,61, 0,00)	-0,09 (-1,11, 0,92)	-1,62 (-2,83, -0,42)	-1,11 (-2,21, -0,00)
Infl muslo (%) 24 h post-partido	-0,37 (-1,15, 0,41)	-0,27 (-1,29, 0,75)	-0,52 (-1,56, 0,51)	-0,34 (-1,36, 0,68)
Infl muslo (%) 48 h post-partido	-0,31 (-1,08, 0,47)	-0,11 (-1,12, 0,91)	-0,93 (-2,01, 0,15)	-0,07 (-1,09, 0,94)
Infl muslo (%) 72 h post-partido	0,12 (-0,65, 0,90)	0,32 (-0,70, 1,34)	-0,36 (-1,38, 0,66)	0,35 (-0,67, 1,37)
Infl pantorrilla (%) descanso	-1,14 (-1,98, -0,30)	-1,31 (-2,45, -0,17)	-0,74 (-1,80, 0,31)	-0,86 (-1,93, 0,21)
Infl pantorrilla (%) post-partido	-0,91 (-1,73, -0,10)	-1,73 (-2,95, -0,50)	-0,68 (-1,73, 0,36)	-0,62 (-1,67, 0,42)
Infl pantorrilla (%) 24 h post-partido	-0,87 (-1,69, -0,06)	-0,98 (-2,06, 0,11)	-0,79 (-1,85, 0,27)	-0,77 (-1,83, 0,29)
Infl pantorrilla (%) 48 h post-partido	-0,87 (-1,68, -0,06)	-0,95 (-2,03, 0,13)	-1,37 (-2,52, -0,22)	-0,93 (-2,01, 0,15)
Infl pantorrilla (%) 72 h post-partido	-1,03 (-1,86, -0,21)	-0,98 (-2,06, 0,11)	-0,72 (-1,77, 0,33)	-0,74 (-1,79, 0,32)

ES: tamaño del efecto; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GFL: grupo full-leg; GQ: grupo quad; GS: grupo socks; IC: intervalo de confianza; Infl: inflamación; M: media; n: tamaño de la muestra; SD; desviación estándar; % porcentaje respecto a pre-partido

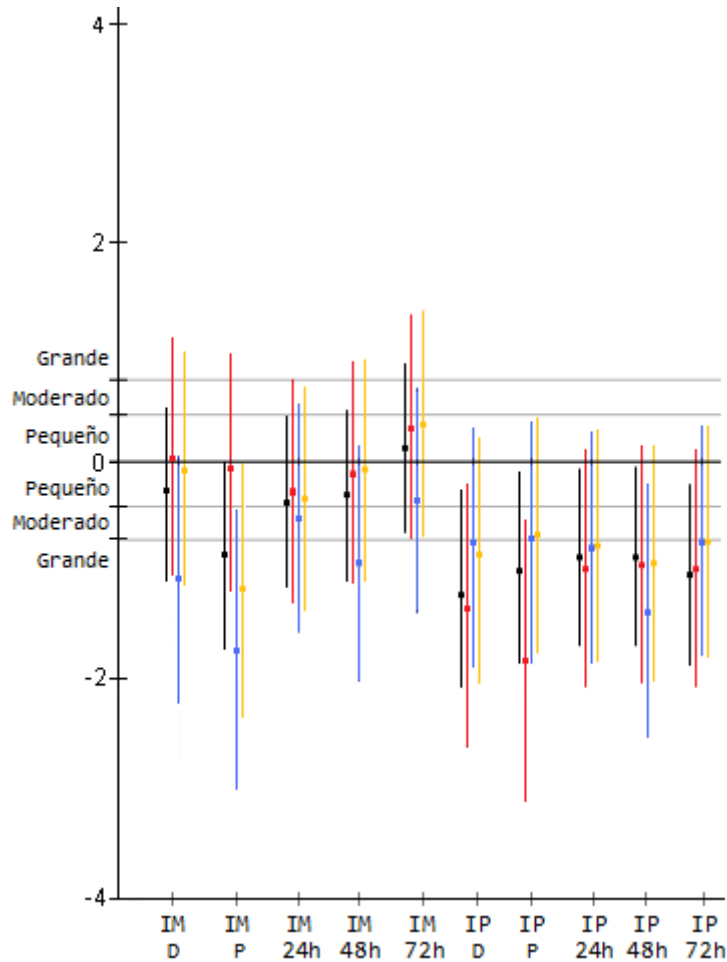


Figura 33. Tamaño del efecto en inflamación en función del momento y la condición asignada. ■ GE-GC; ■ GS-GC; ■ GFL-GC; ■ GQ-GC; D: descanso; IM: inflamación muslo; IP: inflamación pantorrilla; P: post-partido.

Tabla 33. Correlaciones ($>0,95$; $p<0,01$) entre las variables analizadas en función del momento y la condición asignada.

Correlaciones ($>0,95$; $p<0,01$)					
Grupo	Carga interna y externa de la primera parte y variables medidas en descanso.	Carga interna y externa de ambas partes y variables medidas en el post-partido	Carga interna y externa de ambas partes y variables medidas 24 h post-partido	Carga interna y externa de ambas partes y variables medidas 48 h post-partido	Carga interna y externa de ambas partes y variables medidas 72 h post-partido
GC		Sprint10m y sprint20m ($r=0,976$; $p<0,01$; $n=10$)			Sprint10m y sprint20m ($r=0,976$; $p<0,01$; $n=10$)
GE				Sprint10m y sprint20m ($r=0,987$; $p<0,01$; $n=17$)	
					U y T/C ($r=1,000$; $p<0,01$; $n=6$) U y número de AD ($r=-0,975$; $p<0,01$; $n=5$) CK y LDH ($\rho=0,943$; $p<0,01$; $n=6$) CK y DI ($r=-0,973$; $p<0,01$; $n=6$) LDH y DI ($\rho=-0,986$; $p<0,01$; $n=6$) LDH y RPE ($\rho=0,928$; $p<0,01$; $n=6$) LDH y número de sprints ($\rho=0,975$; $p<0,01$; $n=5$) LDH y número de MD ($\rho=0,975$; $p<0,01$; $n=5$) GOT y GPT ($r=0,948$; $p<0,01$; $n=6$) C y tiempo en 80-89% FC ($r=-0,962$; $p<0,01$; $n=5$) Inflamación sóleo y tiempo en 80-89% FC ($r=-0,984$; $p<0,01$; $n=5$) DG y RSA IFF ($r=0,961$; $p<0,01$; $n=5$) DG y número de MA ($r=-0,972$; $p<0,01$; $n=5$) RSA IFF y número de MA ($r=-0,994$; $p<0,01$; $n=5$) CK y DC ($r=0,950$; $p<0,01$; $n=6$) CK y DS ($r=0,969$; $p<0,01$; $n=6$) CK y RPE ($r=0,963$; $p<0,01$; $n=6$)
		DC y DS ($r=0,978$; $p<0,01$; $n=6$)		DT y DG ($r=1,000$; $p<0,01$; $n=6$)	
		DG y altura SJ ($\rho=0,975$; $p<0,01$; $n=5$)	RSAt y tiempo en 50-59% FC ($r=-0,996$; $p<0,01$; $n=5$)	TQR y tiempo en 90-100% FC ($r=0,962$; $p<0,01$; $n=5$)	
GS		Sprint10m y sprint20m ($r=0,991$; $p<0,01$; $n=5$)	RSAt y tiempo en 60-69% FC ($r=-0,996$; $p<0,01$; $n=5$)	Sprint10m y sprint20m ($r=1,000$; $p<0,01$; $n=5$)	
		Sprint10m y T-Test ($r=0,959$; $p<0,01$; $n=5$)		RSAt y %FC _{med} ($r=0,965$; $p<0,01$; $n=5$)	

GFL	Inflamación sóleo y número de AA ($r=0,987$; $p<0,01$; $n=6$)	DT y DC ($r=0,967$; $p<0,01$; $n=6$)	Sprint10m y sprint20m ($r=0,976$; $p<0,01$; $n=6$)	Inflamación muslo y Dt ($r=0,971$; $p<0,01$; $n=6$)	LDH y sprint20m ($\rho=0,986$; $p<0,01$; $n=6$) GOT y GPT ($r=0,966$; $p<0,01$; $n=6$) GGT y número de sprints ($r=0,952$; $p<0,01$; $n=6$) C y T/C ($r=-0,980$; $p<0,01$; $n=6$) Inflamación muslo e inflamación pantorrilla ($r=-0,983$; $p<0,01$; $n=6$) DC y DI ($r=0,975$; $p<0,01$; $n=6$) Altura CMJ y altura SJ ($\rho=0,957$; $p<0,01$; $n=6$)
	DS y DI ($r=0,962$; $p<0,01$; $n=6$)	DT y DS ($r=0,971$; $p<0,01$; $n=6$)		DC y RPE ($r=0,961$; $p<0,01$; $n=6$)	U y TQR ($r=-0,971$; $p<0,01$; $n=6$) GOT y DS ($r=-0,961$; $p<0,01$; $n=6$) DT y DC ($r=0,988$; $p<0,01$; $n=6$) DT y tiempo en 50-59% FC ($r=0,956$; $p<0,01$; $n=6$) DT y tiempo en 60-69% FC ($r=0,988$; $p<0,01$; $n=6$) DC y DI ($r=0,973$; $p<0,01$; $n=6$) DC y sprint20m ($r=0,963$; $p<0,01$; $n=6$) DC y tiempo en 60-69% FC ($r=0,965$; $p<0,01$; $n=6$) DI y sprint20m ($r=0,988$; $p<0,01$; $n=6$) Sprint20m y tiempo en 50-59% FC ($r=0,968$; $p<0,01$; $n=6$) Sprint20m y tiempo en 60-69% FC ($r=0,951$; $p<0,01$; $n=6$) T-Test y número de MA ($r=0,960$; $p<0,01$; $n=6$)
		DC y DS ($r=0,967$; $p<0,01$; $n=6$)		Sprint10m y sprint20m ($r=0,971$; $p<0,01$; $n=6$)	
GQ		DG y sprint20m ($r=-0,957$; $p<0,01$; $n=6$)			
		[La ⁻] y sprint10m ($r=-0,986$; $p<0,01$; $n=6$)		Inflamación pantorrilla y sprint10m ($r=1,000$; $p<0,01$; $n=6$)	
	DA y DG ($r=0,952$; $p<0,01$; $n=6$)	[La ⁻] e inflamación muslo ($r=0,950$; $p<0,01$; $n=6$)		Inflamación sóleo y %FC _{máx} ($r=0,982$; $p<0,01$; $n=6$)	
	DI y DG ($r=0,963$; $p<0,01$; $n=6$)	DC y DI ($r=0,969$; $p<0,01$; $n=6$)	DA y altura CMJ ($r=0,989$; $p<0,01$; $n=6$)	DI y %FC _{med} ($r=-0,957$; $p<0,01$; $n=6$)	
	DG y número de AA ($r=-0,960$; $p<0,01$; $n=6$)	RPE y altura SJ ($\rho=-0,971$; $p<0,01$; $n=6$)	DS y número de AD ($r=0,998$; $p<0,01$; $n=6$)	Altura CMJ y altura SJ ($\rho=0,967$; $p<0,01$; $n=6$)	
		Altura CMJ y altura SJ ($\rho=0,963$; $p<0,01$; $n=6$)		Sprint10m y %FC _{máx} ($r=-0,986$; $p<0,01$; $n=6$)	

6.4. Discusión

6.4.1. Análisis descriptivo de los partidos

i) Análisis temporal de las variables registradas

Este análisis estaba destinado a mostrar el efecto fisiológico que tiene un partido amistoso para un futbolista semi-profesional y el rendimiento físico y condicional que les exige. Los resultados muestran que es posible apreciar el efecto de la fatiga mediante una disminución del rendimiento físico o a la incapacidad de mantener determinadas intensidades. Asimismo, dicho rendimiento físico es inferior al que muestran los jugadores profesionales o de élite en situación competitiva, principalmente debido a las diferencias en las capacidades condicionales entre ellos. Aun así, somos conscientes de que dicha disminución no es una única consecuencia de la fatiga física del futbolista, sino también de la posible influencia de la fatiga mental y otras variables contextuales, como el resultado, condiciones ambientales, condición de local o visitante, etc. (Paul et al., 2015).

La FC_{med} (%) en partidos de fútbol se sitúa cerca del umbral anaeróbico (LT) (Stølen et al., 2005), generalmente entre 80-90% de la $FC_{máx}$, independientemente del nivel de los participantes (Dellal et al., 2012), y los resultados que hemos obtenido son similares a ellos. Otros estudios que han analizado la respuesta fisiológica de partidos de fútbol amistosos también han encontrado valores similares (Condessa, 2007; Edwards y Clark, 2006; Van Gool et al., 1983). Se ha señalado que la intensidad durante la segunda mitad del partido es menor que en la primera, y podría estar correlacionada con el acondicionamiento físico del jugador (Dellal et al., 2012). Nuestros resultados lo confirman, pues el $\%FC_{med}$ y el $\%FC_{máx}$ son menores en la segunda parte que en la primera, aunque sólo se presenten diferencias significativas en el $\%FC_{med}$ ($p < 0,05$). Además, los participantes estuvieron más tiempo en zonas de menor intensidad durante la segunda parte respecto a la primera, aunque no hubiera diferencias significativas. Así, la fatiga puede evidenciarse en el aumento del tiempo realizando actividades de baja intensidad (Lago-Peñas, 2012), mostrando la incapacidad del futbolista para mantener la intensidad de la primera parte durante la segunda (Mohr et al., 2005).

Los futbolistas de élite suelen recorrer 11-13 km por partido (Bangsbo et al., 2006; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009; Mohr et al., 2003; Njororai, 2012; Rey et al., 2010). Sin embargo, otros estudios han encontrado que futbolistas de élite recorren distancias similares o ligeramente superiores en partidos oficiales a las registradas en nuestro estudio (Mohr, Draganidis et al., 2016; Osgnach et al., 2010; Zubillaga et al., 2008). Igualmente, y como en estudios anteriores (Bangsbo et al., 1991; Bradley et al., 2010; Bradley y Noakes, 2013), se puede apreciar que los participantes recorrieron una distancia significativamente mayor en el primer tiempo que en el segundo ($p < 0,05$). Sin embargo, las diferencias en la condición física de los participantes respecto a los futbolistas profesionales quedan reflejadas en el número de acciones a alta intensidad. El carácter amistoso de los partidos también puede haber influido. Estudios previos ya han señalado el descenso en la cantidad de esfuerzos de alta intensidad realizados por los jugadores hacia el final del encuentro (Bangsbo, 1994a; Bangsbo et al., 1991; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Mohr et al., 2003; Tessitore et al., 2005). En nuestro estudio también se aprecian dichos descensos, aunque los futbolistas

profesionales son capaces de realizar acciones a una intensidad mayor. Por ejemplo, la $V_{\text{máx}}$ alcanzada fue inferior a la alcanzada por futbolistas profesionales (Bradley et al., 2010; Mohr, Draganidis et al., 2016), y además, fue significativamente inferior en la segunda parte que en la primera ($p < 0,05$). El número de sprints es menor que en otros estudios realizados con futbolistas de élite (Di Salvo et al., 2010; Gregson, Drust, Atkinson, y Di Salvo, 2010). El número de MD, AD, AA y MA también fue inferior que las registradas en futbolistas profesionales (Mallo et al., 2015; Mohr, Draganidis et al., 2016; Osgnach et al., 2010), las cuales puede verse reducidas en la segunda parte (Akenhead et al., 2013), pero en nuestro estudio, aunque hubo ligeros descensos en el número de aceleraciones y deceleraciones, no hubo diferencias entre las partes en ninguno de los rangos establecidos.

Además, el hecho de que los jugadores entrenaran con su equipo entre los periodos de recogida de datos provocó la ausencia de diferencias significativas entre los partidos. Así se evitó un posible desentrenamiento en caso de que no hubieran realizado ningún tipo de entrenamiento.

ii) Análisis de las variables registradas según la condición asignada

En la mayoría de las variables de carga interna y carga externa no se han encontrado diferencias significativas entre los grupos, confirmando así la escasa influencia del tratamiento compresivo en la respuesta fisiológica y física de los jugadores en un partido de fútbol de carácter amistoso.

Aunque la respuesta cardiaca es diferente según las posiciones de los jugadores (Dellal et al., 2012), el hecho de que los grupos integren jugadores de diferentes posiciones podría provocar que no hubiera diferencias entre los grupos. Sin embargo, se ha encontrado que el $\%FC_{\text{med}}$ es significativamente inferior en el GC que en el GE, GS y GQ, resultado opuesto a otros anteriormente publicados, en los que no se observan diferencias en la FC entre las condiciones control y experimental (Bringard et al., 2006; Duffield y Portus, 2007; Priego et al., 2015). El aumento del flujo sanguíneo en la microcirculación se asocia a una reducción del volumen sanguíneo local (Bollinger y Fagrell, 1990; Christopoulos et al., 1991), redistribuyendo la sangre hacia partes centrales del cuerpo y puede dar lugar a un incremento de la precarga cardiaca y afectar al gasto cardiaco en aproximadamente el 5% (Mostbeck et al., 1976). Este pudiera ser un motivo del mayor $\%FC_{\text{med}}$ al utilizar las prendas de compresión durante el partido de fútbol. Esta hipótesis se apoya en que parece poco probable que este aumento de $\%FC_{\text{med}}$ este asociado a un aumento de temperatura central (González-Alonso et al., 1999). Aunque no hayamos podido comprobarlo en este estudio, previamente se ha demostrado que la utilización de prendas de compresión no tiene efectos significativos en el aumento de la temperatura central (Goh, Laursen, Dascombe, y Nosaka, 2011; Houghton et al., 2009; MacRae, Laing, Niven, y Cotter, 2012). Si observamos las zonas de intensidad, los resultados también coinciden con los estudios previos (Dellal et al., 2012; Rohde y Espersen, 1987), ya que la mayor parte del tiempo los participantes estuvieron en zonas de intensidad entre 70-90% FC, independientemente de los grupos. En este caso las diferencias significativas observadas entre los grupos podrían justificarse por el estado de forma de los participantes y la posición que ocuparon cada uno de los integrantes de los grupos, pues fueron asignados aleatoriamente.

Además, apenas hay diferencias significativas entre los grupos en el rendimiento físico de los participantes, poniendo de manifiesto la nula influencia de llevar prendas de compresión durante un partido de fútbol en el rendimiento físico. Probablemente las variables de Dt, número de sprints y número de MD, AD, AA y MA estén exclusivamente influenciadas por los factores contextuales del juego. Pero parece ser que los descensos en la $V_{\text{máx}}$ pueden ser explicados por la reducción en la activación muscular voluntaria (Nédélec et al., 2014), la cual se asocia al dolor muscular (Byrne et al., 2004). Dado que las prendas de compresión han demostrado su eficacia en la mitigación del dolor muscular, podrían atenuar las pérdidas de la $V_{\text{máx}}$ durante los partidos de fútbol al influir indirectamente en la activación voluntaria. Sin embargo, nuestros resultados muestran que esa posible influencia es insuficiente para mitigar la pérdida de rendimiento.

6.4.2. Valoración de marcadores de fatiga durante el periodo de recuperación

Jugar un partido de fútbol implica elevadas y variables exigencias físicas, técnicas, tácticas y psicológicas que conducen a un gran nivel de fatiga central y periférica, la cual puede disminuir el rendimiento y la capacidad competitiva de los jugadores con el paso de los minutos (Badin et al., 2016; Mohr et al., 2005; Smith, Zeuwts et al., 2016). Además, las demandas competitivas y las elevadas y variables exigencias físicas puede influir en el tiempo para recuperarse por completo después de la competición y en el rendimiento en partidos posteriores (Nédélec et al., 2014). De hecho, un insuficiente tiempo de recuperación entre partidos incrementa el riesgo de fatiga aguda y crónica y podría deteriorar el rendimiento e influir en la aparición de lesiones deportivas (Dupont et al., 2010; Ekstrand et al., 2004).

A pesar de que en la mayoría de las variables estudiadas no se hayan encontrado diferencias significativas, el uso del ES puede expresar resultados importantes a nivel práctico que pueden no alcanzar significación estadística. Además, dada la variabilidad individual entre jugadores de un equipo de fútbol es difícil obtener significancia estadística, si bien hay que mencionar que pequeñas mejoras ya son de importancia en el rendimiento deportivo. Por ejemplo, un aumento muy pequeño y no significativo (1%) en una variable de rendimiento puede producir un éxito deportivo (muchas veces las diferencias entre la victoria y la derrota son mínimas), por lo que un ES pequeño o moderado puede no ser estadísticamente significativo, pero puede ser importante en la práctica deportiva (Sullivan y Feinn, 2012).

La carga física a la que los futbolistas están sometidos provoca un aumento en el metabolismo con importantes cambios hematológicos (Filaire et al., 2001; Heisterberg et al., 2013), así que la evaluación de los marcadores bioquímicos es una opción realmente útil (Marqués-Jiménez et al., 2016b; Nikolaidis et al., 2003; Nédélec et al., 2012).

Numerosos estudios con futbolistas han señalado que se produce una disminución de $[La^-]$ en la segunda parte respecto a la primera (Bangsbo et al., 1991; Brewer y Davis, 1994; Krstrup, Mohr, Steensberg et al., 2006; Krstrup, Zebis, Jensen, y Mohr, 2010; Rohde y Espersen, 1987). Sin embargo, nuestros resultados muestran una respuesta diferente. Excepto en el GS, en el cual la $[La^-]$ sigue dicho patrón de comportamiento, el

resto de grupos muestran un aumento continuo en la $[La^-]$, aunque la diferencia entre el descanso y post-partido en el GC y GE fue muy pequeña. De hecho, es significativamente mayor en el descanso que en el pre-partido en el GFL, y en el post-partido respecto al pre-partido en el GC, en el GFL y en el GQ. A pesar del aumento de $[La^-]$ con el paso del tiempo de juego, las diferencias entre los grupos no son significativas, excepto en el GQ, en el que la $[La^-]$ del descanso es significativamente mayor que en el GC. Excepto en el GS en el post-partido ($ES=-0,21$), los valores del ES muestran que hay mayor $[La^-]$ relativa utilizando las prendas de compresión respecto a la acumulación relativa mostrada por el GC, y cuya magnitud en el GE oscila entre grande en el descanso y moderado en el post-partido. En el GS y GQ el ES es mas perjudicial en el descanso que en el post-partido, mientras que en el GFL el efecto perjudicial es moderado en ambos momentos. La disminución de $[La^-]$ en la segunda parte respecto de la primera se ha asociado tradicionalmente al descenso en la distancia recorrida e intensidad de las actividades, así como al descenso de la capacidad glucolítica y del glucógeno muscular (Bangsbo et al., 1991; Mohr et al., 2003; Reilly y Thomas, 1976; Rienzi et al., 2000; Van Gool et al., 1988; Withers et al., 1982). Nuestros resultados muestran que la Dt y las intensidades son menores en la segunda parte que en la primera en todos los grupos, aunque apenas haya diferencias significativas, de modo que el aumento no significativo en la $[La^-]$ en los grupos experimentales y el ES mostrado se asociaría al tratamiento compresivo y no a una mayor Dt en la segunda parte respecto a la primera o al GC. A pesar de que las prendas de compresión no fueron fabricadas específicamente, parece que no hay influencia de la talla escogida (mayor o menor que la requerida) en la $[La^-]$ post-ejercicio (Dascombe et al., 2011). Tampoco se ha detectado el umbral de presión por encima o por debajo del cual la aplicación de la compresión permite una mejora en la hemodinámica venosa (Beliard et al., 2015), pero sí que el incremento del flujo venoso que puede provocar la aplicación de la compresión se asocia a una mayor eliminación y oxidación de La^- (Chatard et al., 2004). Nuestros resultados se oponen a esa mayor eliminación y oxidación de La^- . Varios estudios mostraron reducciones en $[La^-]$ post-ejercicio (Duffield y Portus, 2007; Rider, Coughlin, Hew-Butler, y Goslin, 2014), pero otros no han encontrado diferencias entre grupos control y experimentales inmediatamente después de realizar ejercicios continuos o intermitentes en participantes de diferentes modalidades deportivas (Ali et al., 2010; Duffield et al., 2008; Sperlich, Born, Swarén et al., 2013; Vercruyssen et al., 2014). En línea con nuestros resultados, Rimaud et al. (2010) mostraron una $[La^-]$ significativamente mayor al finalizar un ejercicio hasta el agotamiento en cicloergómetro llevando medias de compresión de 12-22 mmHg ($12,1\pm 0,5$ vs. $10,8\pm 0,4$ mmol/L; $p<0,05$). Una probable causa es que la presión ejercida sobre la musculatura provoca que el La^- sea retenido en el músculo previamente activo, en lugar de ser limpiado más rápidamente (Berry y McMurray, 1987; Rimaud et al., 2010), explicando así las mayores $[La^-]$ en la segunda parte respecto al descanso y de los grupos experimentales respecto al GC. Estas respuestas también podrían asociarse al perfil de la actividad física realizada por los participantes previa a la obtención de la $[La^-]$, ya que la $[La^-]$ correlaciona con la cantidad de trabajo realizado justo antes de la toma de muestras (Stølen et al., 2005). Por ello, es necesario realizar nuevos estudios en futbolistas para confirmar si el hecho de jugar un partido amistoso o entrenar con unas prendas de compresión puede aumentar la $[La^-]$ post-ejercicio, aun sabiendo que, probablemente, el hecho de llevar las prendas de compresión en el periodo de recuperación estimule la eliminación de las elevadas concentraciones (Rimaud et al., 2010), aunque no siempre haya resultados positivos durante la recuperación (Erten et al., 2016). De todos modos, las concentraciones obtenidas en el post-partido en todos

los grupos son similares a las encontradas en futbolistas tras un partido (Stølen et al., 2005), por lo que no podemos asumir este comportamiento como verdaderamente perjudicial para el rendimiento del futbolista.

No se han identificado diferencias significativas en la SaO₂ entre los grupos en ningún momento de medición, pero hay una SaO₂ significativamente menor en el post-partido que en el pre-partido en el GS (97,67±1,03 vs 95,67±1,75; p<0,05). Además, existen descensos no significativos en la SaO₂ asociados al aumento del tiempo de juego en todos los grupos excepto en el GFL, en el que hay un aumento no significativo. A pesar de no haber diferencias significativas entre los grupos, los datos del ES del GE muestran que el efecto relativo de la compresión para atenuar la reducción de la SaO₂ en el descanso y el post-partido es pequeño, excepto en el GFL, cuyos participantes mostraron incrementos no significativos de la SaO₂ y un ES relativo moderado. Se ha demostrado el aumento en la oxigenación de las extremidades en pacientes con insuficiencias venosas (Agu et al., 2004), pero parece poco probable que haya un aumento de la SaO₂ durante ejercicios máximos o submáximos (ejercicios de RSA) a pesar del probable aumento del volumen sanguíneo (Duffield y Portus, 2007). En un estudio con atletas de maratón, se mostró que no había diferencias en la SaO₂ entre aquellos deportistas que corrieron con medias de compresión (25-20 mmHg) y aquellos que actuaron como control (Arecas et al., 2015). Aunque hubo descensos en la SaO₂ post-carrera respecto al pre-ejercicio, las diferencias entre grupos no fueron significativas (p>0,05). Con estos datos, y unido al poco efecto de las prendas de compresión en la eliminación de [La⁻] mostrado en ese estudio, los autores sugirieron la falta de efecto de las medias de compresión en el retorno venoso, aunque no se pudo confirmar esto, ya que no se pudieron obtener variables asociadas a la hemodinámica. Dado que el ES relativo del GE es pequeño, y ya que no hemos podido evaluar aspectos de hemodinámica ni se ha atenuado la [La⁻], sugerimos también una pequeña influencia de la terapia compresiva en la mejora del retorno venoso durante la realización de los partidos de fútbol, aunque no los podemos confirmar. La posible causa del aumento no significativo de la SaO₂ en el GFL con el paso del tiempo de juego quizás sea el tamaño de la región cubierta por la prenda de compresión. El aumento de la velocidad del flujo sanguíneo y la mejora de la circulación periférica y el retorno venoso facilitado por las prendas de compresión (Agu et al., 2004; Davies et al., 2009; Lawrence y Kakkar, 1980; O'Donnell et al., 1979; Ramelet, 2002; Sigel et al., 1975; Starkey, 2013) puede influir en la precarga cardiaca y afectar al gasto cardiaco (Mostbeck et al., 1976). Además, el %FC_{med} del GFL es menor que el del GS y GQ, por lo que la precarga y el gasto cardiaco pueden haberse mejorado por el aumento del retorno venoso en el GFL.

Gracias a la obtención de datos sobre los marcadores de recuperación de los futbolistas, los entrenadores pueden tomar decisiones más conscientes sobre la carga de entrenamiento que está soportando el futbolista y su estado de recuperación (Heisterberg et al., 2013).

Nuestros resultados muestran que hay un descenso no significativo de los niveles de U de todos los grupos a las 72 h. post-partido, pero no conocemos la respuesta post-partido. Varios estudios han detectado incrementos significativos en las concentraciones post-partido de U en futbolistas profesionales masculinos y femeninos (Andersson, Bøhn et al., 2010; Bangsbo, 1994b; Hübner et al., 1994), pero también se ha sugerido que puede haber partidos que no demanden esfuerzos físicos que provoquen cambios en su concentración (Hübner et al., 1994). Los valores de U a las 72 h. post-partido son

inferiores a aquellos valores considerados como indicadores de altas cargas de entrenamiento en hombres (49,86 mg/dL) pero ligeramente superiores a aquellos considerados como indicadores de bajas cargas (30,03 mg/dL) (Hartmann y Mester; 2000). Esto es indicador de que los participantes probablemente alcanzarían un buen rendimiento deportivo a las 72 h. post-partido, pues tienen unos niveles bajos de U sanguínea debido al óptimo periodo de recuperación. Aunque no se hayan encontrado diferencias significativas entre los grupos, el ES muestra que el GS y el GQ han tenido un descenso relativo mayor entre el pre-partido y 72 h. post-partido en la concentración de U que el GC, mientras que el descenso relativo en el GFL es menor que en el GC (aunque de pequeña magnitud), de modo que las perneras de compresión parecen ligeramente más efectivas. Ligeramente, porque como demuestra el ES del GE muestra que el efecto relativo de la terapia compresiva en la respuesta de la U es trivial.

El C puede ser utilizado para monitorear los procesos de recuperación y como marcadores de fatiga en futbolistas (Filaire et al., 2003; Romagnoli et al., 2016), ya que su aumento muestra una relación directa con el estrés psicofisiológico (Gleeson, 2002), encontrándose niveles aumentados de esta hormona cuando se aplican grandes cargas (Brownlee et al., 2005; Hoffman et al., 1999; West et al., 2014). Nuestros resultados muestran que al utilizar las prendas de compresión el C disminuye ligeramente (GE, GS y GFL) o permanece estable (GQ) 72 h. post-partido (sin diferencias significativas entre los grupos), pero se han encontrado incrementos significativos respecto al pre-partido en el GC ($p < 0,05$). Aunque hay estudios en los que los valores post-partido de C en futbolistas no muestran diferencias respecto al pre-partido debido a la gran variabilidad individual en la respuesta y la adaptación al estrés competitivo (Moreira et al., 2009; Peñailillo et al., 2015), los valores suelen ser significativamente más elevados que los del pre-partido (Maya et al., 2016; Thorpe y Sunderland, 2012). El C vuelve a niveles basales entre 24 (Ispirlidis et al., 2008) y 48 h. post-partido (Silva et al., 2013), pero puede ser necesario un periodo de 72 h. para garantizar una óptima recuperación debido a la alteración de algunos marcadores de EIMD (Ispirlidis et al., 2008). Aunque no se hayan encontrado diferencias significativas entre los grupos, los valores del ES muestran que medias y perneras de compresión tienen un efecto relativo grande en la atenuación de los aumentos significativos del C, como ocurre en el GC, pero las musleras de compresión tienen un efecto relativo trivial. De hecho, el ES del GE muestra un efecto relativo moderado en la atenuación de los incrementos de C al aplicar la terapia compresiva. Por tanto, las medias y perneras de compresión parecen atenuar los incrementos de C aunque de manera no significativa. En cualquier caso, la literatura muestra resultados poco concluyentes. En jugadores de rugby se ha observado que llevar prendas de compresión, junto a otras estrategias de recuperación (hidroterapia, crioterapia o recuperación activa), provoca que el C vuelva a niveles basales a las 36 h. post-partido, a pesar de aumentos post-partido del 57% (Lindsay et al., 2015). Sin embargo, se desconoce si dicha respuesta es exclusiva del tratamiento compresivo. Otro estudio muestra que no hay diferencias en el C post-ejercicio ni durante el periodo de recuperación al realizar ejercicios isocinéticos en brazos, y utilizar mangas de compresión (Kraemer et al., 2001a).

La relación antagónica entre los procesos anabólicos y catabólicos asociados al fútbol puede afectar al rendimiento y reflejarse en el comportamiento hormonal (Kraemer, French, Paxton, et al., 2004). La T tiende a elevarse en entrenamientos anaeróbicos o de fuerza y a disminuir en deportes aeróbicos (Hoffman et al., 1999), especialmente cuando el ejercicio se alarga hasta el agotamiento (Keizer et al., 1989), y se asocian a

estados de sobreentrenamiento (Fry et al., 1991; Hoffman et al., 1999; Hough et al., 2011; Jidovtseff y Crielaard, 2001; Tanskanen et al., 2011). Pero en fútbol su respuesta es muy variable. Hay estudios que muestran incrementos post-partido de esta hormona (Gravina et al., 2011; Maya et al., 2016; Thorpe y Sunderland, 2012), mientras que otros muestran descensos post-partido (Peñailillo et al., 2015) que se pueden mantener hasta las 72 h. posteriores a partidos en días consecutivos (Ekblom, 2002). También hay estudios que no muestran cambios significativos en la T durante los 6 días post-partido (Ispiridis et al., 2008). Nuestros resultados tampoco muestran diferencias significativas entre los momentos de medición ni entre los grupos, pero se aprecian descensos no significativos en el GC y aumentos no significativos en el resto de grupos. Analizando el ES del GE se observa que la aplicación de la compresión parece atenuar moderadamente, en términos relativos y de manera no significativa, los descensos de T que muestra el GC a las 72 h. post-partido. Las medias y pernas de compresión tienen un efecto relativo grande, aunque sin alcanzar significación estadística, en la atenuación de los descensos significativos de la T a las 72 h. post-partido, mientras las musleras de compresión tienen un efecto relativo moderado. Sólo se ha encontrado un estudio para comparar (Goto y Morishima, 2014), en el cual la concentración de TL descendió significativamente post-ejercicio, pero no hubo diferencias significativas entre el GC y GE (utilizando traje de compresión) durante el periodo de recuperación y los valores aumentaron hasta los basales a las 24 h. post-ejercicio.

El ratio T/C es significativamente inferior 72 h. post-partido que en pre-partido en el GC (24%; $p < 0,05$) pero en el resto de grupos aumenta (GE, GS y GFL) o disminuye no significativamente (GQ) respecto al pre-partido. Aunque no se aprecian diferencias significativas entre los grupos a las 72 h. post-partido, la magnitud del ES muestra, en términos relativos, que todas las prendas de compresión pueden evitar los descensos a las 72 h. post-partido. La disminución de este cociente indica un predominio de los procesos catabólicos, pudiendo conllevar reducción del rendimiento, mientras que un aumento indica un predominio de los procesos anabólicos (Hoffman et al., 1996; Urhausen et al., 1995). En futbolistas se han encontrado descensos significativos post-partido (Maya et al., 2016; Peñailillo et al., 2015) y que pueden mantenerse hasta las 48 h. post-partido ($p < 0,05$) (Silva et al., 2013), aunque también hay estudios que no muestran diferencias significativas post-partido (Thorpe y Sunderland, 2012). Por ello, parece que la terapia compresiva favorece los procesos anabólicos del organismo durante el periodo de recuperación, aunque no de manera significativa. No se ha encontrado otro artículo en el que se analice la influencia de la compresión en el ratio T/C durante la recuperación para poder establecer comparativas.

En cuanto a la función muscular, las prendas de compresión atenúan las fuerzas de impacto posterior al salto y reducen la oscilación muscular durante ejercicios de carrera debido a mejoras en la neurotransmisión y eficiencia mecánica a nivel molecular (Bringard et al., 2006; Doan et al., 2003; Kraemer, Bush, Triplett-McBride et al., 1998). Pueden influir en la estimulación de aferentes musculares y en el nivel de la excitación muscular a través de la presión aplicada en la piel, modificando la información de los receptores cutáneos y, pudiendo alterar el control motor y cambiar las órdenes de reclutamiento de las unidades motoras musculares (Kraemer et al., 1996). Además, una reducción en la vibración puede reducir el estrés mecánico del tejido muscular (Valle et al., 2013). En su conjunto, estos factores pueden contribuir a una reducción de la fatiga periférica en el post-partido. Durante el periodo de recuperación, otros factores pueden ser los responsables de los resultados observados. La alteración del sarcómero como

resultado de ejercicio contribuye a la disfunción contráctil en el proceso de excitación-contracción (Proske y Morgan, 2001), de modo que una interrupción mecánica de las fibras musculares en presencia de EIMD influye en la pérdida de fuerza muscular (Kraemer et al., 2001b). Frente a los síntomas del EIMD, el tratamiento compresivo parece minimizar la pérdida temporal de fuerza aplicada (Byrne et al., 2004; Cleak y Eston, 1992; Tee et al., 2007), probablemente debido a la reducción del número de fibras musculares afectadas, a una mejor reparación y alineación de las fibras musculares y unidades contráctiles dañadas (casting dinámico), a una posible inmovilización o limitación de ciertos movimientos (inmovilización dinámica), y a la reducción de la inflamación y del DOMS (Hamlin et al., 2012; Jakeman et al., 2010a; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Zainuddin, Hope et al., 2005). Estos factores podrían facilitar la recuperación funcional del músculo y explicar las alteraciones funcionales observadas, pero puede haber otros mecanismos responsables de la menor pérdida de rendimiento en los grupos de compresión (Hamlin et al., 2012), ya que la pérdida de fuerza muscular en presencia del EIMD también puede estar vinculada a trastornos en la función neural (Michaut et al., 2002), los cuales también pueden modificarse al utilizar prendas de compresión.

Aunque no hay diferencias significativas entre los momentos de medición, el rendimiento anaeróbico en salto vertical se ve especialmente empeorado en el post-partido y a las 24 h. post-partido, momento a partir del cual es similar al obtenido en el pre-partido. Estudios previos han demostrado que los descensos post-partido oscilan entre 4,4-12% respecto al pre-partido (Andersson, Raastad et al., 2008; Magalhães et al., 2010; Oliver et al., 2007; Robineau et al., 2012) y se mantienen hasta 48 (Bailey et al., 2007; de Hoyo et al., 2016; Magalhães et al., 2010) o 72 h. post-partido (Magalhães et al., 2010). Sin embargo, otros estudios coinciden con nuestros resultados, ya que no muestran pérdidas significativas en el post-partido (Krustrup et al., 2010; Robineau et al., 2012; Thorlund et al., 2009). Nuestros resultados en CMJ y SJ en el post-partido muestran en todos los grupos que el empeoramiento relativo respecto al pre-partido es menor en todos los grupos experimentales que en el GC (GC: $-9,21 \pm 3,12\%$ en CMJ y $-4,33 \pm 6,77\%$ en SJ; GE: $-2,91 \pm 7,59\%$ en CMJ y $-3,16 \pm 7,98\%$ en SJ; GS: $-4,40 \pm 11,4\%$ en CMJ y $-2,12 \pm 6,34\%$ en SJ; GFL: $-0,79 \pm 4,52\%$ en CMJ y $-2,68 \pm 11,45\%$ en SJ; GQ: $-3,8 \pm 7,18\%$ en CMJ y $-4,5 \pm 6,1\%$ en SJ), pero las diferencias entre los grupos en términos absolutos no son significativas. Además, el GC muestra valores relativos inferiores al pre-partido durante todo el periodo de recuperación en CMJ ($-3,24\%$ a 24 h.; $-2,35\%$ a 48 h.; $-2,27\%$ a 72 h. post-ejercicio), y en SJ sólo hasta 48 h. post-ejercicio ($-1,28\%$ a 24 h.; $-1,10\%$ a 48 h.; $+0,27\%$ a 72 h. post-ejercicio), siendo esos valores inferiores en el resto de grupos en el CMJ y a las 48 h. en el SJ. El ES del GE confirma, por tanto, la capacidad de las prendas de compresión para atenuar el empeoramiento relativo de la capacidad de salto, tanto en el post-partido como en el periodo de recuperación en CMJ, y únicamente en el post-partido y 48 h. post-partido en el SJ. La magnitud del ES relativo en CMJ durante la recuperación es superior utilizando musleras de compresión que utilizando medias o perneras de compresión, mientras que el ES obtenido en SJ no permite identificar que tipo de prenda de compresión es que tiene un efecto superior. La presencia de efectos relativos de mayor magnitud en el CMJ respecto al SJ puede deberse a que durante tareas con CEA, como el CMJ, se reflejan claramente los efectos de la fatiga y los patrones de recuperación de los componentes neuromecánicos, siendo más apropiado para detectar fatiga neuromuscular (Gathercole et al., 2015; Nicol et al., 2006; Nédélec et al., 2012). Varios estudios en jugadores de deportes de equipo han mostrado beneficios durante la recuperación. En jugadores de

baloncesto se ha demostrado que las perneras de compresión son beneficiosas en la atenuación de la reducción en la capacidad de salto tras un torneo de 3 días consecutivos (Montgomery, Pyne, Hopkins et al., 2008). También se han mostrado efectos positivos en la potencia máxima en CMJ a las 24 h. post-ejercicio al llevar medias de compresión durante 24 h. (excepto por la noche) tras realizar juegos reducidos en fútbol australiano con o sin contacto (Gallaher, Boyd, Stepto, Snow, y Aughey, 2010). En jugadores de hockey que realizaron ejercicio intermitente de alta intensidad, un tratamiento continuo de 24 h. con perneras de compresión no es eficaz en la mejora de la recuperación (1, 24 y 48 h. post-ejercicio) de la fuerza máxima aplicada en un salto (SJ), pero sí en la potencia al realizar 5CMJ (Pruscino et al., 2013). Los beneficios en la capacidad de salto han sido también demostrados por otros estudios con poblaciones de diferentes disciplinas deportivas y con varios tipos de prendas de compresión (Bieuzen et al., 2014; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Mizuno, Morii, Tsuchiya, y Goto, 2016), y parecen ser más beneficiosos al utilizar prendas de compresión de la clase II (Hill et al., 2017), a pesar de otros resultados que no muestran efectos positivos (French et al., 2008; Kraemer et al., 2010). Parece, por tanto, que las diferentes prendas de compresión pueden influir positivamente, aunque su efecto sea moderado y más evidente en el CMJ que en el SJ, en la reducción de los empeoramientos del rendimiento muscular debido a su posible influencia en la recuperación de la estructura de la membrana, la cual acelera la recuperación de la fuerza contráctil y de la funcionalidad de los procesos de excitación-contracción (Jakeman et al., 2010b). Probablemente, la aplicación del tratamiento compresivo durante los partidos provocó un menor EIMD reflejado en menores descensos en la capacidad de salto que los señalados por la literatura. Aparte de los ya citados beneficios de la terapia compresiva en la función muscular, también puede ser que el partido haya tenido un efecto de calentamiento en la musculatura a la hora de realizar el gesto técnico del salto en el post-partido (Shellock y Prentice, 1985).

El rendimiento anaeróbico obtenido mediante sprint se ve especialmente empeorado en el post-partido y a las 24 h. post-partido (aunque de manera no significativa), el cual vuelve a los niveles pre-partido entre 24-48 h post-partido. Aunque sólo haya diferencias significativas del GFL respecto al GC, el análisis del ES relativo del GE muestra que la influencia del tratamiento compresivo es positiva pero de magnitud pequeña en el post-partido y a las 24 y 72 h. post-ejercicio. El ES también muestra que el efecto relativo de las perneras de compresión es grande entre en el post-partido y las 48 h. post-partido, momento a partir del cual el efecto es moderado. Las medias de compresión únicamente muestran efectos positivos pero triviales a las 24 h. post-partido, mientras que las perneras de compresión sólo muestran un pequeño ES relativo en el post-partido. Otro estudio mostró que a las 48 h. post-ejercicio tampoco había mejoras significativas en el rendimiento en sprint10m, pero en sprint30m el grupo que utilizó perneras de compresión tuvo valores similares al pre-ejercicio y el grupo control todavía tenía un rendimiento significativamente peor, señal de la influencia positiva del tratamiento aplicado durante 12 h. (French et al., 2008). Una posible causa del empeoramiento en el rendimiento de sprint es la reducción de la activación voluntaria (Nédélec et al., 2014) asociada a la inhibición provocada por el dolor muscular (Byrne et al., 2004). En cualquier caso, el efecto positivo de la terapia compresiva en la reducción del dolor (cuyos efectos positivos se analizan en el siguiente apartado de esta Tesis Doctoral), parece no ser suficiente para atenuar la reducción de la activación voluntaria que implica el empeoramiento del rendimiento de sprint. Otros trabajos no han encontrado que las prendas de compresión atenúen la pérdida de rendimiento físico post-ejercicio ni durante la recuperación. Jugadores de hockey que realizaron ejercicios

intermitentes (Loughborough intermittent shuttle test) con musleras de compresión no obtuvieron mejorías significativas en el rendimiento post-ejercicio en sprint de 15 m. en comparación con el grupo control (Houghton et al., 2009). Otro estudio que aplicó compresión a los miembros inferiores con perneras durante 48 h. de manera continua no mostró diferencias significativas en sprint5m, sprint10m ni sprint20m a las 48 h. post-ejercicio, a pesar de haber un empeoramiento significativo respecto al pre-ejercicio en ambos grupos (Davies et al., 2009). La ausencia de efecto de la terapia compresiva en la recuperación del rendimiento de sprint también se ha confirmado en jugadores de baloncesto (Montgomery, Pyne, Hopkins et al., 2008).

El rendimiento anaeróbico en T-Test es significativamente inferior en el post-partido que en el pre-partido en el GC, aunque en el resto de grupos el rendimiento no sea significativamente inferior, probablemente por el positivo efecto de la compresión en la función muscular. En cualquier caso, no se han obtenido diferencias significativas entre los grupos excepto en el pre-partido. El rendimiento en T-Test vuelve a niveles basales entre 24 y 48 h. post-partido, independientemente de aplicar o no un tratamiento compresivo. Otros estudios tampoco han obtenido diferencias significativas en pruebas de cambios de dirección a las 48 h. post-ejercicio entre aquellos deportistas que utilizaron perneras de compresión y los que actuaron como control (Davies et al., 2009; French et al., 2008). En cualquier caso, los valores del ES del GE muestran que el empeoramiento relativo del rendimiento en el post-partido y durante la recuperación es menor gracias a la terapia compresiva, cuya magnitud es moderada. El efecto relativo de las perneras de compresión es superior el de las medias y musleras de compresión. En presencia de fatiga, el rendimiento en test de habilidad en cambios de dirección se ve negativamente afectado por alteraciones en el CEA, en combinación con el aumento de la rigidez de la articulación de la rodilla, y asociados a una inhibición central de la fuerza por mecanismos neurales (Highton et al., 2009; Michaut et al., 2002). Parece posible, por tanto, que un cambio en el reclutamiento de las unidades motoras musculares y un aumento del nivel de excitación muscular a través de la presión aplicada en la piel al utilizar prendas de compresión (Kraemer et al., 1996), además del soporte mecánico que facilitan las prendas de compresión, favorezcan una mejor recuperación en tareas con cambios de dirección. Quizás la aplicación de compresión sobre las articulaciones también influya a nivel tendinoso. Se ha sugerido que la reducción de fuerza del músculo afectado por el EIMD puede no ser tan elevada en función de la capacidad elástica del tendón, la cual puede disminuir esa tensión muscular (Cheung et al., 2003; Guilhem et al., 2016). Por ello, la compresión quizás permita una menor sollicitación tendinosa para compensar la pérdida de fuerza muscular en presencia del EIMD, de modo que la funcionalidad del tendón pueda manifestarse al máximo en ejercicios con cambios de dirección, y no teóricamente estresado al compensar la pérdida de fuerza muscular asociada al EIMD.

Las mejoras en RSA se caracterizan por una reducción del RSA_t (Mendez-Villanueva et al., 2008) o por un alto rendimiento en RSA_m, con o sin un IF bajo (Bishop et al., 2011) ya que el IF puede no ser un indicador sensible a cambios en el rendimiento (Impellizzeri et al., 2008). Por ello, la capacidad anaeróbica (RSA) se vio especialmente deteriorada en el post-partido. Aunque los valores de IFF durante el periodo de recuperación se podrían asociar a mejoras no significativas en el rendimiento de RSA respecto al pre-partido, tanto el RSA_m y RSA_t se mantuvieron relativamente estables o mostraron un empeoramiento no significativo, de modo que no podemos confirmar un mejor rendimiento en términos absolutos en RSA durante el periodo de recuperación.

Aun no habiendo diferencias significativamente estadísticas en términos absolutos, el ES del GE muestra un positivo, aunque pequeño, efecto relativo de la terapia compresiva en la atenuación del empeoramiento del rendimiento en RSA, siendo un efecto moderado a las 24 y 72 h. post-partido. A tenor del ES, no podemos confirmar que tipo de prenda de compresión es la que muestra efectos superiores. En jugadores de rugby también se ha mostrado que llevar perneras de compresión durante 24 h. tiene un efecto positivo aunque pequeño en la disminución del IF y del RSAm respecto a un grupo placebo (Hamlin et al., 2012). Pero otro estudio con jugadores de rugby muestra que llevar perneras de compresión durante la recuperación no mejora el RSAm y RSAt a las 24 h. post-ejercicio respecto a un grupo control (Duffield et al., 2008). En jugadores de cricket se ha mostrado que los trajes de compresión tampoco mejoran, 24 h. post-ejercicio, el RSAt ni el % de decrecimiento (Duffield y Portus, 2007).

El rendimiento aeróbico (YYIR2) en términos absolutos se vio significativamente empeorado en todos los grupos en el post-partido, y se mantuvo inferior 72 h. post-partido respecto al pre-partido, aunque no de manera significativa. De hecho, en el GC, en el GE y en el GS el rendimiento en YYIR2 a las 72 h. post-partido fue significativamente superior que en el post-partido. Analizando el ES del GE muestra un pequeño efecto relativo de la terapia compresiva en la atenuación de los empeoramientos del rendimiento aeróbico, así que las prendas de compresión podrían tener un efecto positivo (aunque no significativamente estadístico) en la capacidad del futbolista de realizar ejercicio hasta la extenuación, ya sea inmediatamente post-partido o a las 72 h. post-partido. Además, y debido al posible efecto placebo, no es posible diferenciar que tipo de prenda de compresión es la que muestra efectos superiores. En la literatura se encuentran resultados contradictorios. Aunque parece que la terapia compresiva tiene un pequeño efecto positivo en el mantenimiento del tiempo hasta el agotamiento (Engel, Holmberg, y Sperlich, 2016), estudios anteriores también han mostrado la poca efectividad de la terapia compresiva en el mantenimiento post-ejercicio del tiempo hasta el agotamiento de los deportistas (Areces et al., 2015; Treseler, Bixby, y Nepocatych, 2016), así como su pequeña influencia en los parámetros cardiacos y respiratorios en deportes de carrera (Engel, Holmberg et al., 2016; Engel, Stockinger, Woll, y Sperlich, 2016; Priego et al., 2015). En cualquier caso, es evidente que el hecho de llevar prendas de compresión durante el periodo de recuperación aumenta la velocidad del flujo sanguíneo y puede incrementar el volumen sistólico y el gasto cardiaco (Chatard et al., 2004). Además, se ha sugerido que el aumento del flujo sanguíneo podría aumentar el metabolismo de los carbohidratos, aumentando la disponibilidad de glucosa muscular y, en última instancia, la resíntesis de glucógeno (de Glanville y Hamlin, 2012; Hamlin et al., 2012). Sin embargo, posteriormente se demostró que utilizar musleras de compresión (37 mmHg) durante el periodo de recuperación tras ejercicio de alta intensidad provoca una disminución del flujo sanguíneo (tanto en las regiones profundas como superficiales del tejido muscular), pero que la captación de glucosa muscular permaneció inalterada y, por tanto, independiente del flujo sanguíneo (Sperlich, Born, Kaskinoro et al., 2013). Por tanto, se precisan nuevos estudios para confirmar si el rendimiento aeróbico se ve mejorado durante la recuperación y cuáles son los mecanismos subyacentes, así como analizar la posible influencia del efecto placebo en estos resultados.

El RPE mide o cuantifica el cansancio o fatiga que es percibida por la persona para un trabajo determinado (Borg, 1970, 1998). Los valores máximos de RPE se aprecian en el post-partido en todos los grupos, momento a partir del cual disminuye paulatinamente.

Durante los partidos se aprecian diferencias significativas entre algunos de los momentos de medición en todos los grupos excepto en el GFL, pero sin que haya diferencias significativas entre los grupos. Durante el periodo de recuperación, el RPE también muestra valores elevados alrededor de las 24 y 48 h., pero se han encontrado pocas diferencias significativas entre los diferentes momentos de medición en los grupos experimentales, al contrario que en el GC y GE, en los cuales hay diferencias significativas entre los momentos de medición. El GFL es el grupo que menor RPE mostró y el ES muestra que tiene un efecto relativo moderado en la reducción de la percepción de esfuerzo en el descanso y a las 72 h. post-partido, grande a las 24 y 48 h. post-partido y pequeño en el post-partido. Esto podría asociarse a la mayor región corporal cubierta por la pernera de compresión y a las menores sensaciones dolorosas en cada una de las regiones corporales. EL GS y el GQ, por el contrario, únicamente mostraron un efecto relativo positivo durante el periodo de recuperación, ya que el ES de ambos grupos muestra valores triviales durante el descanso y el post-partido. En su conjunto, se aprecia que la magnitud del ES de la terapia compresiva en el RPE es superior durante el periodo de recuperación que durante el descanso y el post-partido, siendo 24 h. post-ejercicio el momento en el que la magnitud del ES es máxima. La mayoría de estudios coinciden con nuestros resultados, pues muestran que no hay un menor esfuerzo percibido inmediatamente después del ejercicio al llevar diferentes tipos de prendas de compresión durante ejercicios de carácter intermitente (Ali et al., 2007; Duffield et al., 2008; Duffield y Portus, 2007; Gallaher et al., 2010; Vercruyssen et al., 2014). Asimismo, jugadores de fútbol australiano que llevaron medias de compresión durante 24 h. (excepto por la noche) tras realizar juegos reducidos con contacto mostraron menor RPE a las 24 h. post-ejercicio (Gallaher et al., 2010). Sin embargo, un estudio mostró exactamente lo contrario. Tras ejercicios con vibración en las extremidades inferiores, el grupo que utilizó prendas de compresión durante el periodo de recuperación de 5 min. post-ejercicio no tuvo un menor RPE durante la recuperación, pero sí que fue menor durante el ejercicio (Sperlich, Born, Swarén et al., 2013). Por ello, una futura línea de investigación, para dar continuidad a lo que realizaron Ali et al. (2007), será conocer si la sensación de esfuerzo percibido en los días posteriores se ve influenciada por llevar las medias de compresión únicamente durante un partido, entrenamiento y/o cualquier otro tipo de actividad física.

En cuanto a la percepción de recuperación (TQR) se observa que en todos los momentos hay valores significativamente menores que en el pre-partido, siendo mínimos a las 24 h. post-partido. El ES muestra que en casi todos los grupos y momentos de medición, la percepción de recuperación se ve mejorada en términos relativos al utilizar prendas de compresión, y su magnitud es grande a las 24 h. post-partido, moderada a las 48 h. post-partido, y pequeña a las 72 h. post-ejercicio. La respuesta perceptiva sugiere, por tanto, que el uso de prendas de compresión puede ser realmente útil durante las 24-48 h. post-ejercicio para promover la recuperación psicológica del ejercicio de alta intensidad, independientemente de los posibles cambios fisiológicos (Duffield y Portus, 2007; Pruscino et al., 2013). Una posible explicación es que las prendas provocan sensaciones de comodidad y descanso (Cipriani, Yu, y Lyssanova, 2014). Otro estudio con jugadores de hockey mostró que los deportistas se sentían mejor recuperados tanto a las 24 como a las 48 h. post-ejercicio (Loughborough Intermittent Shuttle Test) al utilizar perneras de compresión durante 24 h. (Pruscino et al., 2013). En fútbol australiano también se ha demostrado que llevar prendas de compresión durante el microciclo semanal puede contribuir a una mejor percepción de recuperación, la cual se ve progresivamente mejorada conforme pasan los días respecto al partido competitivo

(Bahnert, Norton, y Lock, 2013). En un estudio con ciclistas, sin embargo, se utilizaron perneras de compresión (27 ± 6 mmHg en la pantorrilla y 18 ± 2 mmHg en el muslo) durante 20 min. de recuperación entre series de sprint en cicloergómetro de 60 s., y no se encontraron diferencias en la percepción de recuperación (Argus, Driller, Ebert, Martin, y Halson, 2013). Por ello, parece que los beneficios de la terapia compresiva en la percepción de recuperación únicamente se aprecian en esfuerzos de alta intensidad y que se asocien a la aparición de EIMD. En cualquier caso, no podemos excluir el efecto placebo como posible factor que contribuya a estos resultados.

6.4.3. Valoración de marcadores de EIMD durante el periodo de recuperación

Como en el apartado anterior, el uso del ES puede expresar resultados importantes en la práctica deportiva que pueden no alcanzar significación estadística. Además, dada la variabilidad individual entre jugadores de un equipo de fútbol es difícil obtener significancia estadística, si bien hay que mencionar que pequeñas mejoras ya son de importancia en el rendimiento deportivo.

Aunque ya haya mejoras a las 24 h. post-partido (Krustrup et al., 2011), se necesitan entre 48-72 h. para restaurar las perturbaciones metabólicas y el EIMD posterior a un partido de fútbol (Ascensão et al., 2008; Heisterberg et al., 2013; Ispirlidis et al., 2008; Krustrup et al., 2010; Magalhães et al., 2010; Nédélec et al., 2014; Nybo, 2012; Russell et al., 2015; Thorpe y Sunderland, 2012). Aun así, 3-4 días de recuperación entre partidos podrían ser insuficientes para restaurar la homeostasis (Andersson, Raastad et al., 2008; Fatouros et al., 2010). Las estrategias de recuperación después del ejercicio son, por tanto, un factor esencial en la preparación del deportista. Todavía no se conocen los efectos de algunas estrategias de recuperación tras tareas específicas en fútbol, debido a la falta de estudios llevados a cabo en condiciones de campo o reales (Tessitore et al., 2007). Una estrategia es la utilización de prendas de compresión, las cuales parecen ser beneficiosas en la recuperación de varios marcadores del EIMD en deportistas (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, et al., 2016).

Tanto el ejercicio excéntrico como el concéntrico son responsables del leve daño de la membrana muscular y de los aumentos en su permeabilidad después de un partido (Montgomery, Pyne, Cox et al., 2008). Por ello, la CK y LDH pasan de los tejidos musculares dañados al torrente sanguíneo a través del sistema linfático, de modo que pueden ser valoradas como marcadores de EIMD (Hortobagyi y Denahan, 1989; Kraemer et al., 2001a).

La concentración de CK aumenta después de un partido de fútbol (Hübner et al., 1994), pudiendo ser 84% superior ($p=0,17$) en futbolistas profesionales (Thorpe y Sunderland, 2012) o 95,25% mayor en jóvenes futbolistas (Aquino et al., 2016a). Algunos estudios han encontrado incrementos en los niveles de CK ($p<0,01$) a las 18 h. post-partido en futbolistas femeninas de élite y sub-élite, (Gravina et al., 2011), pero la mayoría de los estudios han detectado concentraciones significativamente superiores al pre-partido a las 24 (de Hoyo et al., 2016; Djaoui et al., 2016; Russell et al., 2015; Souglis et al., 2015), 48 (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Lazarim et al., 2009; Romagnoli et al., 2016; Russell et al., 2015; Silva et al., 2013), y 72 h. post-partido (Ascensão et al., 2008). En nuestro estudio sólo hemos encontrado valores significativamente superiores

de CK a las 72 h. post-partido en el GC y GE, lo que demuestra la aparición del EIMD en los participantes. Como ya ha sido sugerido (Davies et al., 2009), el aumento significativo de CK en el GC asociado al aumento no significativo de la CK en el GS, GFL y GQ (aunque no haya diferencias entre grupos) indica que la terapia compresiva estimula una recuperación más rápida. Puede ser que el SS haya influido en las escasas diferencias significativas respecto al GC, pero el ES del GE muestra que llevar diferentes prendas de compresión durante el partido y el periodo de recuperación tiene un efecto relativo moderado en la atenuación de los incrementos de CK durante la recuperación. Las perneras y musleras de compresión tienen un efecto relativo grande, mientras que el efecto relativo de las medias de compresión es moderado. Probablemente, la mayor area cubierta por ambas prendas de compresión respecto al área cubierta por las medias de compresión haya provocado una mayor respuesta, pues la presión teórica ejercida ambas prendas se corresponde con aquellas del rango II.

Tras EIMD en piernas y brazos se han obtenido concentraciones de CK significativamente menores al utilizar trajes de cuerpo entero y mangas de compresión en periodos comprendidos entre 24-120 h. post-ejercicio (Kraemer et al., 2001a, 2001b; Kraemer et al., 2010). Dos mecanismos han sido sugeridos como principales mecanismos de esta respuesta: por un lado, la reducción en el daño estructural asociado a la infiltración de neutrófilos y al edema que probablemente explique la menor respuesta de la CK (la liberación de los marcadores de EIMD se atenúa como resultado de la compresión), y por otro, la mejora en la eliminación y limpieza de las proteínas miofibrilares y otros productos gracias al mayor retorno venoso (Kraemer et al., 2001a, 2001b; Kraemer et al., 2004). Jugadores de deportes de equipo, sin embargo, muestran resultados no tan concluyentes. Parece que llevar perneras de compresión durante periodos de 12 h. puede atenuar significativamente los incrementos de CK intersticial en jugadores de rugby a las 36 y 84 h. post-partido (Gill et al., 2006), pero también se ha mostrado en jugadores de rugby que periodos continuos de 24 h. con perneras de compresión tras realizar ejercicio intermitente de alta intensidad tiene un efecto trivial o muy pequeño favorable al tratamiento compresivo, en comparación con prendas placebo (Hamlin et al., 2012). Además, en jugadores de cricket se han encontrado que los trajes de compresión de cuerpo entero tiene un efecto grande en la atenuación de la CK 24 h. post-ejercicio en términos absolutos, pero sin diferencias significativas en términos relativos (Duffield y Portus, 2007). Existen otros estudios realizados con jugadores de deportes de equipo en los que la utilización de perneras de compresión durante 15-24 h/día no redujo significativamente los niveles de CK frente a grupos control en diferentes momentos del periodo de recuperación (Duffield et al., 2008; Montgomery, Pyne, Cox et al., 2008; Pruscino et al., 2013). Diversos estudios, con heterogéneas características, tampoco han encontrado diferencias en las concentraciones de CK al utilizar diferentes prendas de compresión durante el periodo de recuperación (Bieuzen et al., 2014; Davies et al., 2009; French et al., 2008; Goto y Morishima, 2014; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Mizuno et al., 2016). Varias causas podrían explicar las diferencias entre los estudios: el tiempo de aplicación del tratamiento, los diferentes momentos de medición entre los estudios, los diferentes tipos de prendas de compresión utilizadas, un protocolo dañino insuficientemente intenso como para provocar EIMD (Bieuzen et al., 2014; Goto y Morishima, 2014), gran variabilidad interindividual de la CK (Hartmann y Mester, 2000), los individuos no entrenados suelen tener una mayor respuesta en comparación con individuos entrenados (Brancaccio et al., 2007; Klapcinska et al., 2001), y mayor susceptibilidad al EIMD en las extremidades superiores que en las extremidades inferiores (Chen, Lin, Chen, Lin, y Nosaka, 2011; Jamurtas et al., 2005;

Saka et al., 2009). Los resultados del presente estudio refuerzan la positiva, aunque no significativa, influencia de las prendas de compresión en la atenuación del EIMD, la cual podría ser efectiva incluso en la CK del líquido intersticial, que puede disminuir y provocar descensos todavía mayores de la CK sanguínea (Gill et al., 2006).

No hay diferencias significativas en los valores de LDH en el GS, GFL y GQ respecto al GC a las 72 h. post-partido. Sin embargo, el GC y GE muestran valores significativamente más altos a las 72 h. post-partido mientras que los aumentos de LDH en el resto de grupos no son significativos. Previamente se han mostrado incrementos significativos de LDH en el post-partido (Aquino et al., 2016a), los cuales pueden ser máximos a las 48 h. post-partido (Ispiridis et al., 2008) y mantenerse significativamente elevados a las 72 h. post-competición (Ascensão et al., 2008; Ispiridis et al., 2008). Muestra, por tanto, el mismo patrón que la CK en futbolistas (Jastrzebski, 2006). Los aumentos de LDH sugieren la existencia de roturas miofibrilares (Fallon, 2008), de modo que podemos confirmar la presencia de EIMD en los futbolistas participantes de nuestro estudio. Aunque los aumentos significativos en el GC puede hacernos pensar que las prendas de compresión parecen efectivas para minimizar el aumento de LDH, el ES muestra que los diferentes tipos de prendas de compresión tienen un efecto trivial en la atenuación de los incrementos de LDH durante el periodo de recuperación, pues los incrementos relativos son similares en todos los grupos. Otros estudios con ejercicios pliométricos para estimular el EIMD tampoco han encontrado diferencias en las concentraciones de LDH a las 24 y 48 h. post-ejercicio respecto al GC utilizando perneras de compresión con presiones de 15 mmHg (Davies et al., 2009). Frente a ejercicios isocinéticos en brazos, las mangas de compresión (10 mmHg) tampoco parecen atenuar los incrementos de LDH, aunque no hubiera incrementos significativos respecto al pre-ejercicio en este estudio (Kraemer et al., 2001a).

Las enzimas GOT y GPT pueden utilizarse para detectar la presencia de destrucción muscular y posible estado de sobreentrenamiento, ya que las altas concentraciones sugieren que la carga de entrenamiento ha sido elevada, que se han producido roturas miofibrilares o la activación del ciclo de glucosa-alanina por déficit de glucógeno muscular (Fallon, 2008; Galvis, 2000). La enzima GOT se modifica en mayor medida que la GPT, cuyo incremento siempre se acompaña del aumento de la GOT y la CK (Harrington, 2000), hipótesis confirmada en el presente estudio. Nuestros resultados sugieren que el uso de las prendas atenuan los incrementos relativos de GOT y GTP a las 72 h. post-ejercicio (aunque no hay diferencias significativas entre grupos), pues sólo las concentraciones de GOT y GPT son significativamente mayores 72 h. post-partido que en pre-partido en el GC ($p < 0,05$) y el ES muestra que el incremento relativo del GC es superior al incremento relativo del resto de grupos. El ES relativo en la atenuación de la GOT es moderado en todos los grupos, mientras que el ES relativo en la atenuación de la GPT es moderado utilizando medias y perneras de compresión y grande utilizando musleras. El efecto moderado de las prendas de compresión en la atenuación de los incrementos de GOT en jugadores de deportes de equipo ha sido demostrado a las 24 h. post-ejercicio (ES=0,58), aunque no hubiera efecto a las 2 h. post-ejercicio (Duffield et al., 2010). Además, la enzima GGT se utiliza para valorar si la elevación de la transaminasas se debe a sobrecarga muscular o a alteraciones hepáticas, ya que tiene escasa presencia muscular. Nuestros resultados muestran descensos mínimos y no significativos de GGT en todos los grupos y que la magnitud del descenso relativo también es mayor en el GC que en el resto, de ahí el ES positivo

en los diferentes grupos. Aunque no hemos encontrado más estudios para comparar, la terapia compresiva parece minimizar, no significativamente, los aumentos o descensos relativos de las transaminasas durante la recuperación.

Las propiedades mecánicas inducidas por la presión parecen favorecer el retorno venoso y la función de la bomba muscular, facilita el drenaje linfático, reduce la extravasación de líquidos de los capilares y mejora el transporte del fluido desde el intersticio muscular a la circulación debido a que la prenda de compresión crea una caída de la presión externa, lo que compensaría parcialmente cambios en la presión osmótica (Bovenschen et al., 2013; Burnand et al., 1980; Kraemer et al., 2001a, 2001b; Santos Cerqueira et al., 2015). Podría, por tanto, reducir el edema inducido por el ejercicio gracias al menor espacio disponible y contribuir a la alineación de las fibras musculares posterior al EIMD y a una posible reducción del movimiento que facilita una cicatrización más rápida del tejido dañado (French et al., 2008; Jakeman et al., 2010a; Kraemer et al., 2001a; Kraemer et al., 2010; Kraemer, French y Spiering, 2004). Una reducción del edema podría atenuar la respuesta inflamatoria (Kraemer et al., 2001b), y puede ser la causa potencial subyacente de la reducción en la percepción de DOMS (Jakeman et al., 2010b), ya que la liberación de proteínas al líquido intersticial desde los elementos contráctiles dañados (Kraemer et al., 2001b), genera sensaciones de dolor y crea un aumento en la ósmosis de los tejidos (Volfinger et al., 1994). En cualquier caso, los mecanismos subyacentes al DOMS siguen sin estar claros (Cheung et al., 2003; MacIntyre et al., 1995), pues las células inflamatorias no están siempre activas cuando se aprecia el DOMS (Schwane et al., 1982), por lo que otros factores podrían contribuir a la percepción del DOMS (Friden et al., 1986; Newham, 1988; Stauber et al., 1990). De ahí que se haya sugerido como un estrategia para atenuar el EIMD y acelerar la recuperación (Borràs et al., 2011; Jakeman et al., 2010a; Kraemer et al., 2010).

Hay dos tipos de dolor muscular post-ejercicio reconocidos: el dolor de aparición inmediata (*immediate-onset soreness*), caracterizado por sensaciones dolorosas durante e inmediatamente después del ejercicio, y el DOMS, el cual aumenta en intensidad durante las primeras 24-48 h. post-ejercicio y luego disminuye en los días siguientes (Plowman y Smith, 2008). Es importante que deportistas y entrenadores sean conscientes de que el dolor asociado al EIMD puede estar presente inmediatamente después del ejercicio y no es únicamente un efecto retardado (Jakeman et al., 2010a), pues ya ha sido demostrado el aumento significativo e inmediato en el dolor muscular percibido (Twist y Eston, 2005). Sin embargo, y dado que el dolor aparece normalmente tiempo después de la actividad física (Bobbert et al., 1986; Newham, 1988), es de suponer que no funciona para avisar al organismo de una posible sobresolicitación durante la actividad que genera el daño muscular (Armstrong, 1984). Aunque la percepción de DOMS es ampliamente utilizada para evaluar los efectos de las prendas de compresión durante la recuperación (MacRae et al., 2011), y aporta una valiosa información sobre el estado muscular, puede no reflejar específicamente la magnitud del EIMD (Nosaka, Newton y Sacco, 2002).

En futbolistas se aprecian valores máximos de DOMS a las 24-48 h. post-ejercicio (Dawson et al., 2005; Ispirlidis et al., 2008; Nédélec et al., 2014), por lo que su monitorización es esencial para la valoración del estado de recuperación. Nuestros resultados apoyan esta hipótesis, pues el DOMS de los diferentes grupos musculares alcanza su máximo entre el post-partido y las 24 h. post-partido pero disminuye progresivamente a partir de ese momento. A pesar de las escasas diferencias

significativas obtenidas entre los grupos experimentales respecto al GC, el ES del GE muestra que los aumentos relativos de DOMS respecto al pre-partido pueden ser moderadamente atenuados con la aplicación de una terapia compresiva, y cuyo efecto es generalmente de mayor magnitud durante el periodo que recuperación que en el descanso y el post-partido. Analizando el ES relativo del GS, GFL y GQ se aprecia que es superior en aquellos grupos musculares expuestos a la compresión, pero hay casos en los que también hay una menor percepción de dolor a pesar de no haber expuesto esa musculatura al tratamiento compresivo, o una mayor percepción de dolor aun habiendo sido expuesta al tratamiento compresivo. Probablemente la causa de estos resultados sea la poca capacidad de los participantes para diferenciar el DOMS en zonas musculares específicas, la dificultad para localizar una sensación general como el DOMS en una zona concreta, o un posible efecto placebo y unas expectativas positivas hacia el tratamiento. Por ello, y debido a la subjetividad de esta medición, debemos tener especial cuidado en su valoración (Brophy-Williams, Driller et al., 2015; Davies et al., 2009).

Estudios previos han mostrado una menor percepción de dolor post-ejercicio. Duffield et al., (2010) encontraron que, a pesar de no haber resultados que confirmaran un mejor rendimiento o recuperación, el dolor muscular post-ejercicio fue menor en aquellos deportistas que utilizaron perneras de compresión durante un protocolo fatigante de RSA en jugadores de deportes de equipo. De hecho, comparado con prendas placebo (uso de una prenda sin compresión), también se ha encontrado menor dolor muscular en los flexores/extensores del codo inmediatamente después de ejercicios isocinéticos usando mangas de compresión (Pereira et al., 2014). En jugadores de rugby también se ha encontrado que, al llevar unas perneras de compresión durante ejercicios que simulan la exigencia física del rugby en días consecutivos y 15 h/día, hay una reducción en la percepción del dolor muscular post-ejercicio y durante la recuperación tras, aunque únicamente fue significativa después del segundo partido (Duffield et al., 2008). Varios estudios también han encontrado menos sensaciones de DOMS en jugadores de deportes de equipo durante el periodo de recuperación. Tras partidos de baloncesto en días consecutivos se han encontrado reducciones en el DOMS al utilizar perneras de compresión durante 18 h., incluida la noche (Montgomery, Pyne, Hopkins et al., 2008), Jugadores de fútbol australiano que llevaron medias de compresión durante 24 h. (excepto por la noche) tras realizar juegos reducidos en fútbol australiano con o sin contacto también mostraron valores significativamente menores de DOMS únicamente en los juegos reducidos sin contacto (Gallaher et al., 2010). Además, los trajes de compresión pueden reducir significativamente el DOMS en brazos y piernas 24 h. post-ejercicio (trabajo intermitente) en jugadores de cricket (Duffield y Portus, 2007). Después de ejercicios de fuerza con cargas elevadas (excéntricos o pliométricos) también se han encontrado mejoras en el DOMS, pero hay una gran variabilidad en el tipo de prenda de compresión utilizada, el nivel de presión aplicada, el tiempo de aplicación del tratamiento y los participantes de cada estudio. En cualquier caso, los beneficios se aprecian entre 24-72 h. post-ejercicio (Goto y Morishima, 2014; Jakeman et al., 2010a, 2010b; Kraemer et al., 2001b; Kraemer et al., 2010), o sólo a las 96 h. post-ejercicio sin haber diferencias en ninguno de los momentos anteriores (Kraemer et al., 2001a). Contrariamente, también existen varios estudios en los que no han encontrado diferencias en la percepción del dolor post-ejercicio (Duffield y Portus, 2007), ni aun habiendo menor DOMS durante el periodo de recuperación (Ali et al., 2007; Areces et al., 2015). También hay estudios en los que no hay mejoras en el DOMS con el tratamiento compresivo en jugadores de deportes de equipo al realizar

protocolos de ejercicios intermitente (Hamlin et al., 2012; Pruscino et al., 2013), ni en otros grupos poblaciones al realizar una gran variedad de ejercicios (Carling et al., 1995; French et al., 2008; Pereira et al., 2014; Perrey et al., 2008; Santos Cerqueira et al., 2015; Trenell et al., 2006).

De acuerdo a la investigación previa y a nuestros resultados, parece necesario un periodo mínimo de 3 h. de tratamiento compresivo durante la recuperación para ver efectos en el DOMS en jugadores de deportes de equipo (Lambert, Dongas, Parsons, y Turner, 2006), aunque también puede haber menor DOMS con tratamientos de 1 h. entre series de ejercicio (Brophy-Williams, Driller, Kitic, Fell, y Halson, 2016). En cualquier caso, no podemos confirmar qué duración del tratamiento es la más adecuada para minimizar el DOMS.

Generalmente, la inflamación intramuscular se aprecia entre 24-48 h. post-ejercicio y subcutáneamente a las 72 h. (Kraemer, French y Spiering, 2004), pero puede alcanzar su máximo el quinto día post-ejercicio (Clarkson et al., 1992). Nuestros resultados muestran que la inflamación del muslo alcanza valores relativos máximos a las 24 h. post-partido en el GC y en el GFL, mientras que en el GE, GS y GQ se observa a las 72 h. post-partido. En la pantorrilla, la inflamación es máxima a las 72 h. post-partido en el GC pero en el resto de grupos es inferior al pre-partido en la mayoría de los momentos analizados. Así, tanto en el descanso como en el post-partido el GC muestra un aumento relativo en la circunferencia del muslo ($0,91\pm 0,8$; $1,31\pm 0,82$; $p<0,05$) y la pantorrilla ($1,33\pm 1,85$; $0,75\pm 0,99$; $p<0,05$), mientras que la zona muscular expuesta a la compresión muestra una reducción relativa no significativa de la inflamación respecto al pre-partido. La magnitud del ES durante el descanso y el post-partido del GE muestran que el efecto relativo es positivo independientemente de la prenda de compresión, pero es mayor en la zona expuesta a compresión. En cualquier caso, ciertas zonas musculares no expuestas a compresión se inflamaron, o mostraron una reducción relativa no significativa. Esto se debe a que ciertos cambios en la inflamación post-ejercicio puede deberse a una redistribución del edema (Montgomery, Pyne, Cox et al., 2008), y a que los incrementos post-ejercicio se asocian a un aumento del flujo sanguíneo arterial por la influencia del ejercicio (Bovenschen et al., 2013).

Durante la recuperación, el ES muestra que los aumentos relativos en la circunferencia son más elevados en el GC que en el resto de grupos. El ES es mayor y las diferencias respecto al GC son significativas en aquellas zonas expuestas a la compresión y de menor circunferencia (pantorrilla), pero también se aprecia que zonas expuestas a compresión (GQ) pueden inflamarse, aunque en menor medida que en el GC. Algunos estudios también han valorado la inflamación muscular inmediatamente después de ejercicios de carrera y sus hallazgos son similares a los nuestros. En un estudio con atletas amateur se ha señalado que llevar medias de compresión graduada (25–35 mmHg) durante ejercicios de carrera previene de aumentos en el volumen (mL) en la extremidad inferior inmediatamente post-ejercicio, aunque el efecto desapareció 5 min. tras finalizar el ejercicio (Bovenschen et al., 2013). Inmediatamente después de un maratón el volumen de la extremidad inferior puede reducirse significativamente en ambos grupos respecto al pre-ejercicio, pero que la magnitud del cambio puede no presentar ninguna diferencia entre los participantes en el GC y el GE (Areces et al., 2015). Resultados positivos durante el periodo de recuperación también han sido sugeridos previamente. En ciclistas parece que utilizar perneras de compresión durante 60 min. pueden ser suficientes para mitigar la respuesta inflamatoria (Driller y Halson,

2013). Algunos estudios han encontrado incrementos a las 8 y 24 h. post-ejercicio en la circunferencia de la extremidad superior e inferior en el GC, mientras que el grupo experimental no mostró esos incrementos (Goto y Morishima, 2014). A las 48 h. post-ejercicio también puede haber menor respuesta inflamatoria al utilizar mangas de compresión continuamente durante 3 días (Kraemer et al., 2001b), incluso con perneras de compresión llevándolas sólo durante 12 horas incluida la noche (French et al., 2008). La mitigación de la respuesta inflamatoria en brazos puede mantenerse durante 5 días consecutivos en caso de llevarlas continuamente (Kraemer et al., 2001a). Sin embargo, otros estudios no muestran reducción de la inflamación durante la recuperación en brazos (Carling et al., 1995; Kraemer et al., 2010; Santos Cerqueira et al., 2015), ni en piernas (Bovenschen et al., 2013; Davies et al., 2009; Kraemer et al., 2010; Mizuno et al., 2016). Tras partidos de baloncesto en días consecutivos tampoco se han encontrado reducciones en la inflamación al utilizar perneras de compresión durante 18 h., incluida la noche (Montgomery, Pyne, Cox et al., 2008; Montgomery, Pyne, Hopkins et al., 2008).

Probablemente, las diferencias en los resultados de nuestro estudio y aquellos en los que no hay diferencias en la inflamación se deban a la diferencia en la susceptibilidad al EIMD de los músculos de las extremidades superiores frente a los de las extremidades inferiores y a la mayor adaptación al ejercicio excéntrico de los músculos de las extremidades inferiores para protegerse contra nuevos daños (Clarkson y Hubal, 2002; Jamurtas et al., 2005), al tiempo de aplicación del tratamiento, y a la insuficiente presión aplicada en ciertos estudios. En la menor respuesta inflamatoria de nuestro estudio también puede haber influido el llevar las prendas de compresión durante los partidos de fútbol, ya que reducen la oscilación muscular durante el impacto posterior al salto (Kraemer, Bush, Triplett-McBride et al., 1998) y atenúan las fuerzas de impacto (Doan et al., 2003; Lucas-Cuevas et al., 2015), disminuyendo los daños estructurales musculares tras el impacto (Kraemer et al., 1996, 2010), y por tanto, mitigando la posterior inflamación asociada, incluso de aquellas zonas que no estaban expuestas a la terapia compresiva. En los futbolistas, por tanto, el EIMD provoca una marcada respuesta inflamatoria que puede ser atenuada con la aplicación de compresión.

7. Conclusiones

Divulgar las conquistas de la ciencia es poner al alcance del profano el progreso del conocimiento de manera clara, sencilla, directa, con imágenes si se quiere, para que sea ante todo exacta en sus definiciones y descripciones.

Paul Couderc (1899-1981), astrónomo francés.

La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general, pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos.

Albert Einstein (1879-1955) Físico alemán.

La conclusión final es que sabemos muy poco y, sin embargo es asombroso lo mucho que conocemos.

Bertrand Russell (1872-1970), filósofo, matemático y escritor británico.

A continuación se describen las conclusiones de la presente Tesis Doctoral. Se presentarán siguiendo la lógica argumental seguida al presentar las hipótesis y los objetivos en el apartado capítulo correspondiente.

7.1. Conclusiones relacionadas con la primera hipótesis

1. En la literatura científica se observa que las prendas de compresión pueden favorecer la recuperación después del ejercicio, pero estos resultados necesitan corroboración y son poco concluyentes. La mayoría de los resultados en este estudio tienen una alta heterogeneidad, de modo que deben ser interpretados con cautela.
2. En la literatura científica se observa que la inflamación, la fuerza y potencia y el dolor muscular de aparición tardía son mejoradas durante un periodo de recuperación aplicando un tratamiento compresivo, a pesar de que hay poca e inconsistente evidencia de su beneficio en otros marcadores del daño muscular inducido por el ejercicio como $[La^-]$, creatinquinasa o lactato deshidrogenasa.

7.2. Conclusiones relacionadas con la segunda hipótesis

3. La utilización de cualquier tipo de prenda de compresión durante partidos modifica la $[La^-]$ en el descanso y en el post-partido. Las prendas de compresión no contribuyen al mayor aclaramiento de La^- , sino que tienen un efecto negativo que no alcanza la significación estadística.
4. Únicamente la utilización de perneras de compresión durante partidos atenúa los descensos de la saturación de O_2 de la hemoglobina en el descanso y el post-partido.
5. No se aprecian efectos significativos en la atenuación de la respuesta de la urea.
6. La terapia compresiva atenúa la respuesta hormonal, aunque de manera no significativa, y el efecto es superior en el ratio testosterona/cortisol que en el cortisol y la testosterona.
7. Los efectos de la terapia compresiva en la atenuación de los descensos de la capacidad de salto son superiores en countermovement jump que en squat jump, y en el post-partido respecto al periodo de recuperación, pero no alcanzan la significación estadística.
8. Los efectos de la terapia compresiva en la atenuación de los descensos de la capacidad de sprint sólo alcanzan una significación estadística durante el periodo de recuperación utilizando perneras de compresión.

9. Los efectos de la terapia compresiva en la atenuación de los descensos de la capacidad de realizar cambios de dirección son moderados, aunque no significativos, tanto en el post-partido como en el periodo de recuperación.
10. Los efectos de la terapia compresiva en la atenuación de los descensos de la capacidad de repetir sprint y en la atenuación del empeoramiento de la capacidad aeróbica son no significativos.
11. La terapia compresiva muestra beneficios significativamente estadísticos en la percepción de esfuerzo y de recuperación a las 24-48 h post-partido. El efecto en la percepción de esfuerzo es superior durante el periodo de recuperación que en el descanso y post-partido, mientras que el efecto en la percepción de recuperación disminuye progresivamente a partir de las 24 h post-partido.
12. En respuesta a los síntomas de la fatiga, las perneras de compresión muestran unos efectos superiores que las medias y musleras compresión.

7.3. Conclusiones relacionadas con la tercera hipótesis

13. La terapia compresiva atenúa la respuesta de los biomarcadores de daño muscular inducido por el ejercicio, aunque de manera no significativa, y el efecto es superior en la creatinquinasa y transaminasa glutámico-oxalacética que en el lactato deshidrogenasa, transaminasa glutámico-pirúvica y gamma glutamil transpeptidasa.
14. La terapia compresiva atenúa la percepción del dolor muscular de aparición tardía. Los efectos son superiores durante el periodo que recuperación respecto a los obtenidos en el descanso y en el post-partido, y en aquellos grupos musculares expuestos a la compresión respecto a los grupos musculares no expuestos a compresión.
15. La terapia compresiva atenúa la respuesta inflamatoria, especialmente en aquellos grupos musculares expuestos a la compresión.
16. En respuesta a los síntomas del daño muscular inducido por el ejercicio, tanto las perneras como las musleras de compresión muestran efectos superiores que las medias de compresión.

8. Limitaciones y propuestas de futuro

Un sutil pensamiento erróneo puede dar lugar a una indagación fructífera que revela verdades de gran valor.

Isaac Asimov (1920-1992), escritor y científico estadounidense.

Sólo podemos ver poco del futuro, pero lo suficiente para darnos cuenta de que hay mucho que hacer

Alan Turing (1912-1954), matemático británico.

Uno no advierte jamás lo que está hecho, sólo puede ver lo que falta por hacer.

Marie Curie (1867-1934), científica polaca.

8.1. Limitaciones de la revisión sistemática

Hay muchos factores que pueden influir en los poco concluyentes resultados y la alta heterogeneidad mostrada en la revisión sistemática con meta-análisis.

Aunque los estudios indican que las presiones aplicadas oscilan entre 15 y 35 mmHg, las cuales están dentro de aquellos niveles considerados beneficiosos, es probable que, en algunos casos, los participantes no hayan recibido los niveles adecuados de presión para inducir cambios cuantificables (Brophy-Williams, Driller et al., 2015; Hill, Howatson, van Someren, Davidson, y Pedlar, 2015).

Las variadas clasificaciones de presión entre los países (Bianchi y Todd, 2000; Clark y Krimmel, 2006; Linnitt y Davies, 2007), las diferencias en la fabricación de las prendas (Jonker, De Boer, Ader, y Bezemer, 2001), el tipo de compresión aplicada (graduada o no), las regiones anatómicas cubiertas (Bottaro, Martorelli, y Vilaça, 2011; Kraemer et al., 2001b), las posturas y posiciones corporales de los participantes durante la recuperación (Wertheim et al., 1999) y el género (Tiidus y Enns, 2008; Volfinger et al., 1994) también pueden contribuir a las inconsistencias de los resultados.

Por otra parte, algunos deportistas son más o menos susceptibles a las alteraciones en la permeabilidad de la membrana celular, o tienen diferentes tasas de aclaramiento de los biomarcadores debido a las respuestas individuales al ejercicio y al estado de forma.

8.2. Limitaciones de la parte empírica

A pesar de la globalidad de variables controladas y evaluadas durante el periodo de recuperación, los resultados mostrados en la parte empírica no están exentos de limitaciones que merecen ser comentadas.

Una posible limitación es el pequeño SS y la baja potencia estadística. A pesar de haber una menor pérdida de rendimiento post-partido en algunas variables, las diferencias no son significativas, probablemente debido a un error tipo II asociado al pequeño SS.

La menor intensidad de los partidos respecto a los disputados por jugadores profesionales puede tener un efecto en la significación estadística, ya que puede haber influido en las escasas diferencias significativas entre los grupos, a pesar de los efectos relativos mostrados con el cálculo del ES. Quizás unas mayores diferencias entre pre-partido y post-partido hubieran dado como resultado diferencias significativas entre los grupos en alguna de las variables analizadas. Por ello, nuestros resultados no pueden ser extrapolados a futbolistas de élite.

Tampoco pudimos medir la presión real aplicada sobre cada uno de los participantes, lo que hubiera permitido asegurar si efectivamente son de compresión graduada, incluso permitir buscar relaciones entre el nivel de compresión y las respuestas observadas (Driller y Halson, 2013). Además, las presiones ejercidas por las prendas de compresión pueden ser alteradas durante las contracciones musculares y la flexión de las articulaciones (Perrey, 2008) y verse influenciadas por las características individuales de cada extremidad (Sigel et al., 1975). No podemos saber con seguridad, por tanto, si la presión aplicada fue suficiente para observar diferencias significativas en aquellas variables en las que no se obtuvieron. En cualquier caso, las diferencias intra-grupo observadas en algunas variables en el GC y que no fueron obtenidas en aquellos participantes que utilizaron las prendas de compresión como el DOMS y la inflamación sugieren que la presión aplicada fue suficiente para observar el efecto del tratamiento.

El hecho de que las prendas de compresión no fueron realizadas a medida, sino que se eligieron basándonos en las circunferencias de los participantes podría haber influido en los resultados, ya que existen dudas sobre la efectividad de las prendas de compresión fabricadas para su comercialización en relación a las dimensiones y estructuras de los tejidos musculares de una población determinada (Davies et al., 2009).

Aunque los estudios han utilizado periodos de tratamiento más largos que los escogidos en nuestro estudio, seleccionamos 7 horas porque parece aplicable para los hábitos de entrenamiento de los deportistas, en tanto que es poco probable que un deportista se adhiera al uso continuado de las prendas de compresión, más aún utilizándolas por la noche. Algunos estudios sugieren que también pueden llevarse durante la noche para reducir el DOMS y mejorar la preparación del siguiente partido o entrenamiento (Duffield et al., 2008; Duffield y Portus, 2007), pero el aumento de la temperatura podría alterar el patrón del sueño (Davies et al., 2009).

En lo relativo a las variables hematológicas debemos destacar que no hemos podido obtener los valores post-partido ni aquellos que muestren la evolución en la recuperación, por lo que no sabemos si los valores obtenidos son máximos o el punto máximo sea alcanzó entre el post-partido y las 72 h post-partido.

8.3. Propuestas de futuro

En coherencia con las principales limitaciones metodológicas de la presente Tesis Doctoral descritas anteriormente, el autor de la misma considera que pueden existir, al menos, diferentes vías de desarrollo mediante las cuales el conocimiento de los efectos de la terapia compresiva en la recuperación de la fatiga y el EIMD en futbolistas puede verse ampliado sustancialmente en el futuro. A continuación dichas perspectivas de futuro se describen brevemente.

Por la propia naturaleza de los deportistas de alto nivel, es muy complicado encontrar sujetos que puedan participar en este tipo de investigaciones, especialmente si consisten en analizar el periodo de recuperación en jugadores de deportes de equipo, cuyos condicionantes competitivos obliga a realizar entrenamientos en días consecutivos. Además, los propios entrenadores y futbolistas, según la experiencia vivenciada, son reacios a colaborar en este tipo de investigaciones, lo cual complica la selección de los participantes. Por todo ello, las dificultades en el reclutamiento de la muestra nos han impedido realizar el estudio con futbolistas de un nivel superior al seleccionado. Asimismo, aplicar este estudio en futbolistas femeninas también podría ser interesante en un futuro, dado que el paso lógico del investigador es conseguir el mayor número de participantes de ambos géneros y del más alto nivel.

Al utilizar prendas de compresión elegidas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y las características antropométricas de los participantes hemos obviado un factor fundamental que influye en las respuestas observadas, la presión real ejercida por la prenda de compresión. Nos ha resultado imposible disponer de los medios necesarios para evaluar el grado de presión real ejercida en cada participante, pero en estudios futuros debe ser un requisito indispensable para progresar en el conocimiento de los efectos de las prendas de compresión durante la recuperación de los partidos jugados por los futbolistas. También se necesitan más investigaciones con diferentes tipos de prendas de compresión (siempre que sea posible con un grupo placebo) para identificar la presión óptima que provoque el mayor incremento en el flujo sanguíneo venoso (Brophy-Williams, Driller et al., 2015; Driller y Halson, 2013), y clarificar la influencias de la postura durante el periodo de recuperación y su relación con la presión ejercida.

Asimismo, y tras varios intentos fallidos, nos ha resultado imposible utilizar prendas de compresión a medida. Era uno de los puntos fuertes de esta Tesis Doctoral, pero por razones ajenas a nuestra voluntad, no pudimos conseguirlas a pesar de tener todos los datos necesarios para su fabricación. Parece lógico, por tanto, plantear estudios similares al realizado en este Tesis Doctoral con prendas de compresión que se ajusten de modo individual a los contornos específicos de cada uno de los participantes.

Diferentes estudios han aplicado el tratamiento compresivo durante periodos de tiempo más largos que los seleccionados en este estudio. Sin embargo, creemos que 7 h. puede ser un periodo de tiempo adecuado para que los futbolistas reciban el tratamiento, ya que generalmente, los entrenamientos son en días consecutivos. Teniendo en cuenta este condicionante, nuevos estudios podrían identificar la duración del tratamiento compresivo para maximizar los resultados positivos, valorar la eficacia de diferentes prendas de compresión en la recuperación de entrenamientos o partidos en días consecutivos, identificar si las prendas de compresión permiten tolerar mayores cargas

de entrenamiento en futbolistas, cómo este tratamiento afecta a largo plazo en la recuperación, o establecer si los beneficios obtenidos al aplicar un tratamiento compresivo son superiores a los posibles problemas que puede haber por los trastornos en el sueño debido a las alteraciones en la termorregulación (Davies et al., 2009).

La monitorización sistemática de variables hematológicas durante el periodo de recuperación hubiera sido de enorme interés para complementar los datos obtenidos. Si bien no disponíamos de los recursos económicos necesarios, creemos que los datos obtenidos son interesantes pero insuficientes. Por ello, trabajos similares con especial atención a los diferentes biomarcadores pueden ser interesantes en un futuro. En cualquier caso, los costes económicos y medios materiales serán superiores. Además, los deportistas se suelen mostrar reacios a este tipo de evaluaciones, pues su monitorización diaria puede resultar incomoda para ellos

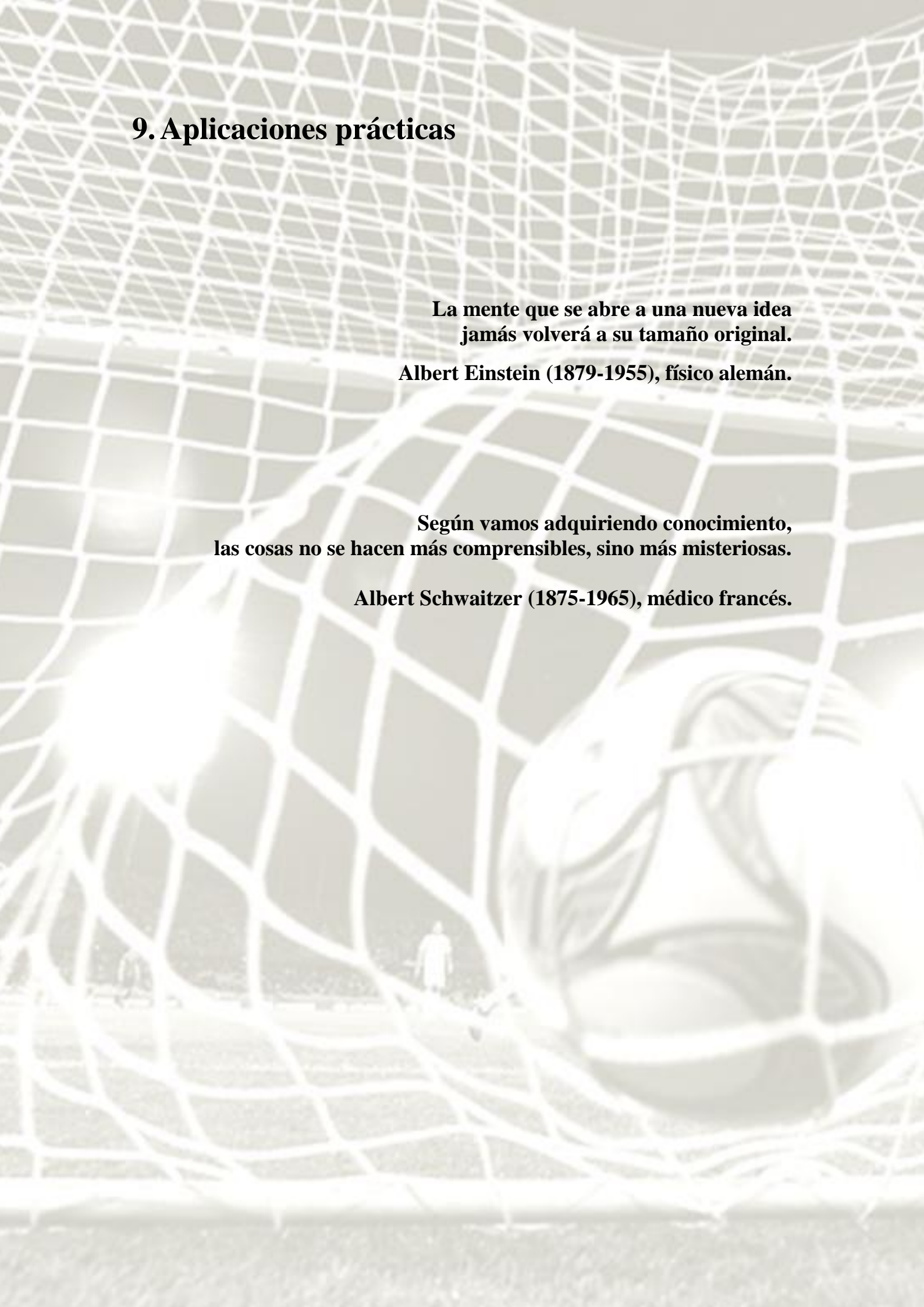
9. Aplicaciones prácticas

**La mente que se abre a una nueva idea
jamás volverá a su tamaño original.**

Albert Einstein (1879-1955), físico alemán.

**Según vamos adquiriendo conocimiento,
las cosas no se hacen más comprensibles, sino más misteriosas.**

Albert Schweitzer (1875-1965), médico francés.



Debido a la variabilidad individual de ambos procesos analizados (fatiga y EIMD), su compleja naturaleza, los diferentes mecanismos que los regulan (Clarkson y Hubal, 2002; Warhol, Siegel, Evans, y Silverman, 1985), sería ingenuo esperar una respuesta genérica para todos los futbolistas expuestos a un tratamiento compresivo durante entrenamientos, partidos o el periodo de recuperación. Esto, unido a los resultados obtenidos en términos absolutos con poca significación estadística, pocas recomendaciones prácticas pueden ser aportadas. Además, la magnitud del ES relativo obtenido en las diferentes variables analizadas también nos hace ser cautelosos respecto a las recomendaciones prácticas sobre el uso de prendas de compresión.

Además, no se ha mostrado ningún efecto negativo destacable, por lo que parece una estrategia útil que influye a nivel fisiológico, psicológico y físico. De hecho, las características del fútbol implican un desgaste físico y mental que puede ser parcialmente mejorado utilizando las prendas de compresión. Los futbolistas, por tanto, podrían beneficiarse de este método de recuperación, especialmente cuando haya poco tiempo para la recuperación entre entrenamientos o competiciones, o cuando haya un aumento significativo en la intensidad y/o volumen del entrenamiento. También podrían ser útiles durante los desplazamientos en caso de competir con la condición de visitante, como por ejemplo, durante los viajes largos aéreos, reduciendo así el riesgo de trombosis venosa profunda (Bartholomew, Schaffer, y McCormick, 2011).

Para proporcionar la compresión adecuada a cada futbolista, la prenda de compresión debe ser fabricada de modo específico para adaptarse a los contornos de las extremidades del individuo, aspecto que no puede lograrse a partir de las propuestas de ajuste por muchas de las marcas líderes en ese sector. Así, la presión aplicada por una prenda fabricada específicamente sería diferente en algunas regiones anatómicas respecto a la comercializada de manera genérica, así que su influencia podría ser superior debido al mejor ajuste a cada uno de los contornos del futbolista. En cualquier caso, y para evitar el daño de las prendas de compresión y mantener sus efectos, los futbolistas deben seguir las recomendaciones del fabricante. De este modo, se garantizaría la duración y el efecto de la misma.

Como se ha mostrado, un gran número de mecanismos provocan la fatiga periférica, pero además, el EIMD posterior está influenciado por la respuesta metabólica iniciada tras el daño mecánico. Por ello, es fundamental aplicar el tratamiento compresivo lo antes posible una vez ha finalizado el ejercicio. Según los resultados mostrados en la revisión sistemática y el meta-análisis y en la parte experimental, parece los beneficios de la terapia compresiva como método de recuperación parecen ser más pronunciados entre las 12-48 h. post-ejercicio. En cualquier caso, y hasta el momento, suponemos que los efectos positivos serán mayores cuanto más tiempo se aplique el tratamiento compresivo (Vaile, Halson, y Graham, 2010). Nuestros resultados también sugieren que las prendas que cubren mayores regiones anatómicas parecen ser más efectivas.

En caso de utilizarlas durante la noche y mientras duerme el deportista, debemos conocer de manera individual si ese deportista es capaz de conciliar bien el sueño utilizando las prendas de compresión. Por ello, no debemos probar este método antes de competiciones importantes, sino durante periodos de pretemporada o transición, para poder establecer unas conclusiones para cada individuo.

10. Referencias bibliográficas

**Nunca he conocido a nadie tan ignorante
que me fuese imposible aprender algo de él.**

Galileo Galilei (1654-1642), astrónomo, matemático y físico italiano.

**Podemos ignorar las diferencias y suponer que
todas nuestras mentes son iguales.
O podemos aprovechar estas diferencias.**

Howard Gardner (1973-...), psicólogo estadounidense.

- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Medicine*, *35*(10), 865–898.
- Abraham, W. M. (1976). Factors in delayed muscle soreness. *Medicine and Science in Sports*, *9*(1), 11–20.
- Abrantes, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *Journal of Sports Science & Medicine*, *3*(YISI 1), 44-9. eCollection 2004.
- Abu-Own, A., Shami, S. K., Chittenden, S. J., Farrah, J., Scurr, J. H., & Smith, P. D. C. (1994). Microangiopathy of the skin and the effect of leg compression in patients with chronic venous insufficiency. *Journal of Vascular Surgery*, *19*(6), 1074–1083.
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports Medicine*, *33*(7), 517–538.
- Agu, O., Baker, D., & Seifalian, A. M. (2004). Effect of graduated compression stockings on limb oxygenation and venous function during exercise in patients with venous insufficiency. *Vascular*, *12*(1), 69–76.
- Agu, O., Hamilton, G., & Baker, D. (1999). Graduated compression stockings in the prevention of venous thromboembolism. *British Journal of Surgery*, *86*(8), 992–1004.
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(6), 556–561.
- Al Haddad, H., Simpson, B. M., & Buchheit, M. (2015). Monitoring Changes in Jump and Sprint Performance: Best or Average Values? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(7), 931-4.
- Alaphilippe, A., Mandigout, S., Ratel, S., Bonis, J., Courteix, D., & Duclos, M. (2012). Longitudinal follow-up of biochemical markers of fatigue throughout a sporting season in young elite rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(12), 3376–3384.
- Alexiou, H., & Coutts, A. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *3*, 320–333.
- Alghannam, A. F. (2011). Carbohydrate–protein ingestion improves subsequent running capacity towards the end of a football-specific intermittent exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *36*(5), 748–757.
- Ali, A., Caine, M. P., & Snow, B. G. (2007). Graduated compression stockings: Physiological and perceptual responses during and after exercise. *Journal of Sports Sciences*, *25*(4), 413–419.
- Ali, A., Creasy, R. H., & Edge, J. A. (2010). Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(6), 1017–1025.
- Ali, A., Creasy, R. H., & Edge, J. A. (2011). The effect of graduated compression stockings on running performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(5), 1385–1392.
- Ali, A., & Farrally, M. (1991). Recording soccer players' heart rates during matches. *Journal of Sports Sciences*, *9*(2), 183–189.
- Aliverti, A., Kayser, B., Mauro, A. Lo, Quaranta, M., Pompilio, P., Dellacà, R. L., Ora, J., et al. (2011). Respiratory and leg muscles perceived exertion during exercise at altitude. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *177*(2), 162–168.
- Allen, D. G. (2001). Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. *Acta Physiologica Scandinavica*, *171*(3), 311–319.
- Allen, D. G., Whitehead, N. P., & Yeung, E. W. (2005). Mechanisms of stretch-induced muscle damage in normal and dystrophic muscle: role of ionic changes. *The Journal of Physiology*, *567*(3), 723–735.

- Alvarez, J. (1994). *Estudio del comportamiento de la percepción subjetiva del esfuerzo en el umbral anaeróbico*. Tesis doctoral. Facultad Ciencias de la Actividad Física y el deporte, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Andersson, H., Bøhn, S. K., Raastad, T., Paulsen, G., Blomhoff, R., & Kadi, F. (2010). Differences in the inflammatory plasma cytokine response following two elite female soccer games separated by a 72-h recovery. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*(5), 740–747.
- Andersson, H., Ekblom, B., & Krusturup, P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*, *26*(2), 113–122.
- Andersson, H., Karlsen, A., Blomhoff, R., Raastad, T., & Kadi, F. (2010). Active recovery training does not affect the antioxidant response to soccer games in elite female players. *The British Journal of Nutrition*, *104*(10), 1492–1499.
- Andersson, H., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., & Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*(2), 372–380.
- Angle, N., & Bergan, J. J. (1997). Chronic venous ulcer. *British Medical Journal*, *314*(7086), 1019-23.
- Apor, P. (1988). Successful formulae for fitness training. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W. Murphy (Eds.), *Science and football* (pp. 95–107). London: E and FN Spon.
- Apple, F. S., Rogers, M. A., & Ivy, J. L. (1986). Creatine kinase isoenzyme MM variants in skeletal muscle and plasma from marathon runners. *Clinical Chemistry*, *32*(1), 41–44.
- Aquino, R. L., Gonçalves, L., Vieira, L. H., Oliveira, L. P., Alves, G. F., Santiago, P. R., & Puggina, E. F. (2016a). Biochemical, physical and tactical analysis of a simulated game in young soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *56*(12), 1554-1561.
- Aquino, R., Gonçalves, L., Vieira, L. H., Oliveira, L. P., Alves, G. F., Santiago, P. R., & Puggina, E. F. (2016b). Periodization training focused on technical-tactical ability in young soccer players positively affects biochemical markers and game performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(10), 2723–2732.
- Arazi, H., Eston, R., Asadi, A., Roozbeh, B., & Saati Zarei, A. (2016). Type of ground surface during plyometric training affects the severity of exercise-induced muscle damage. *Sports*, *4*(1), 15.
- Areces, F., Salinero, J. J., Abian-Vicen, J., González-Millán, C., Ruiz-Vicente, D., Lara, B., Lledó, M., et al. (2015). The use of compression stockings during a marathon competition to reduce exercise-induced muscle damage: are they really useful? *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *45*(6), 462–470.
- Argus, C. K., Driller, M. W., Ebert, T. R., Martin, D. T., & Halson, S. L. (2013). The effects of 4 different recovery strategies on repeat sprint-cycling performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(5), 542–548.
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *16*(6), 529–538.
- Armstrong, R. B. (1986). Muscle damage and endurance events. *Sports Medicine*, *3*(5), 370–381.
- Armstrong, R. B., Garshnek, V., & Schwane, J. A. (1980). Muscle inflammation-response to eccentric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *12*(2), 94-95.
- Armstrong, R. B., Warren, G. L., & Warren, J. A. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Sports Medicine*, *12*(3), 184–207.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *36*(2), 278–285.

- Arruda, A. F. S., Aoki, M. S., Freitas, C. G., Spigolon, L. M. P., Franciscon, C., & Moreira, A. (2015). Testosterone concentration and lower limb power over an entire competitive season in elite young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3380–3385.
- Arruza, J. (1996). Estado de ánimo, esfuerzo percibido y frecuencia cardiaca. Un estudio aplicado al judo. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 3(2).
- Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S., & Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 217–225.
- Ascensão, A., Rebelo, A. N., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhães, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match-analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, 41(10), 841–851.
- Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscular soreness. *Acta Rheumatologica Scandinavica*, 2(1-4), 109–116.
- Asmussen, E. (1979). Muscle fatigue. *Medicine and Science in Sports*, 11(4), 313.
- ASQUAL (1999). *Certificat de qualite-produits. Referentiel technique prescrit pour les ortheses elastiques de contention des membres*. Paris: ASQUAL.
- Avela, J., Kyröläinen, H., Komi, P. V., & Rama, D. (1999). Reduced reflex sensitivity persists several days after long-lasting stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1292–1300.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. H., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 401-7.
- Badin, O. O., Smith, M. R., Conte, D., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1100-1105
- Bahnert, A., Norton, K., & Lock, P. (2013). Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, and performance in elite Australian Football League players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 151–156.
- Bailey, D. M., Erith, S. J., Griffin, P. J., Dowson, A., Brewer, D. S., Gant, N., & Williams, C. (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences*, 25(11), 1163–1170.
- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., & Bickerstaff, G. F. (2012). Creatine-kinase-and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2012:960363.
- Balsom, P. (1994). Evaluation of physical performance. En B. Ekblom (Ed.), *Football (soccer)* (pp. 102–123). Oxford: Blackwell Scientific Publications,.
- Baltzopoulos, V., & Gleeson, N. P. (2001). Skeletal muscle function. En R. G. Eston & T. Reilly (Eds.), *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*, 1.
- Banfi, G., & Dolci, A. (2006). Free testosterone/cortisol ratio in soccer: usefulness of a categorization of values. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(4), 611–616.
- Banfi, G., Colombini, A., Lombardi, G., & Lubkowska, A. (2012). Metabolic markers in sports medicine. *Advances in Clinical Chemistry*, 56, 1-54.
- Bangsbo, J. (1994a). The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 619, 1–155.

- Bangsbo, J. (1994b). *Fitness training in football: a scientific approach*. Tesis doctoral. August Krogh Institute, University of Copenhagen, Copenhagen, Dinamarca
- Bangsbo, J. (1994c). Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 12, S5–12.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008a). The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008b). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51.
- Bangsbo, J., & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sports Medicine*, 13(2), 125–132.
- Bangsbo, J., Madsen, K., Kiens, B., & Richter, E. A. (1997). Muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 36(2), E416-24.
- Bangsbo, J., & Mizuno, M. (1987). Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retraining and their relation to performance. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 1124–124). London: E and FN Spon.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 665–674.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsø, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110–116.
- Barbero, J. C. (1998). El entrenamiento de los deportes de equipo basado en estudios biomecánicos (Análisis cinemático) y fisiológico (Frecuencia cardiaca) de la competición. *Lecturas en Educación Física y Deportes. Revista digital*, 3.
- Barbero, J. C., Méndez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2006). La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: aspectos fisiológicos (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 23(115), 379-389.
- Barezani, L. S., Pimenta, E. N., & Morandi, R. F. (2016). O comportamento do TRIMP em correlação com mecanismo indireto de dano muscular em período de pré-temporada de Futebol. *Revista Brasileira de Futebol*, 8(1), 19–29.
- Barlas, P., Walsh, D. M., Baxter, G. D., & Allen, J. M. (2000). Delayed onset muscle soreness: effect of an ischaemic block upon mechanical allodynia in humans. *Pain*, 87(2), 221–225.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Medicine*, 36(9), 781–796.
- Barrero, J. G. (1994). Evaluación y conclusiones sobre la intervención psicológica: experiencia en fútbol de alto rendimiento. *Apunts: Educación física y deportes*, (35), 44–50.
- Barros, R. M., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., Anido, R., et al. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(2), 233.
- Barros, T., Valquer, W., & Sant’Anna, M. (1999). High intensity motion pattern analysis of Brazilian elite soccer players in different positional roles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5 Supplement), S260.
- Bartholomew, J. R., Schaffer, J. L., & McCormick, G. F. (2011). Air travel and venous thromboembolism: Minimizing the risk. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 78(2), 111–120.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: An experimental and social study*. Cambridge: Cambridge University.

- Beaven, C. M., Gill, N. D., & Cook, C. J. (2008). Salivary testosterone and cortisol responses in professional rugby players after four resistance exercise protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 426–432.
- Beaven, C. M., Ingram, J. R., Gill, N. D., & Hopkins, W. G. (2010). Ultradian rhythmicity and induced changes in salivary testosterone. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 405–413.
- Beedie, C. J., & Foad, A. J. (2009). The placebo effect in sports performance. *Sports Medicine*, 39(4), 313–329.
- Beliard, S., Chauveau, M., Moscatiello, T., Cros, F., Ecarnot, F., & Becker, F. (2015). Compression garments and exercise: no influence of pressure applied. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(1), 75–83.
- Bendixsen, M., Bischoff, R., Randers, M. B., Mohr, M., Rollo, I., Suetta, C., Bangsbo, J., et al. (2012). The Copenhagen Soccer Test: physiological response and fatigue development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(8), 1595–603.
- Benkö, T., Cooke, E. A., McNally, M. A., & Mollan, R. A. B. (2001). Graduated compression stockings: knee length or thigh length. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 383, 197–203.
- Bergan, J. J., & Sparks, S. R. (2000). Non-elastic Compression: An Alternative in Management of Chronic Venous Insufficiency. *Journal of Wound Ostomy & Continence Nursing*, 27(2), 83–89.
- Bergström, J., Hermansen, L., Hultman, E., & Saltin, B. (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 71(2), 140–150.
- Berry, M. J., & McMurray, R. G. (1987). Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *American Journal of Physical Medicine*, 66(3), 121–132.
- Bessa, A., Oliveira, V. N., De Agostini, G. G., Oliveira, R. J., Oliveira, A. C., White, G., Wells, G., et al. (2013). Exercise intensity and recovery: Biomarkers of injury, inflammation and oxidative stress. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 311-9.
- Best, A. J., Williams, S., Crozier, A., Bhatt, R., Gregg, P. J., & Hui, A. C. W. (2000). Graded compression stockings in elective orthopaedic surgery An assessment of the in vivo performance of commercially available stockings in patients having hip and knee arthroplasty. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*, 82(1), 116–118.
- Bianchi, J., & Todd, M. (2000). The management of a patient with lymphoedema of the legs. *Nursing Standard*, 14(40), 51–56.
- Bieuzen, F., Brisswalter, J., Easthope, C., Vercruyssen, F., Bernard, T., & Hausswirth, C. (2014). Effect of wearing compression stockings on recovery following mild exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 256-64.
- Billaut, F. (2011). Electromyography assessment of muscle recruitment strategies during high-intensity exercise. En J. Mizrahi (Ed.), *Advances in applied electromyography* (pp. 25-40). Rijeka: InTech
- Billows, D., Reilly, T., & George, K. (2005). Physiological demands of match-play on elite adolescent footballers. En: V. T. Reilly, J. Cabri & D. Araujo (Eds). *Science and Football* (pp. 453-461). London: Routledge
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-Sprint Ability - Part II. *Sports Medicine*, 41(9), 741–756.
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: A brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 1015–1024.
- Bishop, P., & Martino, M. (1993). Blood lactate measurement in recovery as an adjunct to training. *Sports Medicine*, 16(1), 5–13.
- Black, C. D., & McCully, K. K. (2008). Muscle injury after repeated bouts of voluntary and electrically stimulated exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(9), 1605.

- Blecken, S. R., Villavicencio, J. L., & Kao, T. C. (2005). Comparison of elastic versus nonelastic compression in bilateral venous ulcers: a randomized trial. *Journal of Vascular Surgery*, 42(6), 1150–1155.
- Bloomfield, J. R., Polman, R. C. J., & O'Donoghue, P. G. (2005). Effects of score-line on team strategies in FA Premier League Soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(2), 192–193.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1402–1412.
- Bobbert, M. F., Holander, A. P., & Huijting, P. A. (1986). Factors in delayed onset muscular soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18, 75–81.
- Bochmann, R. P., Seibel, W., Haase, E., Hietschold, V., Rödel, H., & Deussen, A. (2005). External compression increases forearm perfusion. *Journal of Applied Physiology*, 99(6), 2337–2344.
- Bolgl, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(3), 138–142.
- Bollinger, A., & Fagrell, B. (1990). *Clinical capillaroscopy: a guide to its use in clinical research and practice*. Toronto: Hogrefe & Huber Pub.
- Bompa, T. O. (1994). Recovery following training and competition. En O. Calcina (Ed.), *Theory and methodology of training. The Key to athletic performance* (pp. 115–126). Iowa: Kendall Hunt Publishing Company.
- Bompa, T. O. (1983). *Theory and methodology of training: the key to athletic performance*. Iowa: Kendall Hunt Publishing Company.
- Bonaventura, J. M., Sharpe, K., Knight, E., Fuller, K. L., Tanner, R. K., & Gore, C. J. (2015). Reliability and accuracy of six hand-held blood lactate analysers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(1), 203–14.
- Bonete, E., & Suay, F. (2003). Conceptos básicos y terminología del Sobreentrenamiento. En F. Suay (Ed.) *El síndrome del sobreentrenamiento. Una visión desde la psicobiología del deporte*, (pp. 15–38). Barcelona: Paidotribo
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 1(2), 97–111.
- Borg, E., Borg, G., Larsson, K., Letzter, M., & Sundblad, B.-M. (2010). An index for breathlessness and leg fatigue. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(4), 644–650.
- Borg, G. (1977). *Physical work and effort*. Oxford: Pergamon Press.
- Borg, G. (1962). *Physical performance and perceived exertion*. Lund: Gleerup
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal Of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92–98.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Champaign: Human kinetics.
- Born, D. P., Sperlich, B., & Holmberg, H. C. (2013). Bringing light into the dark: effects of compression clothing on performance and recovery. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 4–18.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779–795.

- Borràs, X., Balius, X., Drobnic, F., Til, L., Turmo, A., & Valle, J. (2011). Effects of lower body compression garment in muscle oscillation and tissular injury during intense exercise. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 11 (Suppl. 2).
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–282.
- Bottaro, M., Martorelli, S., & Vilaça, J. (2011). Neuromuscular compression garments: effects on neuromuscular strength and recovery. *Journal of Human Kinetics*, 29A, 27–31.
- Bottas, R., Linnamo, V., Nicol, C., & Komi, P. V. (2005). Repeated maximal eccentric actions causes long-lasting disturbances in movement control. *European Journal of Applied Physiology*, 94(1-2), 62–69.
- Boucourt, B., Bouhaddi, M., Mourot, L., Tordi, N., & Ménétrier, A. (2015). Changes in tissue oxygen saturation with calf compression sleeves - before, during and after a cycling exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(12), 1497-501.
- Bovenschen, H. J., Booij, M., & van der Vleuten, C. J. M. (2013). Graduated compression stockings for runners: Friend, foe, or fake? *Journal of Athletic Training*, 48(2), 226–232.
- Bowers, E. J., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Damage to the human quadriceps muscle from eccentric exercise and the training effect. *Journal of Sports Sciences*, 22(11-12), 1005–14.
- Bradley, P., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., Paul, D., et al. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 821–830.
- Bradley, P., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2343–2351.
- Bradley, P., & Noakes, T. D. (2013). Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences? *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1627–1638.
- Bradley, P., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168.
- Brady, K., Maile, A., & Ewing, B. (1997). An investigation into the fitness of professional soccer players over two seasons. En T Reilly, J. Bangsbo, & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 118–122). London: E and FN Spon.
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., & Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 96–97.
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81(1), 209–230.
- Braun, W. A., & Dutto, D. J. (2003). The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. *European Journal of Applied Physiology*, 90(1-2), 29–34.
- Brennan, M. J., & Miller, L. T. (1998). Overview of treatment options and review of the current role and use of compression garments, intermittent pumps, and exercise in the management of lymphedema. *Cancer*, 83(S12B), 2821–2827.
- Brentano, M. A., & Martins, K. L. (2011). A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 1–10.
- Brewer, J., & Davis, J. (1994). The female player. En B. Ekblom (Ed.) *Football (soccer)* (pp. 95–9). London: Blackwell Scientific.

- Brewer, J., & Davis, J. A. (1991). A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. En Proceedings of the 2nd World Congress on Science and Football. 1991. Eindhoven, Holanda.
- Bringard, A., Perrey, S., & Belluye, N. (2006). Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise—positive effects of wearing compression tights. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 373–378.
- Bringard, A., Denis, R., Belluye, N., & Perrey, S. (2006). Effects of compression tights on calf muscle oxygenation and venous pooling during quiet resting in supine and standing positions. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(4), 548–554.
- Bringard, A., Denis, R., Belluye, N., & Perrey, S. (2007). Compression élastique externe et fonction musculaire chez l'homme. *Science & Sports*, 22(1), 3–13.
- Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 597–603.
- British Standards Institution (1985). *Specification for graduated compression hosiery. BS 6612:1985*. London: British Standards Institution.
- British Standards Institution (1995). *Specification for the elastic properties of flat, nonadhesive, extensible fabric bandages. BS 7505:1995*. London: British Standards Institute.
- Brockett, C., Morgan, D. L., & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 783–790.
- Brockett, C., Warren, N., Gregory, J. E., Morgan, D. L., & Proske, U. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Research*, 771(2), 251–258.
- Brodth, V., Wagner, D. R., & Heath, E. M. (2008). Countermovement vertical jump with drop step is higher than without in collegiate football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1382–1385.
- Brookes, P. S., Yoon, Y., Robotham, J. L., Anders, M. W., & Sheu, S.-S. (2004). Calcium, ATP, and ROS: a mitochondrial love-hate triangle. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 287(4), C817–C833.
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2008). An assessment of training volume in professional rugby union and its impact on the incidence, severity, and nature of match and training injuries. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 863–873.
- Brophy-Williams, N. (2015). *Physiological, perceptual and performance-based effects of compression socks—are they just a placebo?* En ACSM Annual Meeting, San Diego, Estados Unidos.
- Brophy-Williams, N., Driller, M. W., Kitic, C. M., Fell, J. W., & Halson, S. L. (2016). effect of compression socks worn between repeated maximal running bouts. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15, 1–22.
- Brophy-Williams, N., Driller, M. W., Shing, C. M., Fell, J. W., & Halson, S. L. (2015). Confounding compression: the effects of posture, sizing and garment type on measured interface pressure in sports compression clothing. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1403–10.
- Brown, J. R., & Brown, A. M. (1995). Nonprescription, padded, lightweight support socks in treatment of mild to moderate lower extremity venous insufficiency. *Journal of American Osteopathic Association*, 95, 173–181.
- Brown, S. J., Child, R. B., Day, S. H., & Donnelly, A. E. (1997a). Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(4), 369–374.
- Brown, S. J., Child, R. B., Day, S. H., & Donnelly, A. E. (1997b). Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *Journal of Sports Sciences*, 15(2), 215–222.

- Brownlee, K. K., Viru, M., Viru, A. M., Behr, M. B., & Hackney, A. C. (2006). Exercise and the relationship between circulating cortisol and testosterone concentrations in men. *Wychowanie Fizyczne I Sport*, 50(1), 13.
- Brownlee, Kaye K., Moore, A. W., & Hackney, A. C. (2005). Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4(1), 76.
- Buchheit, M., Haydar, B., & Ahmaidi, S. (2012). Repeated sprints with directional changes: do angles matter? *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 555–562.
- Burke, L. M., Kiens, B., & Ivy, J. L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 15–30.
- Burkett, L. N., Phillips, W. T., & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 673–676.
- Burnand, K. G., Clemenson, G., Morland, M., Jarrett, P. E., & Browse, N. L. (1980). Venous lipodermatosclerosis: treatment by fibrinolytic enhancement and elastic compression. *British Medical Journal*, 280(6206), 7-11.
- Byrne, C., Eston, R. G., & Edwards, R. H. T. (2001). Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(3), 134–140.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002a). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 417–425.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002b). Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 951–959.
- Byrne, C., Twist, C., & Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 34(1), 49–69.
- Byrnes, W. C., Clarkson, P. M., White, J. S., Hsieh, S. S., Frykman, P. N., & Maughan, R. J. (1985). Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *Journal of Applied Physiology*, 59(3), 710–715.
- Bührlé, M., & Schmidtbleicher, D. (1977). Der einfluss von maximalkrafttraining auf die bewegungsschnelligkeit. *Leistungssport*, 7(1), 3–10.
- Cable, N. T., & Bullock, S. (1996). Thermoregulatory response during and in recovery from aerobic and anaerobic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(5), S202.
- Calbet, J. A. L., Chavarren, J., & Dorado, C. (2001). Running economy and delayed onset muscle soreness. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(1), 18-26.
- Calder, A. (2003). Recovery strategies for sports performance. *Olympic Coach*, 15(3), 8-11
- Calleja-González, J., Lekue, J., Leibar, X., Seco, J., & Terrados, N. (2007). Enzymatic and metabolic responses to competition in elite junior male basketball. *Iberian Congress on Basketball Research*, 4, 83-86.
- Calleja-González, J., Terrados, N., Mielgo-Ayuso, J., Delestrat, A., Jukic, I., Vaquera, A., Torres, L., et al. (2016). Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. *The Physician and sportsmedicine*, 44(1), 74-8.
- Cannon, W. B. (1929). Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, 9(3), 399–431.
- Cannon, Walter Bradford. (1914). The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *American Journal of Physiology–Legacy Content*, 33(2), 356–372.
- Capranica, L., Tessitore, A., Guidetti, L., & Figura, F. (2001). Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 19(6), 379–384.

- Carling, C., Bradley, P., McCall, A., & Dupont, G. (2016). Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2215-2223.
- Carling, C., & Dupont, G. (2011). Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *Journal of Sports Sciences*, 29(1), 63–71.
- Carling, C., Gregson, W., McCall, A., Moreira, A., Wong, D. P., & Bradley, P. (2015). Match running performance during fixture congestion in elite soccer: research issues and future directions. *Sports Medicine*, 45(5), 605–613.
- Carling, C., Le Gall, F., Cuvelier, M., M'Buy, J. F., Semezák, C., & Dupont, G. (2012). Does adherence to post-match recovery treatments aid professional soccer players in maintaining physical performance during periods of fixture congestion. En 3rd World Conference on Science and Soccer, Ghent, Bélgica.
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match-play affected over a prolonged period of fixture congestion? *International Journal of Sports Medicine*, 33(1), 36–42.
- Carling, J., Francis, K., & Lorish, C. (1995). The effects of continuous external compression on delayed-onset muscle soreness (DOMS). *International Journal of Rehabilitation and Health*, 1(4), 223–235.
- Carraro, F., Kimbrough, T. D., & Wolfe, R. R. (1993). Urea kinetics in humans at two levels of exercise intensity. *Journal of Applied Physiology*, 75(3), 1180–1185.
- Carroll, T. J., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2016). Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *Journal of Applied Physiology*, jap.00775.2016.
- Carton, R. L., & Rhodes, E. C. (1985). A critical review of the literature on ratings scales for perceived exertion. *Sports Medicine*, 2(3), 198–222.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Weston, M., & Manzi, V. (2011). Applicability of a change of direction ability field test in soccer assistant referees. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 860–866.
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., & Alvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 415–421.
- Cavanaugh, M. T., Quigley, P. J., Hodgson, D. D., Reid, J. C., & Behm, D. G. (2016). Kinesiology tape or compression sleeve applied to the thigh does not improve balance or muscle activation before or following fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1992–2000.
- Ceci, R., & Hassmén, P. (1991). Self-monitored exercise at three different RPE intensities in treadmill vs field running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(6), 732-8.
- CEN/Technical Committee (2001) *Medical Compression Hosiery. Draft for Development DD ENV 12718*. National Standards Agencies
- Cerda-Kohler, H., Burgos-Jara, C., Ramírez-Campillo, R., Valdés-Cerda, B., Báez, E., Zapata-Gómez, D., Cristóbal Andrade, D., et al. (2016). Analysis Of Agreement Between Four Lactate Threshold Measurements Methods In Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2864-70.
- Chamari, K., Chaouachi, A., Hambli, M., Kaouech, F., Wisløff, U., & Castagna, C. (2008). The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 944–950.
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y. B., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J. C., Hue, O., et al. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 191–196.
- Chambers, C., Noakes, T. D., Lambert, E. V., & Lambert, M. I. (1998). Time course of recovery of vertical jump height and heart rate versus running speed after a 90-km foot race. *Journal of Sports Sciences*, 16(7), 645–651.

- Chaouachi, A., Brughelli, M., Chamari, K., Levin, G. T., Abdelkrim, N. Ben, Laurencelle, L., & Castagna, C. (2009). Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1570–1577.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2667–2676.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong, D. P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2663–2669.
- Chapman, D., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2006). Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 27(8), 591–598.
- Chapman, D. W., Newton, M., Mcguigan, M., & Nosaka, K. (2008). Effect of lengthening contraction velocity on muscle damage of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(5), 926-33.
- Chatard, J. C., Atlaoui, D., Farjanel, J., Louisy, F., Rastel, D., & Guezennec, C. Y. (2004). Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *European Journal of Applied Physiology*, 93(3), 347–352.
- Chen, T. C., Chen, H. L., Lin, M. J., Wu, C. J., & Nosaka, K. (2009). Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. *European Journal of Applied Physiology*, 106(2), 267–275.
- Chen, T. C., Lin, K. Y., Chen, H. L., Lin, M. J., & Nosaka, K. (2011). Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 111(2), 211–223.
- Cheung, K., Hume, P., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine*, 33(2), 145–164.
- Choucair, M., & Phillips, T. J. (1998). Compression therapy. *Dermatologic surgery*, 24(1), 141–148.
- Christopoulos, D. C., Nicolaidis, A. N., Belcaro, G., & Kalodiki, E. (1991). Venous hypertensive microangiopathy in relation to clinical severity and effect of elastic compression. *The Journal of Dermatologic Surgery and Oncology*, 17(10), 809–813.
- Chtara, M., Chaouachi, A., Levin, G. T., Chaouachi, M., Chamari, K., Amri, M., & Laursen, P. B. (2008). Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1037–1045.
- Chtourou, H., & Souissi, N. (2012). The effect of training at a specific time of day: a review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1984–2005.
- Cipriani, D. J., Yu, T. S., & Lyssanova, O. (2014). Perceived influence of a compression, posture-cueing shirt on cyclists' ride experience and post-ride recovery. *Journal of Chiropractic Medicine*, 13(1), 21–27.
- Clark, M., & Krimmel, G. (2006). *Lymphoedema Framework. Template for Practice: compression hosiery in lymphoedema*. London: Medical Education Partnership Ltd.
- Clark, V. R., Hopkins, W. G., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2000). Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 1642–1647.
- Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P., & White, J. S. (1986). Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7(03), 152–155.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S52–S69.

- Clarkson, P. M., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(5), 512–520.
- Clarkson, P. M., & Sayers, S. P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(3), 234–248.
- Cleak, M. J., & Eston, R. G. (1992). Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 26(4), 267–272.
- Cochrane, D. J. (2004). Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport*, 5(1), 26–32.
- Coe, R. (2002). *It's the effect size, stupid: What effect size is and why it is important*. En Annual Conference of the British Educational Research Association, Exeter, England.
- Coelho, D. B. (2005). *Determination of the activity's intensity of soccer players during official match play according to the heart rate monitoring*. Tesis doctoral. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic press.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 45–51.
- Condessa, L. A. (2007). *Análise da intensidade de treinamentos específicos de futebol*. Tesis doctoral. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Cone, J. R., Berry, N. T., Goldfarb, A. H., Henson, R. A., Schmitz, R. J., Wideman, L., & Shultz, S. J. (2012). Effects of an individualized soccer match simulation on vertical stiffness and impedance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2027–2036.
- Costill, D. L., Pascoe, D. D., Fink, W. J., Robergs, R. A., Barr, S. I., & Pearson, D. (1990). Impaired muscle glycogen resynthesis after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 69(1), 46–50.
- Cottrill, N. (2007). *The effectiveness of the Total Quality Recovery (TQR) scale for elite badminton players during periods of intense training*. Tesis doctoral. University of Chester, Chester, Inglaterra
- Counsilman, J. E., & Counsilman, B. E. (1968). *The science of swimming*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Coutts, A. J., Slattery, K. M., & Wallace, L. K. (2007). Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 372–381.
- Crameri, R. M., Aagaard, P., Qvortrup, K., Langberg, H., Olesen, J., & Kjær, M. (2007). Myofibre damage in human skeletal muscle: effects of electrical stimulation versus voluntary contraction. *The Journal of Physiology*, 583(1), 365–380.
- Crenshaw, A. G., Thornell, L.-E., & Friden, J. (1994). Intramuscular pressure, torque and swelling for the exercise-induced sore vastus lateralis muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 152(3), 265–277.
- Cressey, E. M., West, C. A., Tiberio, D. P., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2007). The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 561–567.
- Crewther, B. T., Cook, C., Cardinale, M., Weatherby, R. P., & Lowe, T. (2011). Two emerging concepts for elite athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 103–123.
- Córdova, A., & Álvarez, M. (2001). *Inmunidad en el deporte*. Madrid: Gymnos.

- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2115–2121.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G. A., Floriano, L. T., Arins, F. B., & Dittrich, N. (2009). Aptidão aeróbia e capacidade de sprints repetidos no futebol: comparação entre as posições. *Motriz. Revista de Educação Física*, 15(4), 861–870.
- Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Geir Havard, H., & Ulrik, W. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 351–359.
- Dascombe, B. J., Hoare, T. K., Sear, J. A., Reaburn, P. R., & Scanlan, A. T. (2011). The effects of wearing undersized lower-body compression garments on endurance running performance. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 6(2), 160-73.
- Davies, V., Thompson, K. G., & Cooper, S. M. (2009). The effects of compression garments on recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1786–1794.
- Dawson, B., Gow, S., Modra, S., Bishop, D., & Stewart, G. (2005). Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(2), 210–221.
- de Glanville, K. M., & Hamlin, M. J. (2012). Positive effect of lower body compression garments on subsequent 40-km cycling time trial performance: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 480–486.
- de Hoyo, M., Cohen, D. D., Sañudo, B., Carrasco, L., Álvarez-Mesa, A., Del Ojo, J. J., Domínguez-Cobo, S., et al. (2016). Influence of football match time-motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1363-70.
- De Nardi, M., La Torre, A., Barassi, A., Ricci, C., & Banfi, G. (2011). Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(4), 609–615.
- De Pauw, K., Roelands, B., Marusic, U., Tellez, H. F., Knaepen, K., & Meeusen, R. (2013). Brain mapping after prolonged cycling and during recovery in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 115(9), 1324–1331.
- De Vita, F., Dorizzi, R., Corradini, G., & Caruso, B. (2007). *Training and hormonal variability in a premier league soccer team*. En 12th Annual Congress of the ECSS, Jyväskylä, Finland.
- Delextrat, A., Baker, J., Cohen, D. D., & Clarke, N. D. (2013). Effect of a simulated soccer match on the functional hamstrings-to-quadriceps ratio in amateur female players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), 478–486.
- Dellal, A., Chamari, K., Wong, D. P., Ahmaidi, S., Keller, D., Barros, R., Bisciotti, G. N., et al. (2011). Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 51–59.
- Dellal, A., Diniz Da Silva, C., Hill-Haas, S., Del Wong, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., Bara Filho, M. G., et al. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2890–2906.
- Dellal, A., Lago-Peñas, C., Rey, E., Chamari, K., & Orhant, E. (2015). The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *British Journal of Sports Medicine*, 49(6), 390–394.
- Demiriz, M., Erdemir, İ., & Kayhan, R. F. (2015). Effects of anaerobic interval training with different rest interval on aerobic capacity, anaerobic threshold and blood parameters. *International Journal of Sports, Exercise and Training Science*, 1(1), 1-18.
- Denegar, C. R. (2000). *Therapeutic modalities for athletic injuries*. Chamapign: Human Kinetics.

- Deschenes, M. R., Brewer, R. E., Bush, J. A., McCoy, R. W., Volek, J. S., & Kraemer, W. J. (2000). Neuromuscular disturbance outlasts other symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of the Neurological Sciences*, 174(2), 92–99.
- Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung (1987). Medizinische Kompressionsstrümpfe RAL-GZ 387. Berlin: Beuth-Verlag.
- Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung (2000). Medizinische Kompressionsstrümpfe RAL-GZ 387. Berlin: Beuth.
- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1489–1494.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222–7.
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205–212.
- Dias, J. A., Dal Pupo, J., Reis, D. C., Borges, L., Santos, S. G., Moro, A. R., & Borges Jr, N. G. (2011). Validity of two methods for estimation of vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 2034–2039.
- Dierking, J. K., & Bembien, M. G. (1998). Delayed Onset Muscle Soreness. *Strength & Conditioning Journal*, 20(4), 44–48.
- Djaoui, L., Diaz-Cidoncha Garcia, J., Hautier, C., & Dellal, A. (2016). Kinetic post-match fatigue in professional and youth soccer players during the competitive period. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(1), e28267.
- Doan, B. K., Kwon, Y.H., Newton, R. U., Shim, J., Popper, E. M., Rogers, R. A., Bolt, L. R., et al. (2003). Evaluation of a lower-body compression garment. *Journal of Sports Sciences*, 21(8), 601–610.
- Driller, M. W., & Halson, S. L. (2013). The effects of lower-body compression garments on recovery between exercise bouts in highly-trained cyclists. *Journal of Science and Cycling*, 2(1), 45–50.
- Drobnic, F. (1989). Las agujetas, una entidad clínica con nombre “inapropiado”. *Apunts*, 26, 125–134.
- Drouin, J. M., Valovich-McLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 22–29.
- Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of Sports Sciences*, 18(11), 885–892.
- Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783–805.
- Duclos, M., Corcuff, J. B., Rashedi, M., Fougere, V., & Manier, G. (1996). Does functional alteration of the gonadotropic axis occur in endurance trained athletes during and after exercise? *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(5), 427–433.
- Duffield, R., Cannon, J., & King, M. (2010). The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 136–140.
- Duffield, R., Edge, J., Merrels, R., Hawke, E., Barnes, M., Simcock, D., & Gill, N. D. (2008). The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(4), 454–468.

- Duffield, R., Murphy, A., Kellett, A., & Reid, M. (2014). Recovery from repeated on-court tennis sessions: combining cold water immersion, compression and sleep recovery interventions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 273-82.
- Duffield, R., & Portus, M. (2007). Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(7), 409–414.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 27–34.
- Dupont, G., Nédélec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisløff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1752–1758.
- Dutka, T. L., & Lamb, G. D. (2007). Na⁺-K⁺ pumps in the transverse tubular system of skeletal muscle fibers preferentially use ATP from glycolysis. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 293(3), 967–977.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7(4), 207–234.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1990). Muscle adaptation prior to recovery following eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(1), 26–31.
- Edwards, A. M., & Clark, N. A. (2006). Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 133–138.
- Edwards, R. H. (1983). Biochemical bases of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscular fatigue. En H. Knuttgen, J. Vogel, & J. Poortmans (Eds.), *Biochemistry of exercise* (pp. 1–28). Champaign: Human Kinetics.
- Edwards, R. H. (1986). Interaction of chemical with electromechanical factors in human skeletal muscle fatigue. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 149–155.
- Eklblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sport Medicine*, 3(1), 50-60.
- Eklblom, B. (2002). Assessment of fitness and player profiles. *Proceedings of the International Football and Sports Medicine Conference*, Beverly Hills: Estados Unidos
- Ekstrand, J., Gillquist, J., Möller, M., Oberg, B., & Liljedahl, S. O. (1983). Incidence of soccer injuries and their relation to training and team success. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(2), 63–67.
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2004). A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 493–497.
- Engel, F. A., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2016). Is there evidence that runners can benefit from wearing compression clothing? *Sports Medicine*, 46(12), 1939-1952.
- Engel, F., Stockinger, C., Woll, A., & Sperlich, B. (2016). Effects of compression garments on performance and recovery in endurance athletes. En F. Engel & B. Sperlich (Eds.), *Compression garments in sports: athletic performance and recovery* (pp. 33–61). Springer International Publishing.
- Eniseler, N. (2005). Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 799–804.
- Enoka, R. M., & Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1631–1648.

- Entman, M. L., Keslensky, S. S., Chu, A., & Van Winkle, W. B. (1980). The sarcoplasmic reticulum-glycogenolytic complex in mammalian fast twitch skeletal muscle. Proposed in vitro counterpart of the contraction-activated glycogenolytic pool. *Journal of Biological Chemistry*, *255*(13), 6245–6252.
- Epstein, Y. (1995). Clinical significance of serum creatine phosphokinase activity levels following exercise. *Israel Journal of Medical Sciences*, *31*(11), 698.
- Erten, Y. T., Sahinkaya, T., Dinc, E., Kilinc, B. E., Bayraktar, B., & Kurtoglu, M. (2016). The effects of compression garments and electrostimulation on athletes' muscle soreness and recovery. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *12*(4), 308–313.
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *93*(1-2), 167–172.
- Eston, R. G., & Williams, J. G. (1988). Reliability of ratings of perceived effort regulation of exercise intensity. *British Journal of Sports Medicine*, *22*(4), 153–155.
- Evans, W. J., Meredith, C. N., Cannon, J. G., Dinarello, C. A., Frontera, W. R., Hughes, V. A., Jones, B. H., et al. (1986). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, *61*(5), 1864–1868.
- Faina, M., Gallozzi, C., & Lupo, S. (1986). *La resistenza nei giochi di squadra. Aspetti fisiologici*. Roma: Istituto de Scienza dello Sport.
- Fallon, K. E. (2008). The clinical utility of screening of biochemical parameters in elite athletes: analysis of 100 cases. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(5), 334–337.
- Falvo, M. J., & Bloomer, R. J. (2006). Review of exercise-induced muscle injury: relevance for athletic populations. *Research in Sports Medicine*, *14*(1), 65–82.
- Fanchini, M., Castagna, C., Coutts, A. J., Schena, F., McCall, A., & Impellizzeri, F. M. (2014). Are the Yo-Yo intermittent recovery test levels 1 and 2 both useful? Reliability, responsiveness and interchangeability in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *32*(20), 1950–1957.
- Fanchini, M., Ghielmetti, R., Coutts, A. J., Schena, F., & Impellizzeri, F. M. (2015). Effect of training-session intensity distribution on session rating of perceived exertion in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(4), 426–430.
- Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Douroudos, I. I., Nikolaidis, M. G., Kyparos, A., Margonis, K., Michailidis, Y., et al. (2010). Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(12), 3278–3286.
- Feasson, L., Stockholm, D., Freyssenet, D., Richard, I., Duguez, S., Beckmann, J. S., & Denis, C. (2002). Molecular adaptations of neuromuscular disease-associated proteins in response to eccentric exercise in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, *543*(1), 297–306.
- Fell, J., & Williams, A. D. (2008). The effect of aging on skeletal-muscle recovery from exercise: possible implications for aging athletes. *Journal of Aging and Physical Activity*, *16*(1), 97.
- Felty, C. L., & Rooke, T. W. (2005). Compression therapy for chronic venous insufficiency. *Seminars in Vascular Surgery*, *18*, 36-40
- Ferliche, B., Chiroso, L. J., & Chiroso, I. (2001). Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad del entrenamiento en balonmano. *Archivos de Medicina del Deporte*, *19*, 377–83.
- Fernández, J. M., & Diego, A. M. (1992). Hormonas y ejercicio. En J. González Gallego (Ed.), *Fisiología de la actividad física y el deporte* (pp. 95–128). New York: McGraw-Hill.

- Fernández-García, B., Lucía, A., Hoyos, J., López Chicharro, J., Rodríguez-Alonso, M., Bandrés, F., & Terrados, N. (2002). The Response of Sexual and Stress Hormones of Male Pro-Cyclists During Continuous Intense Competition. *International Journal of Sports Medicine*, 23(8), 555–560.
- Fernández-García, B., & Terrados, N. (2004). *La fatiga del deportista*. Madrid: Gymnos.
- Filaire, E., Bernain, X., Sagnol, M., & Lac, G. (2001). Preliminary results on mood state, salivary testosterone:cortisol ratio and team performance in a professional soccer team. *European Journal of Applied Physiology*, 86(2), 179–184.
- Filaire, E., Lac, G., & Pequignot, J.M. (2003). Biological, hormonal, and psychological parameters in professional soccer players throughout a competitive season. *Perceptual and Motor Skills*, 97(3 Pt 2), 1061–1072.
- Finsterer, J., & Drory, V. E. (2016). Wet, volatile, and dry biomarkers of exercise-induced muscle fatigue. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17, 40.
- Fischer, C. P. (2006). Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the biological relevance? *Exercise Immunology Review*, 12, 6–33.
- Fitzsimons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson, A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25, 82–82.
- Flynn, M. G., Pizza, F. X., Boone, J. B., Andres, F. F., Michaud, T. A., & Rodriguez-Zayas, J. R. (1994). Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *International Journal of Sports Medicine*, 15(1), 21–26.
- Foley, J. M., Jayaraman, R. C., Prior, B. M., Pivarnik, J. M., & Meyer, R. A. (1999). MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), 2311–2318.
- Folkow, B., Gaskell, P., & Waaler, B. A. (1970). Blood flow through limb muscles during heavy rhythmic exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 80(1), 61–72.
- Fournier, P. A., Bräu, L., Ferreira, L.-B., Fairchild, T., Raja, G., James, A., & Palmer, T. N. (2002). Glycogen resynthesis in the absence of food ingestion during recovery from moderate or high intensity physical activity: novel insights from rat and human studies. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(3), 755–763.
- Freitas, C. G., Aoki, M. S., Franciscon, C. A., Arruda, A. F., Carling, C., & Moreira, A. (2014). Psychophysiological responses to overloading and tapering phases in elite young soccer players. *Pediatric Exercise Science*, 26(2), 195–202.
- French, D. N., Thompson, K. G., Garland, S. W., Barnes, C. A., Portas, M. D., Hood, P. E., & Wilkes, G. (2008). The effects of contrast bathing and compression therapy on muscular performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7), 1297-306.
- Friden, J., & Lieber, R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(5), 521–530.
- Friden, J., & Lieber, R. L. (1998). Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and Tissue Research*, 293(1), 165–171.
- Friden, J., & Lieber, R. L. (2001a). Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 321–326.
- Friden, J., & Lieber, R. L. (2001b). Serum creatine kinase level is a poor predictor of muscle function after injury. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(2), 126–127.
- Friden, J., Sfakianos, P. N., & Hargens, A. R. (1986). Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. *J Appl Physiol*, 61(6), 2175–2179.

- Friden, J., Sfakianos, P. N., & Hargens, A. R. (1989). Blood indices of muscle injury associated with eccentric muscle contractions. *Journal of Orthopaedic Research*, *7*(1), 142–145.
- Friden, J., Sjöström, M., & Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, *4*(3), 170–176.
- Friden, J., Seger, J., & Ekblom, B. (1988). Sublethal muscle fibre injuries after high-tension anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *57*(3), 360–368.
- Friden, J., Seger, J., Sjöström, M., & Ekblom, B. (1983). Adaptive response in human skeletal muscle subjected to prolonged eccentric training. *International Journal of Sports Medicine*, *4*(3), 177–183.
- Fry, R. W., Morton, A. R., & Keast, D. (1991). Overtraining in athletes. *Sports Medicine*, *12*(1), 32–65.
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Julian, R., Bartlett, J., & Meyer, T. (2016). Impaired sleep and recovery after night matches in elite football players. *Journal of Sports Sciences*, *34*(14), 1333–1339.
- Galbo, H. (1992). Exercise physiology: humoral function. *Sport Science Review*, *1*, 65–93.
- Gallaher, E., Boyd, L., Stepto, N., Snow, R., & Aughey, R. (2010). Compression garments enhance recovery following Australian Football training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*(supplement 1), e39–e40.
- Galvis, J. C. (2000). Importancia del laboratorio en la evaluación del deportista. *Laboratorio Actual*, *33*, 9–11.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, *81*(4), 1725–1789.
- Gandevia, S. C., Allen, G. M., Butler, J. E., & Taylor, J. L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *The Journal of Physiology*, *490*(2), 529–536.
- García Manso, J. M., Navarro, M., & Ruiz, J. A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*. Madrid: Gymnos.
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(9), 2522–2531.
- Gerisch, G., Rutemoller, E., & Weber, K. (1988). Sports medical measurements of performance in soccer. In T. Reilly, A. Lees, & K. Davis (Eds.), *Science and football*. London: E and FN Spon.
- Gibala, M. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., Stauber, W. T., & Elorriaga, A. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, *78*(2), 702–708.
- Gibson, A. S. C., & Noakes, T. D. (2004). Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, *38*(6), 797–806.
- Gil-Rey, E., Lezaun, A., & Los Arcos, A. (2015). Quantification of the perceived training load and its relationship with changes in physical fitness performance in junior soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *33*(20), 2125–2132.
- Gill, N. D., Beaven, C. M., & Cook, C. (2006). Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(3), 260–263.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, *41*(8), 673–694.
- Gladfelter, J. (2007). Compression garments. *Plastic Surgical Nursing*, *27*(2), 73–77.

- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 556–560.
- Gleeson, M. (2002). Biochemical and immunological markers of over-training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 1(2), 31.
- Gleeson, M., Blannin, A. K., & Walsh, N. P. (1997). Overtraining, immunosuppression, exercise-induced muscle damage and anti-inflammatory drugs. En T. Reilly & M. Orme (Eds.), *The clinical Pharmacology of Sport and Exercise* (pp. 47–57), Amsterdam: Elsevier.
- Gleeson, N., Eston, R., Marginson, V., & McHugh, M. (2003). Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 119–125.
- Gniadecka, M., Karlsmark, T., & Bertram, A. (1998). Removal of dermal edema with class I and II compression stockings in patients with lipodermatosclerosis. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 39(6), 966–970.
- Goh, S. S., Laursen, P. B., Dascombe, B., & Nosaka, K. (2011). Effect of lower body compression garments on submaximal and maximal running performance in cold (10 C) and hot (32 C) environments. *European Journal of Applied Physiology*, 111(5), 819–826.
- González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), 1032–1039.
- González-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (Edición: 3., p. 231). Barcelona: INDE.
- González-Badillo, J. J., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Inde.
- Gorostiaga, E. M., Llodio, I., Ibáñez, J., Granados, C., Navarro, I., Ruesta, M., Bonnabau, H., et al. (2009). Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 483–491.
- Goto, K., & Morishima, T. (2014). Compression Garment Promotes Muscular Strength Recovery after Resistance Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(12), 2265–70.
- Graham, T. E. (1984). Measurement and interpretation of lactate. En H. Llojgen & H. Mellerowicz (Eds.), *Progress in ergometry*. (pp. 51–66), Berlin: Springer.
- Gramly, A. J. (2012). *Active recovery and electro-muscular stimulation on delayed onset muscle soreness after endurance running: A randomized clinical trial*. Tesis doctoral. Department of Physical Therapy, University of Las Vegas, Las Vegas, Estados Unidos.
- Gravina, L., Ruiz, F., Lekue, J. A., Irazusta, J., & Gil, S. M. (2011). Metabolic impact of a soccer match on female players. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1345–1352.
- Green, H. J. (1987). Neuromuscular aspects of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 12(Suppl 1), 7s–19s.
- Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 247–256.
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, V. D. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(04), 237–242.
- Greig, M. (2008). The influence of soccer-specific fatigue on peak isokinetic torque production of the knee flexors and extensors. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(7), 1403–1409.

- Greig, M., Marchant, D., Lovell, R., Clough, P., & McNaughton, L. (2007). A continuous mental task decreases the physiological response to soccer-specific intermittent exercise. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(12), 908–913.
- Griggs, R. C., Kingston, W., Jozefowicz, R. F., Herr, B. E., Forbes, G., & Halliday, D. (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, *66*(1), 498–503.
- Grosgeorge, B. (1990). *Observation et entraînement en sports collectifs*. Paris: Inesp-Publications.
- Guilhem, G., Doguet, V., Hauraix, H., Lacourpaille, L., Jubeau, M., Nordez, A., & Dorel, S. (2016). Muscle force loss and soreness subsequent to maximal eccentric contractions depend on the amount of fascicle strain in vivo. *Acta Physiologica*, *217*(2), 152-63.
- Gupta, A., Bryers, J. J., & Clothier, P. J. (2015). The effect of leg compression garments on the mechanical characteristics and performance of single-leg hopping in healthy male volunteers. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *19*, 7-10.
- Hackney, A. C., & Machado, M. (2012). Hormonal status, creatine kinase and soccer: a need for research. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, *56*(9), 683-5.
- Halperin, I., Pyne, D. B., & Martin, D. T. (2015). Threats to internal validity in exercise science: a review of overlooked confounding variables. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(7), 823-9.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, *44*(2), 139–147.
- Hamilton, A. L., Killian, K. J., Summers, E., & Jones, N. L. (1996). Quantification of intensity of sensations during muscular work by normal subjects. *Journal of Applied Physiology*, *81*(3), 1156–1161.
- Hamilton, R. T., Shultz, S. J., Schmitz, R. J., & Perrin, D. H. (2008). Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of Athletic Training*, *43*(2), 144.
- Hamlin, M. J., Mitchell, C. J., Ward, F. D., Draper, N., Shearman, J. P., & Kimber, N. E. (2012). Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and 3-km running performance in rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(11), 2975–2982.
- Han, X.-Y., Wang, W., Komulainen, J., Koskinen, S. O., Kovanen, V., Vihko, V., Trackman, P. C., et al. (1999). Increased mRNAs for procollagens and key regulating enzymes in rat skeletal muscle following downhill running. *Pflügers Archiv*, *437*(6), 857–864.
- Handziski, Z., Maleska, V., Petrovska, S., Nikolik, S., Mickoska, E., Dalip, M., & Kostova, E. (2006). The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. *Bratislavské Lekárske Listy*, *107*(6-7), 259–263.
- Harre, D. (1982). *Principles of sports training*. Berlín: Sportsverlag.
- Harrington, D. W. (2000). Viral hepatitis and exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(7 Suppl), S422–30.
- Harris, P. A., Marlin, D. J., & Gray, J. (1998). Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *The Veterinary Journal*, *155*(3), 295–304.
- Harris, S. R., Hugi, M. R., Olivotto, I. A., & Levine, M. (2001). Clinical practice guidelines for the care and treatment of breast cancer: 11. Lymphedema. *Canadian Medical Association Journal*, *164*(2), 191–199.
- Hart, J. M., Swanik, C. B., & Tierney, R. T. (2005). Effects of sport massage on limb girth and discomfort associated with eccentric exercise. *Journal of Athletic Training*, *40*(3), 181.
- Hartmann, U., & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(1), 209–215.

- Haus, E. (2007). Chronobiology in the endocrine system. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 59(9), 985–1014.
- Hauswirth, C., & Lehénaff, D. (2001). Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. *Sports Medicine*, 31(9), 679–689.
- Hauswirth, D. C., & Le Meur, Y. (2011). Physiological and nutritional aspects of post-exercise recovery. *Sports Medicine*, 41(10), 861–882.
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 43–47.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando: Academic Press.
- Hedges, L. V., & Vevea, J. L. (1998). Fixed-and random-effects models in meta-analysis. *Psychological Methods*, 3(4), 486.
- Heisterberg, M. F., Fahrenkrug, J., Krstrup, P., Storskov, A., Kjær, M., & Andersen, J. L. (2013). Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1260–1271.
- Helander, I., Westerblad, H. akan, & Katz, A. (2002). Effects of glucose on contractile function, $[Ca^{2+}]_i$, and glycogen in isolated mouse skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 282(6), 1306–1312.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925–1931.
- Hemmings, B. J. (2001). Physiological, psychological and performance effects of massage therapy in sport: a review of the literature. *Physical Therapy in Sport*, 2(4), 165–170.
- Heredia, J. R. (2011). *Entrenamiento de la flexibilidad/ADM para la salud: programas de reajuste neuromuscular en el fitness*. Wanceulen.
- Higgins, J. P., & Green, S. (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Wiley Online Library.
- Higgins, J., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in medicine*, 21(11), 1539–1558.
- Higgins, J., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, 327(7414), 557–560.
- Higgins, T., Naughton, G. A., & Burgess, D. (2009). Effects of wearing compression garments on physiological and performance measures in a simulated game-specific circuit for netball. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 223–226.
- Hight, R., Beck, T. W., DA Bembem, & Black, C. D. (2015). Exercise-induced muscle damage and the repeated-bout effect: role of the relationship between motor-unit firing rate and recruitment threshold. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*: Vol. 11: Iss. 3, Article 46.
- Highton, J. M., Twist, C., & Eston, R. G. (2009). The effects of exercise-induced muscle damage on agility and sprint running performance. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 7(1), 24–30.
- Hikida, R. S., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Sherman, W. M., & Costill, D. L. (1983). Muscle fiber necrosis associated with human marathon runners. *Journal of the Neurological Sciences*, 59(2), 185–203.
- Hilbert, J. E., Sforzo, G. A., & Swensen, T. (2003). The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 72–75.

- Hill, D. W., Borden, D. O., Darnaby, K. M., Hendricks, D. N., & Hill, C. M. (1992). Effect of time of day on aerobic and anaerobic responses to high-intensity exercise. *Canadian Journal of Sport Sciences*, *17*(4), 316–319.
- Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A., & Hackney, A. C. (2008). Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of Endocrinological Investigation*, *31*(7), 587–591.
- Hill, J. A., Howatson, G., van Someren, K. A., Davidson, S., & Pedlar, C. R. (2015). The variation in pressures exerted by commercially available compression garments. *Sports Engineering*, *18*(2), 115–121.
- Hill, J. A., Howatson, G., van Someren, K. A., Walshe, I., & Pedlar, C. R. (2014). Influence of compression garments on recovery after marathon running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(8), 2228–2235.
- Hill, J. A., Howatson, G., van Someren, K. A., Gaze, D., Legg, H. S., Lineham, J., & Pedlar, C. (2017). The effects of compression garment pressure on recovery from strenuous exercise. *Int J Sports Physiol Perform*, *4*, 1–22.
- Hill, J. A., Howatson, G., van Someren, K., Leeder, J., & Pedlar, C. (2013). Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, Published Online First: 11 June 2013.
- Hirai, M., Iwata, H., & Hayakawa, N. (2002). Effect of elastic compression stockings in patients with varicose veins and healthy controls measured by strain gauge plethysmography. *Skin Research and Technology*, *8*(4), 236–9.
- Hoff, J., Berdahl, G. O., & Bråten, S. (2002). Jumping height development and body weight considerations in ski jumping. En E. Müller, H. Schwameder, & C. Raschner (Eds.), *Science and Skiing II* (pp. 115–28). Hamburg: Kovac.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports Medicine*, *34*(3), 165–180.
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, *36*(3), 218–221.
- Hoffman, J. R., Epstein, S., Yarom, Y., Zigel, L., & Einbinder, M. (1999). Hormonal and Biochemical Changes in Elite Basketball Players during a 4-week training camp. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *13*(3), 280–285.
- Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(1), 129–135.
- Hoffman, J. R., Falk, B., Radom-Isaac, S., Weinstein, Y., Magazanik, A., Wang, Y., & Yarom, Y. (1996). The effect of environmental temperature on testosterone and cortisol responses to high intensity, intermittent exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *75*(1), 83–87.
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Cooper, J. J., Kang, J., Chilakos, A., & Faigenbaum, A. D. (2005). Comparison of loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(4), 810–815.
- Hogarth, L. W., Burkett, B. J., & McKean, M. R. (2014). Understanding the fatigue-recovery cycle in team sport athletes. *Journal of Sports Medicine & Doping Studies*, *4*, e143.
- Hogervorst, E., Bandelow, S., Schmitt, J. A., Jentjens, R., Oliveira, M., Allgrove, J. E., Carter, T., et al. (2008). Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*(10), 1841–51.
- Holt, B. W., & Lambourne, K. (2008). The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(1), 226–229.
- Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Sports Medicine*, *20*(5), 321–327.
- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, *31*(3), 211–234.

- Hortobágyi, T., & Denahan, T. (1989). Variability in creatine kinase: methodological, exercise, and clinically related factors. *International Journal of Sports Medicine*, 10(2), 69–80.
- Hortobágyi, T., Houmard, J., Fraser, D., Dudek, R., Lambert, J., & Tracy, J. (1998). Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(2), 492–498.
- Hough, J. P., Papacosta, E., Wraith, E., & Gleeson, M. (2011). Plasma and salivary steroid hormone responses of men to high-intensity cycling and resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 23–31.
- Hough, T. (1902). Ergographic studies in muscular soreness. *American Physical Education Review*, 7(1), 1–17.
- Houghton, L. A., Dawson, B., & Maloney, S. K. (2009). Effects of wearing compression garments on thermoregulation during simulated team sport activity in temperate environmental conditions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(2), 303–309.
- Houmard, J. A., Costill, D. L., Mitchell, J. B., Park, S. H., Fink, W. J., & Burns, J. M. (1990). Testosterone, cortisol, and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. *International Journal of Sports Medicine*, 11(1), 41–45.
- Howatson, G., van Someren, K., & Hortobágyi, T. (2007). Repeated bout effect after maximal eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 557–563.
- Howell, J. N., Chila, A. G., Ford, G., David, D., & Gates, T. (1985). An electromyographic study of elbow motion during postexercise muscle soreness. *Journal of Applied Physiology*, 58(5), 1713–1718.
- Howell, J. N., Chleboun, G., & Conatser, R. (1993). Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *The Journal of Physiology*, 464(1), 183–196.
- Hughes, M., & Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 509–514.
- Hunter, S. K., Duchateau, J., & Enoka, R. M. (2004). Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 32(2), 44–49.
- Huxley, A. F. (1975). The origin of force in skeletal muscle. *Ciba Foundation Symposium*, (31), 271–90.
- Hyldahl, R. D., Chen, T. C., & Nosaka, K. (2016). Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(1), 24–33.
- Hübner, E., Szmuchrowsky, L., & Lutoslawska, G. (1994). Effects of soccer match-play on selected blood biochemical variables. *Biology of Sport*, 11(2), 83–89.
- Iaia, F. M., Fiorenza, M., Perri, E., Alberti, G., Millet, G. P., & Bangsbo, J. (2015). The effect of two speed endurance training regimes on performance of soccer players. *PLOS ONE*, 10(9), e0138096.
- Iguchi, M., & Shields, R. K. (2010). Quadriceps low-frequency fatigue and muscle pain are contraction-type-dependent. *Muscle & Nerve*, 42(2), 230–238.
- Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2007). Convergent evidence for construct validity of a 7-point likert scale of lower limb muscle soreness. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(6), 494–496.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., Rampinini, E., et al. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 483–492.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 899–905.

- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042–1047.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 583–592.
- Ingebrigtsen, J., Bendiksen, M., Randers, M. B., Castagna, C., Krstrup, P., & Holtermann, A. (2012). Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1337–1345.
- Ingram, J., Dawson, B., Goodman, C., Wallman, K., & Beilby, J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 417–421.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., Margonis, K., et al. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 423–431.
- Ivy, J. L., Katz, A. L., Cutler, C. L., Sherman, W. M., & Coyle, E. F. (1988). Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *Journal of Applied Physiology*, 64(4), 1480–1485.
- Iwama, H., Suzuki, M., Hojo, M., Kaneda, M., & Akutsu, I. (2000). Intermittent pneumatic compression on the calf improves peripheral circulation of the leg. *Journal of Critical Care*, 15(1), 18–21.
- Jacobs, I., Westlin, N., Karlsson, J., Rasmusson, M., & Houghton, B. (1982). Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48(3), 297–302.
- Jakeman, J. R., Byrne, C., & Eston, R. G. (2010a). Efficacy of lower limb compression and combined treatment of manual massage and lower limb compression on symptoms of exercise-induced muscle damage in women. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(11), 3157–3165.
- Jakeman, J. R., Byrne, C., & Eston, R. G. (2010b). Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *European Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1137–1144.
- Jamurtas, A. Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., Koutedakis, Y., et al. (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2-3), 179–185.
- Jastrzebski, Z. (2001). Serum creatine kinase (CK) activity in Polish Olympic Team football players, during a playing period: no relation to maximum power test. *Medycyna Sportowa*, 17(12), 14-16.
- Jastrzebski, Z. (2006). Changes of chosen blood parameters in football players in relation to applied training loads during competition. *Biology of Sport*, 23(1), 85.
- Jeffreys, I. (2005). A multidimensional approach to enhancing recovery. *Strength & Conditioning Journal*, 27(5), 78–85.
- Jensen, M. P., & Karoly, P. (1992). Self-report scales and procedures for assessing pain in adults. En D. Turk & R. Melzack (Eds.), *Handbook of Pain Assessment* (pp. 15–34). New York: Guilford Press.
- Jentjens, R., & Jeukendrup, A. (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*, 33(2), 117–144.
- Jidovtseff, B., & Crielaard, J. M. (2001). Overtraining in endurance athletes. *Revue Medicale de Liege*, 56(5), 343–352.
- Jones, C., Allen, T., Talbot, J., Morgan, D. L., & Proske, U. (1997). Changes in the mechanical properties of human and amphibian muscle after eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76(1), 21–31.

- Jones, D. A., Newham, D. J., & Clarkson, P. M. (1987). Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Pain*, *30*(2), 233–242.
- Jones, D. A., Newham, D. J., Round, J. M., & Tolfree, S. E. (1986). Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage. *The Journal of Physiology*, *375*(1), 435–448.
- Jonker, M. J., De Boer, E. M., Ader, H. J., & Bezemer, P. D. (2001). The oedema-protective effect of Lycra® support stockings. *Dermatology*, *203*(4), 294–298.
- Journeay, W. S., Reardon, F. D., Jean-Gilles, S., Martin, C. R., & Kenny, G. P. (2004). Lower body positive and negative pressure alter thermal and hemodynamic responses after exercise. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, *75*(10), 841–849.
- Juel, C. (1997). Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. *Physiological Reviews*, *77*(2), 321–58.
- Kaplan, T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(6), 1495–1501.
- Kargarfard, M., TC Lam, E., Shariat, A., Shaw, I., S. Shaw, B., & BM Tamrin, S. (2015). Efficacy of massage on muscle soreness, perceived recovery, physiological restoration and physical performance in male bodybuilders. *Journal of Sports Sciences*, *34*(10), 959–65.
- Karlsson, H. G. (1969). Kolhydratomsättning under en fotbollsmatch. *Report, Department of Physiology III*, 6, 50–60.
- Kay, D., Marino, F. E., Cannon, J., Gibson, A. S. C., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2001). Evidence for neuromuscular fatigue during high-intensity cycling in warm, humid conditions. *European Journal of Applied Physiology*, *84*(1-2), 115–121.
- Kayashima, S., Ohno, H., Fujioka, T., Taniguchi, N., & Nagata, N. (1995). Leucocytosis as a marker of organ damage induced by chronic strenuous physical exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *70*(5), 413–420.
- Keizer, H., Janssen, G. M., Menheere, P., & Kranenburg, G. (1989). Changes in basal plasma testosterone, cortisol, and dehydroepiandrosterone sulfate in previously untrained males and females preparing for a marathon. *International Journal of Sports Medicine*, *10*(Suppl 3), S139–45.
- Kellmann, M. (2002). *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*(Suppl 2), 95–102.
- Kellmann, M., & Kallus, K. W. (2001). *Recovery-stress questionnaire for athletes: user manual*. Champaign: Human Kinetics.
- Keltz, E., Khan, F. Y., & Mann, G. (2014). Rhabdomyolysis. The role of diagnostic and prognostic factors. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *3*(4), 303–312.
- Kenttä, G. (1996). *Överträningssyndrom: en psyko-fysiologisk process (Overtraining: a psychophysiological process)*. Lulea: Högskolan i Lulea.
- Kenttä, G., & Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. *Sports Medicine*, *26*(1), 1–16.
- Kenttä, G., & Hassmén, P. (1999). *Train smart: avoid overtraining syndrome*. Stockholm: SISU Idrottsbocker.
- Kenttä, G., & Hassmén, P. (2002). Underrecovery and overtraining: A conceptual model. En M. Kellmann (Ed.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (pp. 57–79). Champaign: Human Kinetics.

- Kinugasa, T., & Kilding, A. E. (2009). A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1402–1407.
- Kipke, L. (1985). The importance of recovery after training and competitive efforts. *Sports Medicine*, 13, 120–128.
- Kirwan, J. P., Costill, D. L., Houmard, J. A., Mitchell, J. B., Flynn, M. G., & Fink, W. J. (1990). Changes in selected blood measures during repeated days of intense training and carbohydrate control. *International Journal of Sports Medicine*, 11(5), 362–366.
- Kirwan, J. P., Cyr-Campbell, D., Campbell, W. W., Scheiber, J., & Evans, W. J. (2001). Effects of moderate and high glycemic index meals on metabolism and exercise performance. *Metabolism*, 50(7), 849–855.
- Klappinska, B., Iskra, J., Poprzecki, S., & Grzesiok, K. (2001). The effects of sprint (300 m) running on plasma lactate, uric acid, creatine kinase and lactate dehydrogenase in competitive hurdlers and untrained men. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 306–310.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R. H., & Cairns, D. S. P. (2011). Interactive Processes Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. *Sports Medicine*, 41(4), 307–328.
- Koch, A. J., Pereira, R., & Machado, M. (2014). The creatine kinase response to resistance exercise. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 14(1), 68–77.
- Kollath, E., & Quade, K. (1993). Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer players. En T. Reilly, J. Clarys, & A. Stibbe (Eds.), *Science and football II* (pp. 31–36). London: E y FN Spon.
- Konstantopoulos, S., & Hedges, L. V. (2009). Analyzing effect sizes: Fixed-effects models. En H. Cooper, L. Hedges, & J. Valentine (Eds.), *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (pp. 279–293). New York: Russell Sage Foundation.
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaikovou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 369–375.
- Koundourakis, N. E., Androulakis, N. E., Malliaraki, N., Tsatsanis, C., Venihaki, M., & Margioris, A. N. (2014). Discrepancy between exercise performance, body composition, and sex steroid response after a six-week detraining period in professional soccer players. *PLOS ONE*, 9(2), e87803.
- Koundourakis, N. E., Androulakis, N., Spyridaki, E. C., Castanas, E., Malliaraki, N., Tsatsanis, C., & Margioris, A. N. (2014). Effect of different seasonal strength training protocols on circulating androgen levels and performance parameters in professional soccer players. *Hormones (Athens, Greece)*, 13(1), 104–118.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Bauer, J. A., Triplett-McBride, N. T., Paxton, N. J., Clemson, A., Koziris, L. P., et al. (1996). Influence of compression garments on vertical jump performance in NCAA Division I volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(3), 180–183.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Newton, R. U., Duncan, N. D., Volek, J. S., Denegar, C. R., Canavan, P., et al. (1998). Influence of a compression garment on repetitive power output production before and after different types of muscle fatigue. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 8(2), 163–184.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Triplett-McBride, N. T., Koziris, L. P., Mangino, L. C., Fry, A. C., McBride, J. M., et al. (1998). Compression Garments: Influence on Muscle Fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(4), 211–215.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Wickham, R. B., Denegar, C. R., Gómez, A. L., Gotshalk, L. A., Duncan, N. D., Volek, J. S., Putukian, M., et al. (2001a). Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(6), 282–290.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Wickham, R. B., Denegar, C. R., Gómez, A. L., Gotshalk, L. A., Duncan, N. D., Volek, J. S., Newton, R. U., et al. (2001b). Continuous compression as an effective therapeutic intervention in treating eccentric-exercise-induced muscle soreness. *Journal of Sport Rehabilitation*, 10(1), 11–23.

- Kraemer, W. J., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Earp, J. E., Dunn-Lewis, C., Ho, J.-Y., et al. (2010). Effects of a whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 804–814.
- Kraemer, W. J., French, D. N., Paxton, N. J., Häkkinen, K., Volek, J. S., Sebastianelli, W. J., Putukian, M., et al. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(1), 121–128.
- Kraemer, W. J., French, D. N., & Spiering, B. A. (2004). Compression in the treatment of acute muscle injuries in sport: review article. *International SportMed Journal*, 5(3), 200–208.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., et al. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 697–705.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(7), 1242–1248.
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J. M., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1666–1673.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2003). *Muscle metabolites during a football match in relation to a decreased sprinting ability*. Communication to the Fith World Congress of Soccer and Science (Vol. 22). Lisboa, Portugal.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1165–1174.
- Krustrup, P., Zebis, M., Jensen, J. M., & Mohr, M. (2010). Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 437–441.
- Krustrup, P., Ørtenblad, N., Nielsen, J., Nybo, L., Gunnarsson, T. P., Iaia, F. M., Madsen, K., et al. (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 2987–2995.
- Ku, D. N. (1997). Blood flow in arteries. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 29(1), 399–434.
- Kuipers, H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3), 132–135.
- Kuipers, H., & Keizer, H. A. (1988). Overtraining in elite athletes. *Sports Medicine*, 6(2), 79–92.
- Kyröläinen, H., Takala, T. E., & Komi, P. V. (1998). Muscle damage induced by stretch-shortening cycle exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(3), 415–420.
- Kölling, S., Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2015). Validity of the acute recovery and stress scale: training monitoring of the german junior national field hockey team. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(2-3), 529–542.
- Kügler, C., Strunk, M., & Rudofsky, G. (2001). Venous pressure dynamics of the healthy human leg. *Journal of Vascular Research*, 38(1), 20–29.
- Lacourpaille, L., Nordez, A., Doguet, V., Hug, F., & Guilhem, G. (2016). Effect of damaging exercise on electromechanical delay. *Muscle & Nerve*, 54(1), 136–41.
- Lago-Peñas, C. (2009). The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1463–1469.
- Lago-Peñas, C. (2012). The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. *Journal of Human Kinetics*, 35, 89–95.

- Lago-Peñas, C., Casais, L., Dominguez, E., & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, *10*(2), 103–109.
- Lago-Peñas, C., Martín Acero, R., Seirul-lo Vargas, F., Álvaro Alcalde, J., Hernández Moreno, J., Sánchez Sánchez, F., Fernández del Olmo, M., et al. (2011). La relación de la fatiga con el rendimiento en deportes de equipo. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, *4*, 5–15.
- Lago-Peñas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casáis, L., & Domínguez, E. (2011). The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(8), 2111–2117.
- Laing, R. M., & Sleivert, G. G. (2002). Clothing, textiles, and human performance. *Textile Progress*, *32*(2), 1–122.
- Lambert, S., Dongas, F., Parsons, B., & Turner, G. (2006). The effect of graduated compression garments (Skins™) on perceived leg pain, leg power and alertness following elite AFL matches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *9*(Supplem), 18.
- Landis, E. M., & Pappenheimer, J. R. (1963). Exchange of substances through the capillary walls. En W. F. Hamilton (Ed.) *Handbook of physiology circulation*, Washington: American Physiological Society
- Lanier, A. B. (2003). Use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs following exercise-induced muscle injury. *Sports Medicine*, *33*(3), 177–186.
- Lavender, A. P., & Nosaka, K. (2008). Changes in markers of muscle damage of middle-aged and young men following eccentric exercise of the elbow flexors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *11*(2), 124–131.
- Lawrence, D., & Kakkar, V. V. (1980). Graduated, static, external compression of the lower limb: a physiological assessment. *British Journal of Surgery*, *67*(2), 119–121.
- Lazarim, F. L., Antunes-Neto, J. M., da Silva, F. O., Nunes, L. A., Bassini-Cameron, A., Cameron, L.-C., Alves, A. A., et al. (2009). The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 85–90.
- Le Gall, F., Carling, C., & Reilly, T. (2007). Biological maturity and injury in elite youth football. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *17*(5), 564–572.
- Le Pera, D., Graven-Nielsen, T., Valeriani, M., Oliviero, A., Di Lazzaro, V., Tonali, P. A., & Arendt-Nielsen, L. (2001). Inhibition of motor system excitability at cortical and spinal level by tonic muscle pain. *Clinical Neurophysiology*, *112*(9), 1633–1641.
- Lee, J. C., Mitchell, A. W. M., & Healy, J. C. (2012). Imaging of muscle injury in the elite athlete. *The British Journal of Radiology*, *85*(1016), 1173-85.
- Lee, J., Goldfarb, A. H., Rescino, M. H., Hegde, S., Patrick, S., & Apperson, K. (2002). Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*(3), 443–448.
- Lehmann, M., Foster, C., Gastmann, U., Keizer, H., & Steinacker, J. M. (1999). Definition, types, symptoms, findings, underlying mechanisms, and frequency of overtraining and overtraining syndrome. En M. J. Lehmann, C. Foster, U. Gastmann, H. Keizer, & J. Steinacker (Eds.), *Overload, fatigue, performance incomplete, and regeneration in sport* (pp. 1–6). New York: Plenumr.
- Leoz-Abaurrea, I., Izquierdo, M., Gonzalez-Izal, M., & Aguado-Jiménez, R. (2017). Increased Thermoregulatory Strain When Wearing an Upper Body Compression Garment During Moderate Exercise in Trained Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, *25*(1), 134–139.
- Leoz-Abaurrea, I., Santos-Concejero, J., Grobler, L., Engelbrecht, L., & Aguado-Jiménez, R. (2016). Running Performance While Wearing a Heat Dissipating Compression Garment in Male Recreational Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(12), 3367–3372.

- Leoz-Abaurrea, I., Tam, N., & Aguado-Jiménez, R. (2016). Impaired cardiorespiratory responses when wearing an upper body compression garment during recovery in a hot environment (40°C). *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(6), 684-91.
- Lewis, P. B., Ruby, D., & Bush-Joseph, C. A. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 255-262.
- Li, R. C., Wu, Y., Maffulli, N., Chan, K. M., & Chan, J. L. (1996). Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *British Journal of Sports Medicine*, 30(2), 156-160.
- Lieber, R. L., & Friden, J. (1999). Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(3), 253-265.
- Lieber, R. L., Shah, S., & Friden, J. (2002). Cytoskeletal disruption after eccentric contraction-induced muscle injury. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (403, Suppl), S90-9.
- Lieber, R. L., Thornell, L. E., & Friden, J. (1996). Muscle cytoskeletal disruption occurs within the first 15 min of cyclic eccentric contraction. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 278-284.
- Linderman, J., Fahey, T. D., Lauten, G., Brooker, A. S., Bird, D., Dolinar, B., Musselman, J., et al. (1990). A comparison of blood gases and acid-base measurements in arterial, arterialized venous, and venous blood during short-term maximal exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(3-4), 294-301.
- Lindinger, M. I., Kowalchuk, J. M., & Heigenhauser, G. J. F. (2005). Applying physicochemical principles to skeletal muscle acid-base status. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289(3), 891-894.
- Lindsay, A., Lewis, J., Gill, N., Gieseg, S. P., & Draper, N. (2015). Effect of varied recovery interventions on markers of psychophysiological stress in professional rugby union. *European Journal of Sport Science*, 15(6), 543-9.
- Linnitt, N., & Davies, R. (2007). Fundamentals of compression in the management of lymphoedema. *British Journal of Nursing*, 16(10), 588-592.
- Linossier, M.-T., Denis, C., Dormois, D., Geysant, A., & Lacour, J. R. (1993). Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67(5), 408-414.
- Litter, J. (1952). Thromboembolism; its prophylaxis and medical treatment; recent advances. *The Medical Clinics of North America*, 36(5), 1309-1321.
- Liu, R., Kwok, Y. L., Li, Y., Lao, T. T., Zhang, X., & Dai, X. Q. (2005). Objective evaluation of skin pressure distribution of graduated elastic compression stockings. *Dermatologic Surgery*, 31(6), 615-624.
- Liu, R., Lao, T. T., Kwok, Y. L., Li, Y., & Ying, M. T.-C. (2008). Effects of graduated compression stockings with different pressure profiles on lower-limb venous structures and haemodynamics. *Advances in Therapy*, 25(5), 465-478.
- Lord, R. S., & Hamilton, D. (2004). Graduated compression stockings (20- 30 mmHG) do not compress leg veins in the standing position. *Journal of Surgery*, 74(7), 581-585.
- Lorist, M. M., Boksem, M. A., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 199-205.
- Los Arcos, A., Martínez-Santos, R., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Méndez-Villanueva, A. (2015). Negative associations between perceived training load, volume and changes in physical fitness in professional soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(2), 394-401.

- Los Arcos, A., Méndez-Villanueva, A., Yanci, J., & Martínez-Santos, R. (2015). Respiratory and muscular perceived exertion during official games in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 301-4.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3280–3288.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J. J., Brughelli, M., & Castagna, C. (2014). Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 480–8.
- Lovell, D. I., Mason, D. G., Delphinus, E. M., & McLellan, C. P. (2011). Do compression garments enhance the active recovery process after high-intensity running? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3264–3268.
- Lucas-Cuevas, A. G., Priego-Quesada, J. I., Aparicio, I., Giménez, J. V., Llana-Belloch, S., & Pérez-Soriano, P. (2015). Effect of 3 weeks use of compression garments on stride and impact shock during a fatiguing run. *International Journal of Sports Medicine*, 36(10), 826–831.
- Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., & Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 704–709.
- Luttrell, M. J., & Halliwill, J. R. (2015). Recovery from exercise: vulnerable state, window of opportunity, or crystal ball? *Frontiers in Physiology*, 6, 204
- Lyons, M., Al-Nakeeb, Y., & Nevill, A. (2006). Performance of soccer passing skills under moderate and high-intensity localized muscle fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 197–202.
- López Chicharro, J., & Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Médica Panamericana.
- Löllgen, H., Ulmer, H. V., Gross, R., Wilbert, G., & Nieding, G. v. (1975). Methodical aspects of perceived exertion rating and its relation to pedalling rate and rotating mass. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 34(1), 205–215.
- MacIntyre, D. L., Reid, W. D., & McKenzie, D. C. (1995). Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Medicine*, 20(1), 24–40.
- MacRae, B. A., Cotter, J. D., & Laing, R. M. (2011). Compression garments and exercise: garment considerations, physiology and performance. *Sports Medicine*, 41(10), 815–843.
- MacRae, B. A., Laing, R. M., Niven, B. E., & Cotter, J. D. (2012). Pressure and coverage effects of sporting compression garments on cardiovascular function, thermoregulatory function, and exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1783–1795.
- MacRae, B. A., Laing, R. M., & Partsch, H. (2016). *General considerations for compression garments in sports: applied pressures and body coverage*. En F. Engel & B. Sperlich (Eds.), *Compression garments in sports: athletic performance and recovery* (pp. 1–32). Springer International Publishing.
- Magal, M., Dumke, C. L., Urbiztondo, Z. G., Cavill, M. J., Triplett, N. T., Quindry, J. C., McBride, J. M., et al. (2010). Relationship between serum creatine kinase activity following exercise-induced muscle damage and muscle fibre composition. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 257–266.
- Magal, M., Webster, M. J., Sistrunk, L. E., Whitehead, M. T., Evans, R. K., & Boyd, J. C.. (2003). Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 150–156.
- Magalhães, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensão, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 39–48.

- Mair, J., Mayr, M., Mullet, E., Koller, A., Haid, C., Artner-Dworzak, E., Calzolari, C., et al. (1995). Rapid adaptation to eccentric exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, *16*(06), 352–356.
- Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., & Paredes, V. (2015). Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *Journal of Human Kinetics*, *47*, 179–188.
- Malone, J. K., Blake, C., & Caulfield, B. (2013). Neuromuscular electrical stimulation does not enhance recovery from maximal exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. doi: 10.1123/ijsp.2013-0327
- Maraki, M. I., & Sidossis, L. S. (2013). The latest on the effect of prior exercise on postprandial lipaemia. *Sports Medicine*, *43*(6), 463–481.
- Marcora, S. M. (2008). Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? *European Journal of Applied Physiology*, *104*(5), 929–931.
- Margaritelis, N. V., Theodorou, A. A., Baltzopoulos, V., Maganaris, C. N., Paschalis, V., Kyparos, A., & Nikolaidis, M. G. (2015). Muscle damage and inflammation after eccentric exercise: can the repeated bout effect be removed? *Physiological Reports*, *3*(12), e12648.
- Margaritis, I., Tessier, F., Verdera, F., Bermon, S., & Marconnet, P. (1999). Muscle enzyme release does not predict muscle function impairment after triathlon. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *39*(2), 133.
- Marginson, V., Rowlands, A. V., Gleeson, N. P., & Eston, R. G. (2005). Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *Journal of Applied Physiology*, *99*(3), 1174–1181.
- Marino, F. E. (2004). Anticipatory regulation and avoidance of catastrophe during exercise-induced hyperthermia. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B, Biochemistry & Molecular Biology*, *139*(4), 561–569.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 551–555.
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N. (2016). Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiology & Behavior*, *153*, 133–148.
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016a). Fatiga y daño muscular en fútbol: un proceso complejo. *Futbolpf: Revista de preparacion física en el futbol*, (21).
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016b). Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte*, *33*(6), 404–412.
- Marshall, P. W., Lovell, R., Jeppesen, G. K., Andersen, K., & Siegler, J. C. (2014). Hamstring muscle fatigue and central motor output during a simulated soccer match. *PLOS ONE*, *9*(7), e102753
- Martin, V., Millet, G. Y., Lattier, G., & Perrod, L. (2004). Effects of recovery modes after knee extensor muscles eccentric contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(11), 1907–1915.
- Martínez-Sanz, J. M., & Urdampilleta, A. (2012). Necesidades nutricionales y planificación dietética en deportes de fuerza. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, *29*, 95–114.
- Maso, F., Lac, G., Filaire, E., Michaux, O., & Robert, A. (2004). Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. *British Journal of Sports Medicine*, *38*(3), 260–263.
- Maton, B., Thiney, G., Dang, S., Tra, S., Bassez, S., Wicart, P., & Ouchene, A. (2006). Human muscle fatigue and elastic compressive stockings. *European Journal of Applied Physiology*, *97*(4), 432–442.

- Maton, B., Thiney, G., Ouchene, A., Flaud, P., & Barthelemy, P. (2006). Intramuscular pressure and surface EMG in voluntary ankle dorsal flexion: Influence of elastic compressive stockings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *16*(3), 291–302.
- Maughan, R. J., & Gleeson, M. (2010). *The biochemical basis of sports performance*. Oxford: Oxford University
- Maya, J., Marquez, P., Peñailillo, L., Contreras-Ferrat, A., Deldicque, L., & Zbinden-Foncea, H. (2016). Salivary biomarker responses to two final matches in women's professional football. *Journal of Sports Science & Medicine*, *15*(2), 365–371.
- Mayrovitz, H. N., & Larsen, P. B. (1997). Effects of compression bandaging on leg pulsatile blood flow. *Clinical Physiology*, *17*(1), 105–117.
- McClure, S. M., Li, J., Tomlin, D., Cypert, K. S., Montague, L. M., & Montague, P. R. (2004). Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks. *Neuron*, *44*(2), 379–387.
- McDermott, J. C., & Bonen, A. (1992). Glyconeogenic and oxidative lactate utilization in skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, *70*(1), 142–149.
- McGregor, S. J., Nicholas, C. W., Lakomy, H. K. A., & Williams, C. (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *Journal of Sports Sciences*, *17*(11), 895–903.
- McHugh, M. P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *13*(2), 88–97.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G., Gattman, E. J., & Gleim, G. W. (2001). Electromyographic analysis of repeated bouts of eccentric exercise. *Journal of Sports Sciences*, *19*(3), 163–170.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G., & Gleim, G. W. (1999). Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Medicine*, *27*(3), 157–170.
- McHugh, M. P., & Tetro, D. T. (2003). Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. *Journal of Sports Science*, *21*(11), 927–932.
- McKune, A. J., Semple, S. J., & Peters-Futre, E. M. (2012). Acute exercise-induced muscle injury. *Biology of Sport*, *29*(1), 3.
- McMahon, S., & Wenger, H. A. (1998). The relationship between aerobic fitness and both power output and subsequent recovery during maximal intermittent exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *1*(4), 219–227.
- McMillan, A. B., Shi, D., Pratt, S. J., & Lovering, R. M. (2011). Diffusion tensor MRI to assess damage in healthy and dystrophic skeletal muscle after lengthening contractions. *BioMed Research International*, 2011, 970726.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., et al. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(1), 186–205.
- Meeusen, R., Watson, P., & Dvorak, J. (2006). The brain and fatigue: new opportunities for nutritional interventions? *Journal of Sports Sciences*, *24*(07), 773–782.
- Meister, S., Faude, O., Ammann, T., Schnittker, R., & Meyer, T. (2013). Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *23*(2), 156–163.
- Melhuish, J. M., Clark, M., Williams, R., & Harding, K. D. (2000). The physics of sub-bandage pressure measurement. *Journal of Wound Care*, *9*(7), 308–310.

- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *European Journal of Applied Physiology*, 103(4), 411–419.
- Meyer, T., & Meister, S. (2011). Routine blood parameters in elite soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 875–881.
- Meyer, Tim, Gabriel, H. H., Ratz, M., Muller, H. J., & Kindermann, W. (2001). Anaerobic exercise induces moderate acute phase response. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 549–555.
- Michailidis, Y. (2014). Stress hormonal analysis in elite soccer players during a season. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 279–283.
- Michaut, A., Pousson, M., Babault, N., & Van Hoecke, J. (2002). Is eccentric exercise-induced torque decrease contraction type dependent? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 1003–1008.
- Miller, M. G., Herniman, J. J., Ricard, M. D., Cheatham, C. C., & Michael, T. J. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of sports science & medicine*, 5(3), 459.
- Miller, P. C., Bailey, S. P., Barnes, M. E., Derr, S. J., & Hall, E. E. (2004). The effects of protease supplementation on skeletal muscle function and DOMS following downhill running. *Journal of Sports Sciences*, 22(4), 365–372.
- Millet, G., Perrey, S., Divert, C., & Foissac, M. (2006). The role of engineering in fatigue reduction during human locomotion—a review. *Sports Engineering*, 9(4), 209–220.
- Minett, G. M., & Duffield, R. (2014). Is recovery driven by central or peripheral factors? A role for the brain in recovery following intermittent-sprint exercise. *Frontiers in Physiology*, 5, 24
- Minetto, M. A., Lanfranco, F., Tibaudi, A., Baldi, M., Termine, A., & Ghigo, E. (2008). Changes in awakening cortisol response and midnight salivary cortisol are sensitive markers of strenuous training-induced fatigue. *Journal of Endocrinological Investigation*, 31(1), 16–24.
- Miyaguchi, K., & Demura, S. (2006). Muscle power output properties using the stretch-shortening cycle of the upper limb and their relationships with a one-repetition maximum bench press. *Journal of Physiological Anthropology*, 25(3), 239–245.
- Miyama, M., & Nosaka, K. (2004). Muscle damage and soreness following repeated bouts of consecutive drop jumps. *Advances in Exercise and Sports Physiological*, 10, 63–69.
- Mizumura, K., & Taguchi, T. (2016). Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors. *The Journal of Physiological Sciences*, 66(1), 43–52.
- Mizuno, S., Morii, I., Tsuchiya, Y., & Goto, K. (2016). Wearing compression garment after endurance exercise promotes recovery of exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 37(11), 870–877.
- Moffatt, C., Martin, R., & Smithdale, R. (2007). *Leg Ulcer Management: essential clinical skills for nurses*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336–341.
- Mohler, L. R., Pedowitz, R. A., Lopez, M. A., & Gershuni, D. H. (1999). Effects of tourniquet compression on neuromuscular function. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 359, 213–220.
- Mohr, M., Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Barbero-Álvarez, J. C., Castagna, C., Douroudos, I., Avloniti, A., et al. (2016). Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *European Journal of Applied Physiology*, 116(1), 179–93.
- Mohr, M., & Krstrup, P. (2014). Yo-Yo intermittent recovery test performances within an entire football league during a full season. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 315–327.

- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593–599.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(4), R1594–R1602.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 156–162.
- Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., Hewitt, A., et al. (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(s3), 125–132.
- Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J., & Racinais, S. (2012). Physiological responses and physical performance during football in the heat. *PLOS ONE*, 7(6), e39202.
- Mohr, M., Rasmussen, P., Drust, B., Nielsen, B., & Nybo, L. (2006). Environmental heat stress, hyperammonemia and nucleotide metabolism during intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 89–95.
- Mohr, M., Thomassen, M., Girard, O., Racinais, S., & Nybo, L. (2016). Muscle variables of importance for physiological performance in competitive football. *European Journal of Applied Physiology*, 116(2), 251–62.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M., & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 276–280.
- Molinero, L. M. (2008). Metaanálisis, una guía rápida para lectores y usuarios. *Hipertensión y Riesgo Vascular*, 25(03), 108–120.
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Cox, A. J., Hopkins, W. G., Minahan, C. L., & Hunt, P. H. (2008). Muscle damage, inflammation, and recovery interventions during a 3-day basketball tournament. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 241–250.
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman, J. C., Cook, K., & Minahan, C. L. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of Sports Sciences*, 26(11), 1135–1145.
- Mooradian, A. D., Morley, J. E., & Korenman, S. G. (1987). Biological actions of androgens. *Endocrine Reviews*, 8(1), 1–28.
- Moreira, A., Arsati, F., Arsati, Y. B. de O. L., Da Silva, D. A., & de Araújo, V. C. (2009). Salivary cortisol in top-level professional soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 106(1), 25–30.
- Morgan, W. P., Brown, D. R., Raglin, J. S., O’connor, P. J., & Ellickson, K. A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine*, 21(3), 107–114.
- Morris, R. J., & Woodcock, J. P. (2004). Evidence-based compression: prevention of stasis and deep vein thrombosis. *Annals of Surgery*, 239(2), 162.
- Morton, J. P., Kayani, A. C., McArdle, A., & Drust, B. (2009). The exercise-induced stress response of skeletal muscle, with specific emphasis on humans. *Sports Medicine*, 39(8), 643–662.
- Mostbeck, A., Partsch, H., & Peschl, L. (1976). Alteration of blood volume distribution throughout the body resulting from physical and pharmacological interventions. *VASA*, 6(2), 137–142.

- Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(10), 674–678.
- Murthy, G., Ballard, R. E., Breit, G. A., Watenpaugh, D. E., & Hargens, A. R. (1994). Intramuscular pressures beneath elastic and inelastic leggings. *Annals of Vascular Surgery*, *8*(6), 543–548.
- Myles, W. S., & Maclean, D. (1986). A comparison of response and production protocols for assessing perceived exertion. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *55*(6), 585–587.
- Ménétrier, A., Mourot, L., Bouhaddi, M., Regnard, J., & Tordi, N. (2011). Compression sleeves increase tissue oxygen saturation but not running performance. *International Journal of Sports Medicine*, *32*(11), 864–868.
- Ménétrier, A., Mourot, L., Degano, B., Bouhaddi, M., Walther, G., Regnard, J., & Tordi, N. (2015). Effects of three post-exercise recovery treatments on femoral artery blood flow kinetics. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *55*(4), 258–66.
- Nagel, D., Seiler, D., & Franz, H. (1992). Biochemical, hematological and endocrinological parameters during repeated intense short-term running in comparison to ultra-long-distance running. *International Journal of Sports Medicine*, *13*(4), 337–343.
- Neave, N., & Wolfson, S. (2003). Testosterone, territoriality, and the “home advantage”. *Physiology & Behavior*, *78*(2), 269–275.
- Nédélec, M., Halson, S., Abaidia, A. E., Ahmaidi, S., & Dupont, G. (2015). Stress, sleep and recovery in elite soccer: a critical review of the literature. *Sports Medicine*, *45*(10), 1387–1400.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, D. G. (2012). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, *42*(12), 997–1015.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(6), 1517–1523.
- Nédélec, M., Wisloff, U., McCall, A., Berthoin, S., & Dupont, G. (2013). Recovery after an intermittent test. *International Journal of Sports Medicine*, *34*(6), 554–558.
- Nederhof, E., Lemmink, K. A., Visscher, C., Meeusen, R., & Mulder, T. (2006). Psychomotor speed. *Sports Medicine*, *36*(10), 817–828.
- Newham, D. J. (1988). The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *57*(3), 353–359.
- Newham, D. J., Jones, D. A., & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *Journal of Applied Physiology*, *63*(4), 1381–1386.
- Newham, D. J., Jones, D. A., & Edwards, R. H. T. (1983). Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. *Muscle & Nerve*, *6*(5), 380–385.
- Newham, D. J., McPhail, G., Mills, K. R., & Edwards, R. H. T. (1983). Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *Journal of the neurological sciences*, *61*(1), 109–122.
- Newham, D. J., Mills, K. R., Quigley, B. M., & Edwards, R. H. (1983). Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clinical Science*, *64*(1), 55–62.
- Nicol, C., Komi, P. V., Horita, T., Kyröläinen, H., & Takala, T. E. S. (1996). Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *72*(5-6), 401–409.
- Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Medicine*, *36*(11), 977–999.

- Nielsen, J., Krstrup, P., Nybo, L., Gunnarsson, T. P., Madsen, K., Schröder, H. D., Bangsbo, J., et al. (2012). Skeletal muscle glycogen content and particle size of distinct subcellular localizations in the recovery period after a high-level soccer match. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(10), 3559–3567.
- Nieman, D. C., & Bishop, N. C. (2006). Nutritional strategies to counter stress to the immune system in athletes, with special reference to football. *Journal of Sports Sciences*, *24*(07), 763–772.
- Nikolaidis, M. G., Protosygiellou, M. D., Petridou, A., Tsalis, G., Tsigilis, N., & Mougios, V. (2003). Hematologic and biochemical profile of juvenile and adult athletes of both sexes: implications for clinical evaluation. *International Journal of Sports Medicine*, *24*(7), 506–511.
- Nimmo, M. (2004). Exercise in the cold. *Journal of Sports Sciences*, *22*(10), 898–915.
- Njororai, W. W. S. (2012). Physical demands of soccer: lessons from team USA and Ghana matches in the 2010 Fifa World Cup. *Journal of Physical Education and Sport*, *12*(4), 407–412.
- Norris, S. R., & Smith, D. J. (2002). Planning, periodization, and sequencing of training and competition: The rationale for a competently planned, optimally executed training and competition program, supported by a multidisciplinary team. En M.Kellmann (Ed.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (pp. 119–141). Champaign: Human Kinetics.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1995). Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *27*(9), 1263–1269.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1996). Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *28*(8), 953–961.
- Nosaka, K., Clarkson, P. M., McGuiggin, M. E., & Byrne, J. M. (1991). Time course of muscle adaptation after high force eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *63*(1), 70–76.
- Nosaka, K., & Kuramata, T. (1991). Muscle soreness and serum enzyme activity following consecutive drop jumps. *Journal of Sports Sciences*, *9*(2), 213–220.
- Nosaka, K., & Newton, M. (2002a). Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(1), 117–122.
- Nosaka, K., & Newton, M. (2002b). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*(1), 63–69.
- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P. (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *12*(6), 337–346.
- Nosaka, K., & Sakamoto, K. (2001). Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(1), 22–29.
- Nosaka, K., Sakamoto, K. E. I., Newton, M., & Sacco, P. (2001). How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(9), 1490–1495.
- Nottle, C., & Nosaka, K. (2005). The magnitude of muscle damage induced by downhill backward walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *8*(3), 264–273.
- Nybo, L. (2010). CNS fatigue provoked by prolonged exercise in the heat. *Frontiers in Bioscience*, *2*(2), 779–92.
- Nybo, L. (2012). Brain temperature and exercise performance. *Experimental Physiology*, *97*(3), 333–339.
- Nybo, L., Girard, O., Mohr, M., Knez, W., Voss, S., & Racinais, S. (2013). Markers of muscle damage and performance recovery after exercise in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(5), 860–868.

- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, *91*(3), 1055–1060.
- Odetoyinbo, K., Wooster, B., & Lane, A. (2008). The effect of a succession of matches on the activity profiles of professional soccer players. En T. Reilly & F. Korkusuz (Eds.), *Science and football VI* (pp. 182–185). London: Routledge.
- Ogata, K., & Whiteside, L. A. (1982). Effects of external compression on blood flow to muscle and skin. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *168*, 105–107.
- Okamoto, K., Wang, W., Rounds, J., Chambers, E. A., & Jacobs, D. O. (2001). ATP from glycolysis is required for normal sodium homeostasis in resting fast-twitch rodent skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, *281*(3), 479–488.
- Oliveira, T., Gouveia, M. J., & Oliveira, R. F. (2009). Testosterone responsiveness to winning and losing experiences in female soccer players. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(7), 1056–1064.
- Oliver, J., Armstrong, N., & Williams, C. (2008). Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *Journal of Sports Sciences*, *26*(2), 141–148.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *2*(2), 137–49.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(1), 170–178.
- Osiecki, R., Rubio, T. B. G., Coelho, R. L., Novack, L. F., Conde, J. H. S., Alves, C. G., & Malfatti, C. R. M. (2015). The Total Quality Recovery Scale (TQR) as a proxy for determining athletes' recovery state after a professional soccer match. *Journal of Exercise Physiology Online*, *18*(3), 27–32.
- Ostojic, S. M. (2016). Editorial: post-exercise recovery: fundamental and interventional physiology. *Frontiers in Physiology*, *7*.
- Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *33*(20), 2100–5.
- O'Connor, P. J., & Cook, D. B. (1999). Exercise and pain: the neurobiology, measurement, and laboratory study of pain in relation to exercise in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *27*(1), 119–166.
- O'Connor, P. J., Raglin, J. S., & Morgan, W. P. (1996). Psychometric correlates of perception during arm ergometry in males and females. *International Journal of Sports Medicine*, *17*(6), 462–466.
- O'Donnell, T. F., Rosenthal, D. A., Callow, A. D., & Ledig, B. L. (1979). Effect of elastic compression on venous hemodynamics in postphlebotic limbs. *Journal of the American Medical Association*, *242*(25), 2766–2768.
- O'Donoghue, P., & Tenga, A. (2001). The effect of score-line on work rate in elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, *19*(1), 25–26.
- Ørtenblad, N., Nielsen, J., Saltin, B., & Holmberg, H. C. (2011). Role of glycogen availability in sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ kinetics in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, *589*(3), 711–725.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, *86*(5), 1527–1533.
- Padilla, J. R., & Lozada, J.L. (2013). Relación de la capacidad de sprints repetidos con manifestaciones de la potencia muscular de los miembros inferiores, potencia aeróbica y parámetros antropométricos en jugadores jóvenes de fútbol. *Journal of Sport and Health Research*, *5*(2), 179–192.

- Page, S., Jackson, M. J., Coakley, J., & Edwards, R. H. T. (1989). Isoforms of creatine kinase: MM in the study of skeletal muscle damage. *European Journal of Clinical Investigation*, 19(2), 185–191.
- Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S., & González-Gross, M. (2015). Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutrición Hospitalaria*, 31(Supl 3), 237–244.
- Papacosta, E., & Nassis, G. P. (2011). Saliva as a tool for monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(5), 424–434.
- Pardo, F. J. (2001). *Evolución de los parámetros fisiológicos en ciclistas profesionales a lo largo de una temporada*. Tesis doctoral. Facultad Ciencias de la Actividad Física y el deporte, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Parlebas, P. (2001). *Léxico de praxiología motriz*. Barcelona: Paidotribo.
- Parry-Billings, M., & Newsholme, E. A. (1992). The overtraining syndrome: some biochemical aspects. En D. Macleod, R. Maughan, C. Williams, C. Madeley, J. Sharp, & R. Nutto (Eds.), *Intermittent high intensity exercise: Preparation, stresses and damage limitation* (pp. 281–281). London: E and FN Spon.
- Partsch, H. (2003a). Understanding the pathophysiological effects of compression. En S. Calne, C. Mofatt, & S. Thomas (Eds.), (pp. 2-4), *EWMA Position Document. Understanding compression therapy*. London: Medical Education Partnership Ltd
- Partsch, H. (2003b). Evidence based compression therapy. *VASA, Suppl 63*, 1-39.
- Partsch, H., Clark, M., Bassez, S., Benigni, J.P., Becker, F., Blazek, V., Caprini, J., et al. (2006). Measurement of lower leg compression in vivo: recommendations for the performance of measurements of interface pressure and stiffness. *Dermatologic Surgery*, 32(2), 224–233.
- Partsch, H., Menzinger, G., & Mostbeck, A. (1999). Inelastic leg compression is more effective to reduce deep venous refluxes than elastic bandages. *Dermatologic surgery*, 25(9), 695–700.
- Partsch, H., Mostbeck, A., & Leitner, G. (1980). Experimental investigations on the effect of intermittent pneumatic compression (Lymphapress) in lymphoedema. *Phlebologie u Proktologie*, 9, 6566.
- Partsch, H., Rabe, E., & Stemmer, R. (2000). *Compression therapy of the extremities*. Paris: Phlébologiques Françaises.
- Paschalis, V., Koutedakis, Y., Baltzopoulos, V., Mougios, V., Jamurtas, A. Z., & Theoharis, V. (2005). The effects of muscle damage on running economy in healthy males. *International Journal of Sports Medicine*, 26(10), 827–831.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G., Vollebregt, L., & others. (2001). Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 822–825.
- Paul, D. J., Bradley, P. S., & Nassis, G. P. (2015). Factors affecting match running performance of elite soccer players: Shedding some light on the complexity. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 10(4), 516-9.
- Peake, J. M., Neubauer, O., Gatta, P. A. Della, & Nosaka, K. (2016). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, jap.00971.2016.
- Pedersen, B. K. (2000). Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: exercise and cytokines. *Immunology and Cell Biology*, 78(5), 532–535.
- Pedersen, B. K., & Toft, A. D. (2000). Effects of exercise on lymphocytes and cytokines. *British Journal of Sports Medicine*, 34(4), 246–251.
- Pereira, M. C., Bottaro, M., Brown, L. E., Rocha-Junior, V. A., Martorelli, S. S., Nóbrega, O. T., Souza, V. C., et al. (2014). Do compression sleeves worn during exercise affect muscle recovery? *Isokinetics and Exercise Science*, 22(4), 265–271.

- Perrey, S. (2008). Compression garments: Evidence for their physiological effects (P208) (pp. 319–328). Springer.
- Perrey, S., Bringard, A., Racinais, S., Puchaux, K., & Belluye, N. (2008). Graduated compression stockings and delayed onset muscle soreness (P105). *The Engineering of Sport 7*, 547–554.
- Petibois, C., Cazorla, G., Poortmans, J.-R., & Déléris, G. (2002). Biochemical aspects of overtraining in endurance sports. *Sports Medicine*, 32(13), 867–878.
- Peñailillo, L., Maya, L., Niño, G., Torres, H., & Zbinden-Foncea, H. (2015). Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2080–2087.
- Pinnington, H. C., & Dawson, B. (2001). The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(4), 416–430.
- Pizza, F. X., Koh, T. J., McGregor, S. J., & Brooks, S. V. (2002). Muscle inflammatory cells after passive stretches, isometric contractions, and lengthening contractions. *Journal of Applied Physiology*, 92(5), 1873–1878.
- Plassmann, H., O’Doherty, J., Shiv, B., & Rangel, A. (2008). Marketing actions can modulate neural representations of experienced pleasantness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(3), 1050–1054.
- Platonov, V. N. (1988). *El Entrenamiento deportivo, teoría y metodología*. Barcelona: Paidotribo.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2008). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Pokrovsky, A. V., & Sapelkin, S. P. (2002). Compression therapy and united Europe: new standards in new realias [sic]. *Journal of Vascular Surgery*, 8(2), 58–63.
- Pollack, A. A., & Wood, E. H. (1949). Venous pressure in the saphenous vein at the ankle in man during exercise and changes in posture. *Journal of Applied Physiology*, 1(9), 649–662.
- Pollard, R. (2008). Home advantage in football: A current review of an unsolved puzzle. *The Open Sports Sciences Journal*, 1(1), 12–14.
- Porta, J., & Miquel, L. (1990). Técnicas de prevención activa. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4(1), 32–36.
- Powell, J., DiLeo, T., Roberge, R., Coca, A., & Kim, J.-H. (2015). Salivary and serum cortisol levels during recovery from intense exercise and prolonged, moderate exercise. *Biology of Sport*, 32(2), 91–95.
- Prentice, W. E. (2001). Understanding and managing the healing process through rehabilitation. En W. E. Prentice & M. L. Voight (Eds.), *Techniques in Musculoskeletal Rehabilitation* (pp. 18–22). New York: McGraw-Hill.
- Priego, J. I., Lucas-Cuevas, A. G., Aparicio, I., Giménez, J. V., Cortell-Tormo, J. M., & Pérez-Soriano, P. (2015). Long-term effects of graduated compression stockings on cardiorespiratory performance. *Biology of Sport*, 32(3), 219–223.
- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, 537(2), 333–345.
- Pruscino, C. L., Halson, S., & Hargreaves, M. (2013). Effects of compression garments on recovery following intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113(6), 1585–1596.
- Pyne, M. D. B. (1994). Regulation of neutrophil function during exercise. *Sports Medicine*, 17(4), 245–258.
- Raastad, T., Owe, S. G., Paulsen, G., Enns, D., Overgaard, K., Crameri, R., Kiil, S., et al. (2010). Changes in calpain activity, muscle structure, and function after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 86–95.
- Raastad, T., Theting, T., Ingjer, F., & Hallén, J. (2002). *Neuromuscular fatigue and recovery after soccer matches in elite soccer players*. En 7th Annual Congress of the European College of Sport Science, Atenas, Grecia.

- Racinais, S., Bringard, A., Puchaux, K., Noakes, T. D., & Perrey, S. (2008). Modulation in voluntary neural drive in relation to muscle soreness. *European Journal of Applied Physiology*, *102*(4), 439–446.
- Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A., & Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Science*, *21*(11), 933–942.
- Rainer, P. (1997). The physiological effect of playing three simulated matches in a week: implications for overtraining/overplaying. En T Reilly, J. Bangsbo, & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 350–354). London: E y FN Spon.
- Ramelet, A.A. (2002). Compression therapy. *Dermatologic Surgery*, *28*(1), 6–10.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(3), 228.
- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., & Sassi, A. (2011). Match-related fatigue in soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(11), 2161–2170.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(12), 1018–24.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 227–233.
- Rampinini, E., Sassi, A., Azzalin, A., Castagna, C., Menaspà, P., Carlomagno, D., & Impellizzeri, F. M. (2010). Physiological determinants of Yo-Yo intermittent recovery tests in male soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *108*(2), 401–409.
- Raudenbush, S. W. (2009). Analyzing effect sizes: Random-effects models. En H. Cooper, L. . Hedges, & J. . Valentine (Eds.), *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (pp. 295–316), New York: The Russell Sage Foundation
- Rawson, E. S., Gunn, B., & Clarkson, P. M. (2001). The effects of creatine supplementation on exercise-induced muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *15*(2), 178–184.
- Rebelo, A. N., Candeias, J. R., Fraga, M. M., Duarte, J. A., Soares, J. M., Magalhaes, C., & Torrinha, J. A. (1998). The impact of soccer training on the immune system. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *38*(3), 258–261.
- Reilly, T. (1990). Football. En T. Reilly, N. Secher, P. Snell, & C. Williams (Eds.), *Physiology of sports* (pp. 371–425). London: E and FN Spon.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, *15*(3), 257–263.
- Reilly, T. (1998). Recovery from strenuous training and matches. *Sports Exercise and Injury*, *4*(4), 156–158.
- Reilly, T. (2000). The physiological demands of soccer. En J. Bangsbo (Ed.), *Soccer and science: in an interdisciplinary perspective*. (pp. 91–105). Copenhagen: *Handelshøjskolens Forlag*
- Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of Sports Sciences*, *23*(6), 561–572.
- Reilly, T., & Bowen, T. (1984). Exertional costs of changes in directional modes of running. *Perceptual and Motor Skills*, *58*(1), 149–150.
- Reilly, T., & Ekblom, B. (2005). The use of recovery methods post-exercise. *Journal of Sports Sciences*, *23*(6), 619–627.

- Reilly, T., Lewis, W., Brown, I. D., & Goldsmith, R. (1985). Effects of carbohydrate feeding on mental functions during sustained physical work. En I. D. Brown, R. Goldsmith, K. Coombes, & M. A. Sinclair (Eds.), *Ergonomics international* (pp. 700–702). London: Taylor and Frances.
- Reilly, T., & Rigby, M. (2002). Effect of an active warm-down following competitive soccer. En T. Reilly & A. Murphy (Eds.), *Science and football IV* (pp. 226–229). London: Routledge.
- Reilly, T., & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2(2), 87–97.
- Rey, E., Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Casais, L., & Dellal, A. (2010). The effect of cumulative fatigue on activity profiles of professional soccer players during a congested fixture period. *Biology of Sport*, 27(3), 181–185.
- Rey, E. (2012). Estrategias de recuperación post-ejercicio en el fútbol. *Futbolpf: Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 6(4), 42–53.
- Rider, B. C., Coughlin, A. M., Hew-Butler, T. D., & Goslin, B. R. (2014). Effect of compression stockings on physiological responses and running performance in division III collegiate cross-country runners during a maximal treadmill test. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(6), 1732–1738.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162.
- Rimaud, D., Calmels, P., Roche, F., Mongold, J.-J., Trudeau, F., & Devillard, X. (2007). Effects of graduated compression stockings on cardiovascular and metabolic responses to exercise and exercise recovery in persons with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(6), 703–709.
- Rimaud, D., Messonnier, L., Castells, J., Devillard, X., & Calmels, P. (2010). Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 425–433.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2005). Lingering construct of lactic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289(3), 904–910.
- Robineau, J., Jouaux, T., Lacroix, M., & Babault, N. (2012). Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 555–562.
- Rodenburg, J. B., Bar, P. R., & De Boer, R. W. (1993). Relations between muscle soreness and biochemical and functional outcomes of eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 74(6), 2976–2983.
- Rodrigues, V., Mortimer, L., Condessa, L., Coelho, D., Soares, D., & Garcia, E. (2007). *Exercise intensity in training sessions and official games in soccer*. En F. Korkusuz & E. Ergen (Eds.), *Journal of Sports Science and Medicine* 6, supplementum 10, (pp. 57–61), VIth World Congress on Science. Antalya: Tuqria
- Rogan, S. (2015). Comparison of Two Kinds of Endurance Training Programs on the Effects of the Ability to Recover in Amateur Soccer Players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(2), e22585.
- Rohde, H. C., & Espersen, T. (1987). Work intensity during soccer training and match-play. En T. Reilly, ALces, K. Davids, & W. Murphy (Eds.), *Science and Football*, (pp. 68-76). London: E and FN Spon.
- Roi, G. S., Sisca, G., Perondi, F., Diamante, A., & Nanni, G. (2004). Post competition blood lactate accumulation during a first league soccer season. *Book of Abstracts, 5th Congress on Science and Football*, 39 (pp. 11–15). Lisboa: Portugal.
- Rolls, E. T., Grabenhorst, F., Margot, C., da Silva, M. A., & Velazco, M. I. (2008). Selective attention to affective value alters how the brain processes olfactory stimuli. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(10), 1815–1826.

- Romagnoli, M., Sanchis-Gomar, F., Alis, R., Risso-Ballester, J., Bosio, A., Graziani, R. L., & Rampinini, E. (2016). Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(10), 1198-1205.
- Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 773–780.
- Rowell, G. J., Coutts, A. J., Reaburn, P., & Hill-Haas, S. (2009). Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 565–573.
- Rubio-Sobrino, P. A., Rodríguez-Casares, R., Aguado, X., & Alegre, L. M. (2012). Ángulo óptimo articular y ejercicio: bases y aplicaciones. *Apunts. Educación física y deportes*, 3(109), 65–72.
- Rumley, A. G., Pettigrew, A. R., Colgan, M. E., Taylor, R., Grant, S., Manzie, A., Findlay, I., et al. (1985). Serum lactate dehydrogenase and creatine kinase during marathon training. *British Journal of Sports Medicine*, 19(3), 152–155.
- Rushall, B. S. (1990). A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 2(1), 51–66.
- Russell, M., & Kingsley, M. (2011). Influence of exercise on skill proficiency in soccer. *Sports Medicine*, 41(7), 523–539.
- Russell, M., Northeast, J., Atkinson, G., Shearer, D. A., Sparkes, W., Cook, C. J., & Kilduff, L. (2015). The between-match variability of peak power output and Creatine Kinase responses to soccer match-play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2079-85.
- Sahlin, K., Katz, A., & Broberg, S. (1990). Tricarboxylic acid cycle intermediates in human muscle during prolonged exercise. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 259(5), 834–841.
- Saka, T., Akova, B., Yazici, Z., Sekir, U., Gür, H., & Ozarda, Y. (2009). Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(1), 107-15.
- Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports*, 5(3), 137–146.
- Sánchez-Meca, J., Marín-Martínez, F., & López-López, J. A. (2011). Meta-análisis e intervención psicosocial basada en la evidencia. *Psychosocial Intervention*, 20(1), 95–107.
- Sandrini, G., Serrao, M., Rossi, P., Romaniello, A., Cruccu, G., & Willer, J. C. (2005). The lower limb flexion reflex in humans. *Progress in Neurobiology*, 77(6), 353–395.
- Sangeorzan, B. J., Harrington, R. M., Wyss, C. R., Czerniecki, J. M., & Matsen, F. A. (1989). Circulatory and mechanical response of skin to loading. *Journal of Orthopaedic Research*, 7(3), 425–431.
- Santiago, A., Granados, C., Quintela, K., & Yanci, J. (2015). Diferencias entre jugadores de fútbol de distintas edades en la capacidad de aceleración, cambio de dirección y salto. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 10(29), 135-143.
- Santos Cerqueira, M., Santos Borges, L., dos Santos Rocha, J. A., Brito Andrade, H., Silva Pirôpo, U., Lupato Conrado, L. A., & Pereira, R. (2015). El uso de manga de compresión durante 12 horas no es suficiente para mejorar la recuperación muscular del brazo tras el daño inducido por el ejercicio. *Apunts Medicina de l'Esport*, 50(185), 23–28.
- Sargeant, A. J. (1987). Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 693–698.
- Sargent, D. A. (1921). The physical test of a man. *American Physical Education Review*, 26(4), 188–194.

- Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281–291.
- Saxton, J. M., & Donnelly, A. E. (1996). Length-specific impairment of skeletal muscle contractile function after eccentric muscle actions in man. *Clinical Science*, 90(2), 119–125.
- Sayers, S. P., & Hubal, M. J. (2008). Histological, chemical, and functional manifestations of muscle damage. En P. Tiidus (Ed.), *Skeletal muscle damage and repair*, (pp. 37-48). Champaign: Human Kinetics.
- Schelling, X., Calleja-González, J., & Terrados, N. (2011). Hormonas y baloncesto. *Archivos de Medicina del Deporte*, (145), 374-382
- Schelling, X., Calleja-González, J., Torres-Ronda, L., & Terrados, N. (2015). Using testosterone and cortisol as biomarker for training individualization in elite basketball: a 4-year follow-up study. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(2), 368–378.
- Schimpchen, J., Skorski, S., Nopp, S., & Meyer, T. (2016). Are “classical” tests of repeated-sprint ability in football externally valid? A new approach to determine in-game sprinting behaviour in elite football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 519–526.
- Schmidt, F. L., Oh, I.-S., & Hayes, T. L. (2009). Fixed-versus random-effects models in meta-analysis: Model properties and an empirical comparison of differences in results. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 62(1), 97–128.
- Schuth, G., Carr, G., Barnes, C., Carling, C., & Bradley, P. (2016). Positional interchanges influence the physical and technical match performance variables of elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 501–508.
- Schwane, J. A., Watrous, B. G., Johnson, Sr., & Armstrong, R. B. (1983). Is lactic acid related to delayed-onset muscle soreness. *The Physician and sportsmedicine*, 11(3), 124–131.
- Schwane, J. A., Johnson, S. R., Vandenakker, C. B., & Armstrong, R. B. (1982). Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 51–56.
- Schönfelder, M., Hinterseher, G., Peter, P., & Spitzenpfeil, P. (2011). Scientific comparison of different online heart rate monitoring systems. *International Journal of Telemedicine and Applications*, 2011, 631848.
- Seliger, V. (1968). Heart rate as an index of physical load in exercise. *Scripta Medica*, 41(23), 1–240.
- Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 10(2), 230a–231.
- Semark, A., Noakes, T. D., Gibson, A. S. C., & Lambert, M. I. (1999). The effect of a prophylactic dose of flurbiprofen on muscle soreness and sprinting performance in trained subjects. *Journal of Sports Sciences*, 17(3), 197–203.
- Semenick, D. (1990). Tests and measurements: The T-test. *Strength & Conditioning Journal*, 12(1), 36–37.
- Semenick, D. M. (1994). Testing protocols and procedures. En T. R. Baechle (Ed.), *Essentials of strength training and conditioning* (pp. 258–273). Champaign: Human Kinetics
- Sewright, K. A., Hubal, M. J., Kearns, A., Holbrook, M. T., & Clarkson, P. M. (2008). Sex differences in response to maximal eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 242–251.
- Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2(4), 267–278.
- Shephard, R. J. (1997). *Physical activity, training and the immune response*. Carmel: Cooper.

- Shephard, R. J. (1999). Biology and medicine of soccer: an update. *Journal of Sports Sciences*, 17(10), 757–786.
- Sheriff, D. (2005). Point: The muscle pump raises muscle blood flow during locomotion. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 371–375.
- Shirreffs, S. M. (2000). Markers of hydration status. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(1), 80.
- Shirreffs, S. M., Armstrong, L. E., & Chevront, S. N. (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 57–63.
- Siegler, J., Gaskill, S., & Ruby, B. (2003). Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 379–387.
- Sigel, B., Edelstein, A. L., Savitch, L., Hasty, J. H., & Felix, W. R. (1975). Type of compression for reducing venous stasis: a study of lower extremities during inactive recumbency. *Archives of Surgery*, 110(2), 171–175.
- Silva, A. S. R., Santhiago, V., Papoti, M., & Gobatto, C. A. (2008). Psychological, biochemical and physiological responses of Brazilian soccer players during a training program. *Science & Sports*, 23(2), 66–72.
- Silva, J. R., Ascensão, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A., & Magalhães, J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European Journal of Applied Physiology*, 113(9), 2193–2201.
- Silva, J. R., Rebelo, A., Marques, F., Pereira, L., Seabra, A., Ascensão, A., & Magalhães, J. (2014). Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(4), 432–438.
- Singh, T. K. R., Guelfi, K. J., Landers, G., Dawson, B., & Bishop, D. (2011). A comparison of muscle damage, soreness and performance following a simulated contact and non-contact team sport activity circuit. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(5), 441–446.
- Siqueira, L. de O., Muccini, T., Dall Agnol, I., Filla, L., Tibbola, P., Luvison, A., Costa, L., et al. (2009). Serum chemistry test and urinalysis parameter analysis in half marathon athletes. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 53(7), 844–852.
- Sjökvist, J., Laurent, M. C., Richardson, M., Curtner-Smith, M., Holmberg, H.C., & Bishop, P. A. (2011). Recovery from high-intensity training sessions in female soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1726–1735.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 120–125.
- Smaros, G. (1980). Energy usage during a football match. En L. Vecchiet (Ed.), *1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football* (pp. 795–801). Guanello, Rome: L.Vecchiet.
- Smith, L. L., McCammon, M., Smith, S., Chamness, M., Israel, R. G., & O'brien, K. F. (1989). White blood cell response to uphill walking and downhill jogging at similar metabolic loads. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(8), 833–837.
- Smith, L. L. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5), 542–551.
- Smith, L. L., Keating, M. N., Holbert, D., Spratt, D. J., McCammon, M. R., Smith, S. S., & Israel, R. G. (1994). The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count: a preliminary report. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(2), 93–99.
- Smith, L. L., & Miles, M. P. (2000). Exercise Induce Muscle Injury and Inflammation. En W. Garrett & D. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 401–412). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(2), 267–276.
- Smith, M. R., Zeuwts, L., Lenoir, M., Hens, N., De Jong, L. M., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1297–304.
- Snyder, A. C., Jeukendrup, A. E., Hesselink, M. K., Kuipers, H., & Foster, C. (1993). A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *International Journal of Sports Medicine*, 14(1), 29–32.
- Snyder, P., & Lawson, S. (1993). Evaluating results using corrected and uncorrected effect size estimates. *The Journal of Experimental Education*, 61(4), 334–349.
- Södergard, R., Bäckström, T., Shanbhag, V., & Carstensen, H. (1982). Calculation of free and bound fractions of testosterone and estradiol-17 β to human plasma proteins at body temperature. *Journal of steroid biochemistry*, 16(6), 801–810.
- Sorichter, S., Mair, J., Koller, A., Calzolari, C., Huonker, M., Pau, B., & Puschendorf, B. (2001). Release of muscle proteins after downhill running in male and female subjects. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(1), 28–32.
- Sorichter, S., Puschendorf, B., & Mair, J. (1998). Skeletal muscle injury induced by eccentric muscle action: muscle proteins as markers of muscle fiber injury. *Exercise Immunology Review*, 5, 5–21.
- Sorichter, S., Mair, J., Koller, A., Gebert, W., Rama, D., Calzolari, C., Artner-Dworzak, E., et al. (1997). Skeletal troponin I as a marker of exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 83(4), 1076–1082.
- Sorrentino, S. A., Kielstein, J. T., Lukasz, A., Sorrentino, J.-N., Gohrbandt, B., Haller, H., & Schmidt, B. M. (2011). High permeability dialysis membrane allows effective removal of myoglobin in acute kidney injury resulting from rhabdomyolysis. *Critical Care Medicine*, 39(1), 184–186.
- Souglis, A. G., Papapanagiotou, A., Bogdanis, G. C., Travlos, A. K., Apostolidis, N. G., & Geladas, N. D. (2015). Comparison of inflammatory responses to a soccer match between elite male and female players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1227–1233.
- Sparks, M., Coetsee, B., & Gabbett, T. J. (2016). Variations in high-intensity running and fatigue during semi-professional soccer matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 122–132.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025–1044.
- Sperlich, B., Born, D. P., Kaskinoro, K., Kalliokoski, K. K., & Laaksonen, M. S. (2013). Squeezing the muscle: compression clothing and muscle metabolism during recovery from high intensity exercise. *PloS one*, 8(4), e60923.
- Sperlich, B., Born, D. P., Swarén, M., Kilian, Y., Geesmann, B., Kohl-Bareis, M., & Holmberg, H. C. (2013). Is leg compression beneficial for alpine skiers? *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 5(1), 18.
- Sporis, G., Ruzic, L., & Leko, G. (2008). The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 559–566.
- Sporis, G., Vucetic, V., Jovanovic, M., Jukic, I., & Omrcen, D. (2011). Reliability and factorial validity of flexibility tests for team sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(4), 1168–1176.
- Starkey, C. (2013). *Therapeutic modalities*. Philadelphia: FA Davis.
- Stauber, W., Clarkson, P. M., Fritz, V. K., & Evans, W. J. (1990). Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. *Journal of Applied Physiology*, 69(3), 868–74.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & de Ridder, H. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. ISAK: International Society for the Advancement of Kinanthropometry. New Zealand: Lower Hutt.

- Stoudemire, N. M., Wideman, L., Pass, K. A., McGinnes, C. L., Gaesser, G. A., & Weltman, A. (1996). The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(4), 490–495.
- Stroyer, J., Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(1), 168–174.
- Stupka, N., Tarnopolsky, M. A., Yardley, N. J., & Phillips, S. M. (2001). Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 91(4), 1669–1678.
- Styf, J. R. (1995). Intramuscular pressure measurements during exercise. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 3(4), 243–249.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.
- Suay, F. (2003). *El síndrome de sobreentrenamiento desde la psicología del deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size - or why the p value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282.
- Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 601–618.
- Takala, T. E., Vuori, J. J., Rahkila, P. J., Hakala, E. O., Karpakka, J. A., Alen, M. J., Orava, Y. S., et al. (1989). Carbonic anhydrase III and collagen markers in serum following cross-country skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5), 593–597.
- Talag, T. S. (1973). Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric, and static contractions. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 44(4), 458–469.
- Tanner, R., & Gore, C. (2013). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Tanskanen, M. M., Kyröläinen, H., Uusitalo, A. L., Huovinen, J., Nissilä, J., Kinnunen, H., Atalay, M., et al. (2011). Serum sex hormone-binding globulin and cortisol concentrations are associated with overreaching during strenuous military training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 787–797.
- Taylor, J. L., Allen, G. M., Butler, J. E., & Gandevia, S. C. (2000). Supraspinal fatigue during intermittent maximal voluntary contractions of the human elbow flexors. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 305–313.
- Taylor, K., Chapman, D. W., Cronin, J. B., Newton, M. J., & Gill, N. (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 20(1), 12–23.
- Tee, J. C., Bosch, A. N., & Lambert, M. I. (2007). Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 37(10), 827–836.
- Terrados, N., & Calleja-González, J. (2008). Fisiología, entrenamiento y medicina del baloncesto. *Barcelona: Paidotribo*.
- Terrados, N., & Calleja González, J. (2010). Recuperación post-competición del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*, 138, 41–7.
- Terrados, N., Calleja-González, J., Jukic, I., & Ostojic, S. M. (2009). Physiological and medical strategies in post-competition competition recovery – Practical implications based on scientific evidence. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 3(1), 29–37.
- Terrados, N., Calleja-González, J., & Schelling, X. (2011). Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, (2), 84–88.
- Terrados, N., & Maughan, R. J. (1995). Exercise in the heat: strategies to minimize the adverse effects on performance. *Journal of Sports Sciences*, 13 Spec No, S55–62.

- Terrados, N., Mora Rodríguez, R., & Padilla, S. (2004). *La recuperación de la fatiga del deportista*. Madrid: Gymnos.
- Tessitore, A., Meeusen, R., Cortis, C., & Capranica, L. (2007). Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 745–750.
- Tessitore, A., Meeusen, R., Tiberi, M., Cortis, C., Pagano, R., & Capranica, L. (2005). Aerobic and anaerobic profiles, heart rate and match analysis in older soccer players. *Ergonomics*, 48(11-14), 1365–1377.
- Tessitore, A., Perroni, F., Cortis, C., Meeusen, R., Lupo, C., & Capranica, L. (2011). Coordination of soccer players during preseason training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3059–3069.
- Thomas, K., Dent, J., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue following Simulated Soccer Match-Play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. doi: 10.1249/MSS.0000000000001196.
- Thomas, S. (2003). The use of the Laplace equation in the calculation of sub-bandage pressure. *European Wound Management Association Journal*, 3(1), 21–3.
- Thompson, D., Nicholas, C. W., & Williams, C. (1999). Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Sciences*, 17(5), 387–395.
- Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *International Journal of Sports Medicine*, 30(4), 273–278.
- Thorpe, R., & Sunderland, C. (2012). Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2783–2790.
- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2015). Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 958–964.
- Thorsson, O., Hemdal, B., Lilja, B., & Westlin, N. (1987). The effect of external pressure on intramuscular blood flow at rest and after running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(5), 469–473.
- Thorstensson, A., Sjödin, B., Tesch, P., & Karlsson, J. (1977). Actomyosin ATPase, myokinase, CPK and LDH in human fast and slow twitch muscle fibres. *Acta Physiologica Scandinavica*, 99(2), 225–229.
- Tidball, J. G. (1995). Inflammatory cell response to acute muscle injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(7), 1022–1032.
- Tidball, J. G. (2005). Inflammatory processes in muscle injury and repair. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 288(2), R345–353.
- Tiidus, P. M., Enns, D. L. (2008). Point: estrogen and sex do influence PE indexes of muscle damage, inflammation and repair. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 1010–1012.
- Torres, R., Pinho, F., Duarte, J. A., & Cabri, J. M. (2013). Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 583–588.
- Torres, S., Montes de Oca, M., Loeb, E., Zabner-Ociel, P., Wallis, W., & Hernandez, N. (2009). Isoenzimas de lactatodeshidrogenasa en el músculo esquelético de pacientes con EPOC. *Archivos de Bronconeumología*, 45(2), 75-80.
- Trenell, M. I., Rooney, K. B., Carolyn, M., Campbell, S., & Thompson, H. (2006). Compression garments and recovery from eccentric exercise: a 31P-MRS Study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 106–114.
- Treseler, C., Bixby, W. R., & Nepocaty, S. (2016). The effect of compression stockings on physiological and psychological responses after 5-km performance in recreationally active females. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1985–1991.

- Trigo, P., Castejon, F., Riber, C., & Muñoz, A. (2010). Use of biochemical parameters to predict metabolic elimination in endurance rides. *Equine Veterinary Journal*, 42(s38), 142–146.
- Troynikov, O., Ashayeri, E., Burton, M., Subic, A., Alam, F., & Marteau, S. (2010). Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports. *Procedia Engineering*, 2(2), 2823–2829.
- Tumilty, D. (1993). Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine*, 16(2), 80–96.
- Tupling, A. R., Bombardier, E., Stewart, R. D., Vigna, C., & Aqui, A. E. (2009). Muscle fiber type-specific response of Hsp70 expression in human quadriceps following acute isometric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103(6), 2105–2111.
- Twist, C., & Eston, R. (2005). The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 94(5-6), 652–658.
- Twist, C., Gleeson, N., & Eston, R. (2008). The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. *Journal of Sports Sciences*, 26(10), 1073–1080.
- Twist, C., & Highton, J. (2013). Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), 467–474.
- Ueda, T., & Kurokawa, T. (1995). Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 16(6), 385–389.
- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., & Lopez-Grueso, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(2), 73–83.
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, 20(4), 251–276.
- Urhausen, A., & Kindermann, W. (2002). Diagnosis of overtraining. *Sports Medicine*, 32(2), 95–102.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., & Dawson, B. (2008a). Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 447–455.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., & Dawson, B. (2008b). Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 29(7), 539–544.
- Vaile, J., Halson, S., & Graham, S. (2010). Recovery review: science vs. practice. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 2(Suppl2), 5-21.
- Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Martins, R. A., Figueiredo, A. J., Cyrino, E. S., Sherar, L. B., Vaeyens, R., et al. (2012a). Modelling developmental changes in repeated-sprint ability by chronological and skeletal ages in young soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 33(10), 773-80.
- Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Severino, V., Duarte, J., Martins, R. S., Figueiredo, A. J., Seabra, A. T., et al. (2012b). Longitudinal study of repeated sprint performance in youth soccer players of contrasting skeletal maturity status. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 371-9.
- Valle, X., Til, L., Drobnic, F., Turmo, A., Montoro, J. B., Valero, O., & Artells, R. (2013). Compression garments to prevent delayed onset muscle soreness in soccer players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 3(4), 295–302.
- Van den Kerckhove, E., Stappaerts, K., Fieuws, S., Laperre, J., Massage, P., Flour, M., & Boeckx, W. (2005). The assessment of erythema and thickness on burn related scars during pressure garment therapy as a preventive measure for hypertrophic scarring. *Burns*, 31(6), 696–702.
- van der Does, H., Brink, M., Visscher, C., Huijgen, B., Frencken, W., & Lemmink, K. (2015). The effect of stress and recovery on field-test performance in floorball. *International Journal of Sports Medicine*, 36(06), 460–465.

- Van Geest, A. J., Franken, C. P. M., & Neumann, H. A. M. (2003). Medical elastic compression stockings in the treatment of venous insufficiency. En P. Elsner, K. Hatch, & W. Wigger-Alberti, (Eds.), *Current Problems in Dermatology* (pp. 98–107). Basel: Karger.
- Van Gool, D., Van Gerven, D., & Boutmans, J. (1983). Heart rate telemetry during a soccer game: a new methodology. *Journal of Sports Sciences, 1*, 154-7.
- Van Gool, D., Van Gerven, D., & Boutmans, J. (1988). The physiological load imposed on soccer players during real match-play. En T Reilly, A. Lees, K. Davids, & W. Murphy (Eds.), *Science and football* (pp. 51–59). London: E and EN Spon.
- Vanderthommen, M., Makrof, S., & Demoulin, C. (2010). Comparison of active and electrostimulated recovery strategies after fatiguing exercise. *Journal of Sports Science & Medicine, 9*(2), 164-9.
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International Journal of Sports Medicine, 34*(1), 34–39.
- Vercruyssen, F., Easthope, C., Bernard, T., Hausswirth, C., Bieuzen, F., Gruet, M., & Brisswalter, J. (2014). The influence of wearing compression stockings on performance indicators and physiological responses following a prolonged trail running exercise. *European Journal of Sport Science, 14*(2), 144–150.
- Verma, S., Moiz, J. A., Shareef, M. Y., & Husain, M. E. (2016). Physical performance and markers of muscle damage following sports specific sprints in male collegiate soccer players: repeated bout effect. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 56*(6), 765-74.
- Vetter, R. E. (2007). Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 21*(3), 819–823.
- Vincent, B., Windelinckx, A., Nielens, H., Ramaekers, M., Van Leemputte, M., Hespel, P., & Thomis, M. A. (2010). Protective role of α -actinin-3 in the response to an acute eccentric exercise bout. *Journal of Applied Physiology, 109*(2), 564–573.
- Viru, A. A., & Viru, M. (2001). *Biochemical monitoring of sport training*. Champaign: Human Kinetics.
- Viru, A., & Viru, M. (2003). *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Volfinger, L., Lassourd, V., Michaux, J. M., Braun, J. P., & Toutain, P. L. (1994). Kinetic evaluation of muscle damage during exercise by calculation of amount of creatine kinase released. *American Journal of Physiology, 266*, 434–434.
- Voyce, J., Dafniotis, P., & Towson, S. (2005). Elastic textiles. En R. Shishoo (Ed.), *Textiles in sport* (pp. 204–30). Cambridge: Woodhead Publishing
- Wahl, P., Zinner, C., Achtzehn, S., Bloch, W., & Mester, J. (2010). Effect of high-and low-intensity exercise and metabolic acidosis on levels of GH, IGF-I, IGFBP-3 and cortisol. *Growth Hormone & IGF Research, 20*(5), 380–385.
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*(2), 223–228.
- Wallace, L., Coutts, A., Bell, J., Simpson, N., & Slattery, K. (2008). Using session-RPE to monitor training load in swimmers. *Strength & Conditioning Journal, 30*(6), 72–76.
- Wallace, L., Slattery, K., & Coutts, A. (2006). Compression garments: do they influence athletic performance and recovery. *Sports Coach, 28*(4), 38–39.
- Walzer, E. (2004). Fiber, yarn firms focus on function, freshness. *Apparel, 45*(5), 23–23.
- Warhol, M. J., Siegel, A. J., Evans, W. J., & Silverman, L. M. (1985). Skeletal muscle injury and repair in marathon runners after competition. *The American Journal of Pathology, 118*(2), 331-9.

- Warren, G. L., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine*, 27(1), 43–59.
- Weerakkody, N. S., Whitehead, N. P., Canny, B. J., Gregory, J. E., & Proske, U. (2001). Large-fiber mechanoreceptors contribute to muscle soreness after eccentric exercise. *The Journal of Pain*, 2(4), 209–219.
- Weltan, S. M., Bosch, A. N., Dennis, S. C., & Noakes, T. D. (1998). Influence of muscle glycogen content on metabolic regulation. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 274(1), 72–82.
- Wertheim, D., Melhuish, J., Williams, R., & Harding, K. (1999). Measurement of forces associated with compression therapy. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 37(1), 31–34.
- West, D. J., Finn, C. V., Cunningham, D. J., Shearer, D. A., Jones, M. R., Harrington, B. J., Crewther, B. T., et al. (2014). Neuromuscular function, hormonal, and mood responses to a professional rugby union match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 194–200.
- Westerblad, H., Allen, D. G., & Lännergren, J. (2002). Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News in Physiological Sciences*, 17, 17–21.
- Westing, S. H., Cresswell, A. G., & Thorstensson, A. (1991). Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(2), 104–108.
- Widrick, J. J., Costill, D. L., McConell, G. K., Anderson, D. E., Pearson, D. R., & Zachwieja, J. J. (1992). Time course of glycogen accumulation after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1999–2004.
- Wienert, V. (2003). Compression treatment after burns. En P. Elsner, K. Hatch, & W. Wigger-Alberti, (Eds.), *Current Problems in Dermatology: Textiles and the Skin*. Basel: Karger.
- Wiewelhoe, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2015). Markers for Routine Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Team Sport Athletes during High-Intensity Interval Training. *PloS one*, 10(10), e0139801.
- Wilcock, I. (2005). *The effect of water immersion, active recovery and passive recovery on repeated bouts of explosive exercise and blood plasma fraction*. Tesis doctoral. Auckland University of Technology, Auckland, Nueva Zelanda.
- Wilcock, I. M., Cronin, J. B., & Hing, W. A. (2006). Physiological Response to Water Immersion. *Sports Medicine*, 36(9), 747–765.
- Willer, J. C. (1977). Comparative study of perceived pain and nociceptive flexion reflex in man. *Pain*, 3(1), 69–80.
- Williams, A. M. (2000). Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 737–750.
- Williams, J. R., Armstrong, N., & Kirby, B. J. (1992). The influence of the site of sampling and assay medium upon the measurement and interpretation of blood lactate responses to exercise. *Journal of Sports Sciences*, 10(2), 95–107.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288.
- Withers, R. T., Maricic, Z., Wasilewski, S., & Kelly, L. (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 159–176.
- Wolfe, R. R., Wolfe, M. H., Nadel, E. R., & Shaw, J. H. (1984). Isotopic determination of amino acid-urea interactions in exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 56(1), 221–229.

- Wong, D. P., Chan, G. S., & Smith, A. W. (2012). Repeated-sprint and change-of-direction abilities in physically active individuals and soccer players: training and testing implications. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2324–2330.
- Wood, J. E. (1959). A hydrostatic pressure stocking for the treatment of ulcers due to chronic venous insufficiency. *Circulation*, 20(6), 1043–1048.
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36–41.
- Wragg, C. B., Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology*, 83(1), 77–83.
- Yanci, J., Martínez-Santos, R., & Los Arcos, A. (2014). Respiratory and muscular perceived efforts after official games in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 11–45.
- Yanci, J., Reina, R., Los Arcos, A., & Cámara, J. (2013). Effects of different contextual interference training programs on straight sprinting and agility performance of primary school students. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(3), 601-7.
- Yasuda, T., Sakamoto, K., Nosaka, K., Wada, M., & Katsuta, S. (1997). Loss of sarcoplasmic reticulum membrane integrity after eccentric contractions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 161(4), 581–582.
- Young, W. B., Hepner, J., & Robbins, D. W. (2012). Movement demands in Australian rules football as indicators of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 492–496.
- Zainuddin, Z., Hope, P., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2005). Effects of partial immobilization after eccentric exercise on recovery from muscle damage. *Journal of Athletic Training*, 40(3), 197-202.
- Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2005). Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *Journal of Athletic Training*, 40(3), 174.
- Zehnder, M., Rico-Sanz, J., Kühne, G., & Boutellier, U. (2001). Resynthesis of muscle glycogen after soccer specific performance examined by ¹³C-magnetic resonance spectroscopy in elite players. *European Journal of Applied Physiology*, 84(5), 443–447.
- Zhelyazkov, T. (2001). *Bases del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Zubillaga, A., Gorospe, G., Hernández-Mendo, A., & Blanco-Villaseñor, A. (2008). Comparative analysis of the high-intensity activity of soccer players in top-level competition. En T. Reilly & F. Korkusuz (Eds.), *Science and football VI* (p. 182). London: Routledge.
- Zubillaga, A., Gorospe, G., Mendo, A. H., & Villaseñor, A. B. (2007). Match analysis of 2005-06 champions league final with Amisco system. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(10), 20.

11. Anexos



**GIZAKIEKIN ETA HAUEN LAGIN ETA DATUEKIN
EGINDAKO IKERKETETARAKO UPV/EHUKO ETIKA
BATZORDEAREN TXOSTENA**

M^a Jesús Marcos Muñoz andreak, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) GIEBeko idazkari gisa,

HAU ZIURTATZEN DU:

Gizakiekin egindako Ikerketarako Etika Batzorde honek (GIEB) 2014ko otsailaren 17ko EHAAn ezarritako baldintzak betetzen ditu, eta ikertzaile honen proposamena aztertu du: **Diego Marqués Jiménez, CEISH/357/2015/MARQUÉS JIMÉNEZ** Ikerketa proiektu hau egiteko: "Efectividad de las prendas de compresión como modalidad de recuperación de la fatiga muscular en jugadores de fútbol".

Kontuan hartu dira honako alderdi hauek:

- Ikerketa behar bezala justifikatuta dago helburu eta xedeei dagokienez; osasunari eta jakintzari onura ekarriko diete, eta, beraz, subjektuentzat aurreikus daitezkeen arrisku eta eragozpenak justifikatuta daude espero diren emaitzak lortzeko.
- Ikerketak hipotesi argi bat proposatzen du, onartutako printzipio eta metodo zientifikoetan oinarritua, datu fidagarri eta baliagarriak ekarriko dituzten teknika estatistiko egokiak barne hartuta.
- Ikertzaile taldearen gaitasuna eta erabilgarri dituzten baliabideak proposak dira proiektua gauzatzeko.
- Subjektuak biltzeko aurreikusitako plana egokia da.
- Informatzeko eta baimena lortzeko prozedurak baldintza etikoak betetzen ditu, eta barne hartzen ditu informazio orri eta balmen informatu ereduak.
- Datu pertsonalak babesten dira, eta Datu Babeserako Euskal Agentzian (AVPD) alta egin zaio ikerketa fitzategiari.
- Ikerketa egiteko beharrezkoak diren indarreko akordio, hitzarmen eta arauak jaso dira.

GIEBak, osareri zein Lan Prozedura Arautuari dagokienez, UPV/EHUren 2014ko otsailaren 17ko Erabakia eta Jardunbide Egokien Arauak betetzen ditu.

GIEBak, 2015ko uztailaren 9an bileran, **ALDERKO TXOSTENA** egin zuen (67/2015 aktan jasoa), ondorengo ikertzaile hauek ikerketa proiektu hori egin dezaten:

- Diego Marqués Jiménez
- Julio María Calleja González
- Nicolás Terrados Cepeda
- Iñaki Arratibel Imaz

Hau sinatzen dut, Leioan, 2015ko abuztuaren 14an

**INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS
INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS, SUS
MUESTRAS Y SUS DATOS (CEISH) DE LA UPV/EHU**

M^a Jesús Marcos Muñoz como Secretaria del CEISH de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

CERTIFICA

Que este Comité de Ética para la Investigación con Seres Humanos (CEISH), que reúne los requisitos establecidos en el BOPV de 17 de febrero de 2014, ha evaluado la propuesta del investigador: **D. Diego Marqués Jiménez, CEISH/357/2015/MARQUÉS JIMÉNEZ**, para la realización del proyecto de investigación: "Efectividad de las prendas de compresión como modalidad de recuperación de la fatiga muscular en jugadores de fútbol".

Considerando que,

- La investigación presenta una justificación adecuada en cuanto a sus objetivos y fines, que proporcionarán un beneficio para la salud y el conocimiento; y por tanto, los riesgos y molestias previsibles para los sujetos están justificados para los resultados esperables.
- La investigación propone una hipótesis clara, basada en principios y métodos científicos aceptados, incluyendo técnicas estadísticas adecuadas, que producirán datos fiables y válidos.
- La capacidad del equipo investigador y los recursos disponibles son los adecuados para realizar el proyecto.
- El plan de reclutamiento de los sujetos previsto es el adecuado.
- El procedimiento de información y obtención del consentimiento cumple con los requisitos éticos, incluyendo los modelos de hoja de información y consentimiento informado.
- Se protegen los datos personales, y se ha dado de alta el fichero de investigación en la AVPD (Agencia Vasca de Protección de Datos).
- Se recogen los acuerdos, convenios y requisitos normativos vigentes necesarios para llevar a cabo la investigación.

El CEISH, tanto en su composición, como en su Procedimiento Normalizado de Trabajo, cumple con el Acuerdo de la UPV/EHU de 17 de febrero de 2014 y con las Normas de Buenas Prácticas.

Ha emitido **INFORME FAVORABLE** en la sesión del CEISH celebrada el 9 de julio de 2015 (recogido en su acta 67/2015), a que dicho proyecto de investigación sea realizado, por los siguientes investigadores:

- Diego Marqués Jiménez
- Julio María Calleja González
- Nicolás Terrados Cepeda
- Iñaki Arratibel Imaz

Lo que firmo en Leioa, a 14 de agosto de 2015

M^a Jesús Marcos Muñoz
GIEBko idazkaria/Secretaria del CEISH

