

TRABAJO FIN DE GRADO

**“ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE
ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN
SISTEMÁTICA”**



Autor: LEGARRETA ZAMALLOA MIKEL

Director: IDARRETA GALARRAGA JULEN

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

2016-2017

1ª CONVOCATORIA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	0
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
<i>Objetivos generales</i>	4
<i>Objetivos específicos</i>	4
METODOLOGÍA.....	5
<i>Búsqueda</i>	5
<i>Elección de artículos</i>	7
<i>Desarrollo de la revisión sistemática</i>	8
CARGA DE ENTRENAMIENTO EN EL FÚTBOL.....	10
VARIABLES DE CARGA INTERNA Y EXTERNA	11
<i>Carga interna</i>	11
Frecuencia cardiaca (FC).....	11
Métodos subjetivos de la cuantificación de carga (RPE)	14
Ratio de Carga Aguda:Crónica (ACWR).....	16
<i>Carga externa</i>	17
Sistemas de posicionamiento global (GPS).....	17
Características del fútbol a tener en cuenta a la hora de realizar el análisis de la carga externa.....	18
Acciones de alta intensidad, Esprints.....	18
Aceleraciones y Deceleraciones en el fútbol.....	19
Body load (BL).....	19
LESIÓN.....	20
RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO INTERNAS Y EXTERNAS CON LA LESIONABILIDAD.....	23
<i>Relación de las variables de carga de entrenamiento internas y lesionabilidad</i>	24
<i>Relación de las variables de carga de entrenamiento externas y lesionabilidad</i>	29
<i>Tiempo de recuperación entre partidos y lesionabilidad</i>	31
CONCLUSIONES.....	33
FUTURAS PROPUESTAS	34
BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACWR	Ratio carga aguda:crónica
AU	Unidad arbitraria
CE	Carga de entrenamiento
CLS	Concentración de lactato en sangre
CK	Creatina quinasa
FC	Frecuencia cardiaca
GPS	Sistema de posicionamiento global
HR_{máx.}	Frecuencia cardiaca máxima
La	Lactato
RPE	Percepción subjetiva del esfuerzo
RPE_{mus}	Percepción subjetiva del esfuerzo muscular
RPE_{res}	Percepción subjetiva del esfuerzo respiratorio
sRPE	Percepción subjetiva del esfuerzo por sesión
T-HI	Tiempo transcurrido en alta intensidad
T-VHI	Tiempo transcurrido en muy alta intensidad
TRIMP	Training impulse
VFC	Variabilidad frecuencia cardiaca
VO₂	Consumo de oxígeno
VO₂ máx.	Consumo máximo de oxígeno

INTRODUCCIÓN

Fútbol, para unos, deporte; para otros, pasión; algunos lo odian; otros no pueden vivir sin él; para algunos, simple; para otros, complejo, capaz de crear amistades y enemistades... un deporte lleno de contradicciones.

El fútbol es un fenómeno de masas que cada vez está alcanzando una mayor difusión. Según los datos que proporciona la FIFA, en el año 2006 aproximadamente 265 millones de personas jugaban con regularidad a fútbol de manera profesional, semiprofesional o amateur, tanto hombres y mujeres, como jóvenes y niños. Sin olvidarnos de los agentes implicados fuera de los terrenos de juego: instituciones, agentes, organizadores, patrocinadores, espectadores, periodistas, socios, apuestas, etc. que hacen de este deporte un movimiento de masas (Castellano, Perea, y Hernández Mendo, 2008).

Por ello, el fútbol debe comprenderse en su totalidad, no solo en el simple juego, ya que las acciones o los resultados en el terreno de juego pueden influir directamente en otros ámbitos.

Para saber qué entrenar en el fútbol, saber las características más determinantes en el juego es un factor imprescindible. En los últimos años, junto a la evolución de la tecnología, han aumentado de manera ostensible las investigaciones de las demandas fisiológicas durante los encuentros y entrenamientos de fútbol con la intención de mejorar la preparación física, los resultados de los equipos y disminuir el número de lesiones.

A la hora de definir las demandas del fútbol, es necesario el análisis de las acciones y movimientos llevados a cabo por los jugadores (Reilly y Thomas, 1976). El fútbol, como la mayoría de los deportes de equipo, es un deporte con esfuerzos intermitentes, que expone a los jugadores de élite a continuas demandas físicas, tácticas, fisiológicas, técnicas y psicológicas (Owen, Forsyth, Wong, Dellal, Conelly, y Chamari, 2015). Además, se intercambian esfuerzos de alta intensidad con esfuerzos de intensidad baja y dependiendo de la posición en el terreno de juego, las demandas del juego y el rival, los resultados son diferentes (Bangsbo, Mohr, y Krustup, 2006).

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

Los objetivos generales del entrenamiento físico en el fútbol profesional son la capacidad de competir al nivel más alto posible durante la temporada sin sufrir lesiones. Por consiguiente, un plan adecuado de fortalecimiento progresivo con variaciones en frecuencia, duración, intensidad y tipo de actividades debe ser respetado (Mallo y Dellal, 2012). En los últimos estudios se ha demostrado que las combinaciones de estímulos en el entrenamiento y la recuperación adecuada mejoran la condición física del jugador. Asimismo, la cuantificación de la carga de entrenamiento es crucial para una prescripción y evaluación adecuada del entrenamiento que posteriormente conducirá a una mejora potencial del estado físico. Al contrario, si atribuimos estímulos o recuperaciones inadecuadas se puede incrementar el riesgo de lesión y mermar la condición física del jugador (Gabett, Hulin, Blanch, y Whiteley, 2016).

El rendimiento de un futbolista se refleja en el rendimiento del equipo, por ello la medición de la carga interna y externa de este o del conjunto puede determinar el rendimiento de la entidad (Ekstrand, Hägglund, y Waldén, 2011). Es decir, la preocupación de varios equipos de fútbol, ¿cómo entrenar para llegar al partido en el estado físico óptimo?, ¿cómo determinar la carga de los entrenamientos? Por esta razón, deben conocerse los diferentes tipos de carga interna y externa utilizados en los entrenamientos y partidos de fútbol.

La carga de entrenamiento (CE) se define como la dosis de entrenamiento llevada a cabo por el deportista durante una sesión de entrenamiento, es decir, el estrés fisiológico soportado por el cuerpo (Impellizeri, Rampinini, y Marcora, 2005). Asimismo, la CE se puede diferenciar entre carga externa y carga interna. La carga externa hace referencia al conjunto de actividades impuestas por el entrenador para provocar una serie de adaptaciones en el organismo, mientras que la carga interna se define como el estrés fisiológico y psicológico impuesto en el cuerpo del jugador (Jaspers, Brink, Probst, Frencken, y Helsen 2016). La carga externa o carga física se mide mediante las variables de cantidad y calidad de trabajo (volumen, volumen en alta intensidad, impactos, aceleraciones, número de kilómetros, número de esprints, número de impactos, etc.). En cambio, la carga interna o carga fisiológica observa la influencia de la carga externa en el organismo, es decir, tras el trabajo realizado, se

centra en los cambios en los niveles fisiológicos y bioquímicos (Akenhead y Nassis, 2016).

Dentro de los indicadores de carga, encontramos los de tipo biológico como son la frecuencia cardiaca (FC) (Mallo y Dellal, 2012), el consumo de oxígeno (VO_2) (Little y Williams, 2007), el consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx.) (Little et al., 2007), la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) (Buchheit, 2014) índice de la calidad del entrenamiento Banister's Training Impulse (TRIMP) y el lactato en sangre (La) (Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, e Impellizzeri, 2009); los de tipo perceptivo como son la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) (Impellizzeri, Rampinini, y Coutts 2004), (Banister, 1991) y la escala de Wellness (Buchheit, Racinais, Bilsbororugh, Bourdon, Voss, Hocking, y Coutts, 2013) y por último los de tipo biomecánico como el sistema de posicionamiento global (GPS) (Ehrmann, Craig, Duncan, Doungkamol, Franzen, y Greene, 2016).

A pesar de que hay multitud de variables para analizar, tanto la carga interna como la carga externa en el fútbol, la relación de la carga de entrenamiento con la lesionabilidad apenas ha sido estudiada. Por ello, dentro de las variables de carga interna nos centraremos en las variables que se han estudiado junto a la lesionabilidad; FC mediante métodos como Trimp y Edwards, VO_2 , RPE y el ratio de carga aguda:crónica (ACWR). Por otra parte, en cuanto a las variables de carga externa haremos hincapié en el GPS ya que es el método más utilizado en los últimos años y a la vez la variable más importante para el análisis de la lesionabilidad junto al RPE y ACWR.

En resumen, el objetivo de esta revisión sistemática es conocer los métodos más utilizados en la cuantificación de la carga de entrenamiento utilizados en el fútbol y su relación con la lesionabilidad. Para que de esta manera podamos conocer las herramientas más adecuadas con el fin de tener un control de la carga de entrenamiento durante la temporada futbolística que permita un rendimiento óptimo y evitar la aparición de lesiones por el uso de cargas inadecuadas.

JUSTIFICACIÓN

Las razones para llevar a cabo este trabajo son varias y están definidas como razones personales y razones sobre el tema.

- **Razones personales:** la razón principal de la elección de este tema ha sido mi pasión por el fútbol y mí día a día en torno a este deporte. De manera breve, en mi caso, y como el de muchos apasionados del fútbol, empecé a ejercer como entrenador y preparador físico en diferentes categorías y clubes. Por ello, comencé a hacerme diferentes preguntas, ¿por qué se lesionan tanto los jugadores? ¿cómo debemos entrenar? ¿cuál es la carga adecuada? Para poder contestar a este tipo de preguntas me pareció adecuado llevar a cabo esta revisión sistemática, puesto que me permitiría conocer más a fondo las variables de carga de entrenamiento y su relación con la lesionabilidad.
- **Razones sobre el tema:** el mundo del fútbol y sobre todo el mundo profesional, gira en torno al rendimiento. El rendimiento de cada jugador tiene influencia directa en el éxito del equipo, por lo tanto en temporadas largas la aportación de cada jugador es decisiva. Aquí entra la importancia de la carga de entrenamiento y el riesgo de lesión, ya que la lesión produce que un jugador o varios no puedan participar, perjudicando el rendimiento del grupo.

Mediante este trabajo se quiere obtener información acerca de la cuantificación de la carga de entrenamiento y la relación con la lesionabilidad para poder entrenar de una manera adecuada y reducir el riesgo de lesión.

OBJETIVOS

En este apartado explicaremos el objetivo de la revisión y para ello es necesario definir los objetivos generales y específicos. Para llevar a cabo la revisión, se ha hecho un análisis descriptivo con el fin de conocer el contexto del tema y colocarnos en él.

Objetivos generales

El objetivo principal de esta revisión es conocer las diferentes variables de carga de entrenamiento para poder analizar las variables más interesantes y poder relacionarlas con el riesgo de lesión.

En primer lugar, se han analizado las variables de carga externa e interna usadas para la medición de la carga en el fútbol y a continuación se han analizado los artículos que representan una relación entre las variables de carga de entrenamiento y el riesgo de lesión.

Para concretar el trabajo, a pesar de la escasa información e investigación acerca del tema, se han delimitado unos criterios inclusivos y exclusivos. Dentro de estos criterios se ha tenido en cuenta el idioma en el que han sido escritos los artículos y los artículos más recientes, sobre todo a partir del año 2012.

Objetivos específicos

Analizar las variables determinantes y su relación con la lesionabilidad en los entrenamientos y partidos de fútbol profesional, y conocer las variables más utilizadas y beneficiosas para el análisis de la carga de entrenamiento.

METODOLOGÍA

Búsqueda

La revisión sistemática se ha llevado a cabo mediante el modelo PRISMA y checklist (Moher, Liberati, Tetzlaff, y Altman, 2009). Para identificar los artículos, revisiones e investigaciones utilizadas en nuestra revisión hemos usado tres bases de datos electrónicas. Estas bases de datos han sido Pubmed, Scopus y Dialnet. La búsqueda se ha efectuado en dos idiomas: castellano e inglés. Por un lado, en las bases de datos Pubmed y Scopus hemos realizado la búsqueda en inglés utilizando los siguientes términos: (i) “Training load”; “Match load”; (ii) “Soccer”; “Football”; (iii) Injury; (iv) “Rpe”; “Gps”; “Heart rate”. Por otro lado, en la base de datos Dialnet hemos introducido términos en castellano: (i) “Carga de entrenamiento”; “Carga de partido”; (ii) “Fútbol”; (iii) “Lesión”; (iv) “Rpe”; “Gps”; “Frecuencia cardiaca”. A pesar de haber utilizado la base de datos Dialnet, una vez hecha la búsqueda no hemos encontrado ningún artículo que nos haya sido útil, por lo que la búsqueda en castellano ha quedado descartada centrándonos así en los artículos en inglés. Los términos indicados previamente se han relacionado utilizando conectores como “AND” y “OR”, reduciendo la búsqueda con factores limitantes como “Title”, “Abstract” y “Key words” y efectuando cuatro combinaciones entre los términos (i), (ii), (iii) y (iv) utilizando Pubmed y Scopus respectivamente. Además de los términos comentados, hemos utilizado otras variables en búsqueda de más artículos relacionados con el título de la revisión sin encontrar resultados satisfactorios: “Vo₂”, “Vo₂ máx.”, “Lactate” y “Heart rate variability”. A continuación, en la tabla 1, tabla 2 y tabla 3 tenemos reflejadas las combinaciones hechas en las bases de datos Scopus y Dialnet con sus respectivos resultados.

TABLA 1 *Resultado de las referencias consultadas en las bases de datos*

Bases de datos	Referencias	Porcentaje
Pubmed	67	26,70 %
Scopus	184	73,30 %
Total	251	100 %

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

TABLA 2 *Palabras clave utilizadas mediante Pubmed*

Pubmed		
Palabras clave	Referencias	Porcentaje
(Training load[Title/Abstract]) AND Injury[Title/Abstract] AND Soccer[Title/Abstract]	14	20.89 %
(Match load[Title/Abstract]) AND Injury[Title/Abstract] AND Soccer[Title/Abstract]	3	4.47 %
(Training load[Title/Abstract]) AND RPE[Title/Abstract] AND Soccer[Title/Abstract]	31	46.27 %
(Training load[Title/Abstract]) AND Soccer[Title/Abstract] AND GPS[Title/Abstract]	12	17.91 %
(Training load) AND Injury) AND Heart Rate) AND Soccer	7	10.45 %
Total	67	100 %

TABLA 3 *Palabras clave utilizadas mediante Scopus*

Scopus		
Palabras clave	Referencias	Porcentaje
(Training load[Title/Abstract]) AND Injury[Title/Abstract] AND Soccer[Title/Abstract]	61	33.16 %
(Match load[Title/Abstract]) AND Injury[Title/Abstract] AND Soccer[Title/Abstract]	27	14.67 %
(Training load[Title/Abstract]) AND RPE[Title/Abstract] AND Soccer[Title/Abstract]	57	30.98 %
(Training load[Title/Abstract]) AND Soccer[Title/Abstract] AND GPS[Title/Abstract]	32	17.39 %
(Training load) AND Injury) AND Heart Rate) AND Soccer	7	3.80 %
Total	184	100 %

Elección de artículos

El proceso seleccionado para la elección de artículos se encuentra en la figura 1. Después de completar la búsqueda en las bases de datos utilizadas, como indica el modelo PRISMA, hemos declinado todos los artículos duplicados. A continuación, una vez leídos los “abstracts” de los artículos seleccionados como interesantes para la revisión, se han declinado los artículos que no cumplen los criterios de exclusión establecidos: (a) estudios que no son de fútbol, (b) solamente prevención de lesiones o lesionabilidad, (c) Fútbol Australiano, Rugby, (d) solamente GPS, (e) solamente RPE, (f) solamente carga de entrenamiento, (g) árbitros. Después de haber leído los artículos más significativos, otros artículos han sido declinados con el mismo criterio utilizado anteriormente. Por último, cabe destacar que la mayoría de los artículos utilizados se basan en la búsqueda realizada, pero también se han utilizado otros artículos, dado la especificidad de la revisión y la dificultad de encontrar información acerca del tema.

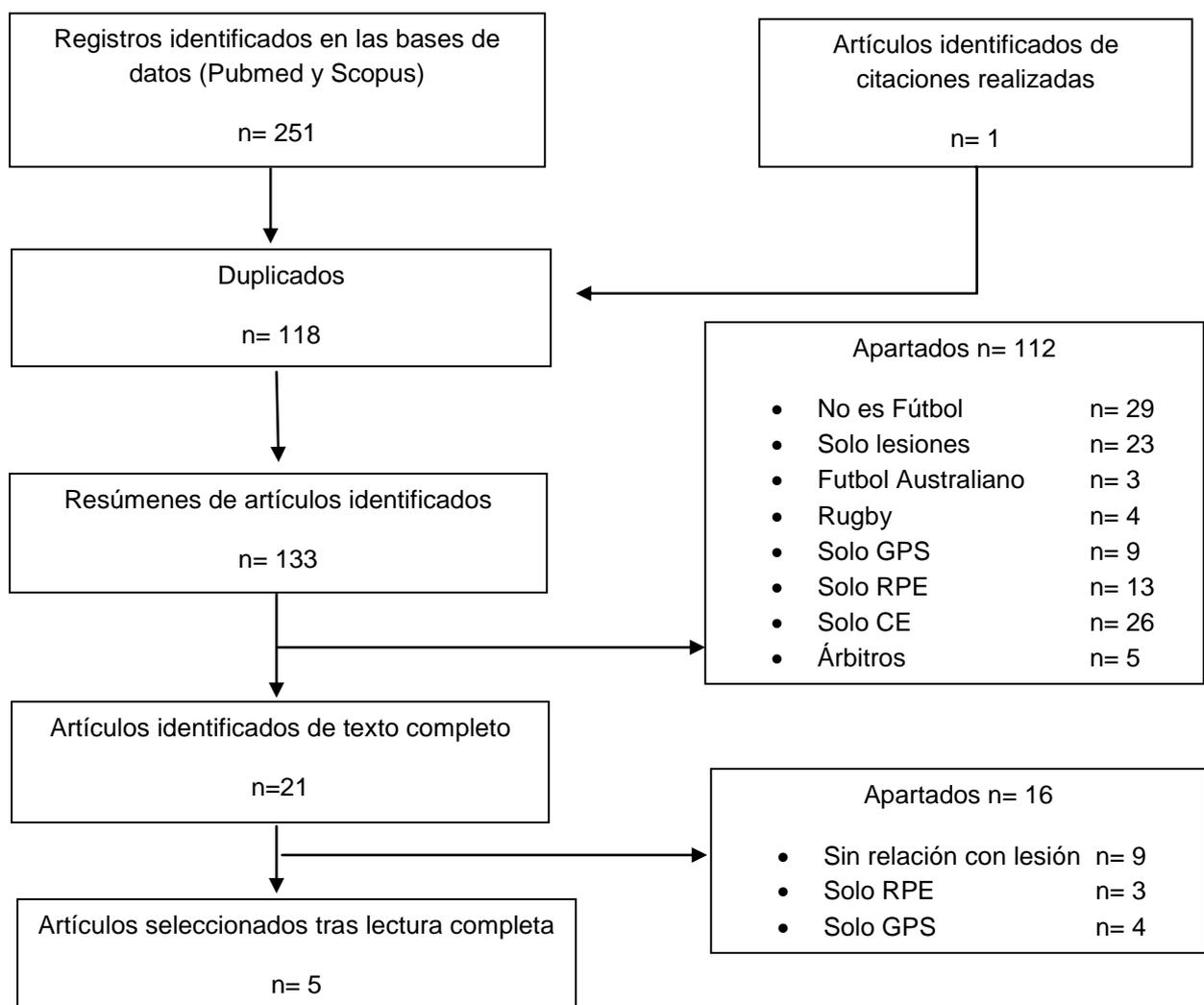


FIGURA 1 Revisión bibliográfica mediante método PRISMA

Desarrollo de la revisión sistemática

Tras el diseño del diagrama de flujo y la consiguiente selección de artículos se ha creado una tabla Excel para abordar el tema del trabajo, con un total de cinco artículos seleccionados entre los años 2012-2016 ordenados por fecha de publicación más a menos reciente.

Los apartados que componen las tablas son los siguientes: autores (año), tipo de población, categoría, variables de carga externa, variables de carga interna, duración y relación entre indicadores de carga interna y lesionabilidad.

Las muestras que aparecen en los diferentes artículos están distribuidos de la siguiente forma en función del número de futbolistas que participan en el estudio: 10-20 futbolistas (20 %), 20-30 futbolistas (20 %), 30-40 futbolistas (40 %) y 40-50 futbolistas (20 %).

La edad de los futbolistas que aparecen en los diferentes artículos se sitúa en un rango de 18-33 años, salvo uno de ellos que recoge datos a menores de edad (Bowen, Gross, Gimpel, y Li, 2016).

El 100 % de los artículos analizados incluyen una evaluación de los jugadores mediante test de campo o laboratorio, exceptuando los artículos encontrados fuera del Excel, que incluyen revisiones sistemáticas y test de valoración.

Los métodos de cuantificación de carga externa e interna que aparecen en los estudios están distribuidos en función del número donde se utiliza un método de control determinado: GPS (40 %), RPE (40 %), ACWR (40 %), FC (40 %).

En resumen, la mayoría de los artículos seleccionados para esta revisión han sido realizados con futbolistas jóvenes, de nivel profesional y siendo la RPE, FC y GPS los indicadores más utilizados en relación con la lesionabilidad.

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

TABLA 4 Artículos seleccionados en la revisión sistemática

Autores (Año)	Tipo de población	Categoría	Variables de carga externa	Variables de carga interna	Duración	Relación entre indicadores de carga y lesionabilidad
Bowen et al., 2016	32 jugadores 17,3±(0.9) años, 180.0±(7.3)cm, 74,1±(7.0) kg	Academia de equipos de primera división Inglesa	GPS (10hz)	Ratio carga aguda:crónica	2 Temporadas	El riesgo de lesión es mayor cuando un número alto de aceleraciones se acumulan durante 3 semanas. Las lesiones de contacto están relacionados con picos semanales de carga de entrenamiento.
Ehrmann et al., 2016	19 jugadores profesionales 18-33 años, 181.0(±4.8) cm, 77,3(±4.2) kg	Australian Hyundai A-League	GPS (SPI-Pro 5hz)	Srpe	1 Temporada 37 semanas	Identifica 2 variables de GPS como potenciales predictores de lesiones de no contacto: media de metros por minuto y media de new body load
Malone et al., 2016	48 jugadores, 25.3 (±3.1) años, 183 (±7) cm y 72(±7) kg	2 equipos importantes en primera división (Europa)	Tiempo total de exposición	Ratio carga aguda:crónica y Srpe	1 Temporada	Ratio de carga aguda:crónica de >1.00 a <1.25 durante la temporada, menor riesgo de lesión. Unidades arbitrarias semanales <1500 aumentan el riesgo de lesión.
Owen et al., 2015	23 jugadores profesionales, 26.8 (±4.6) años, 181.8 (±6.8) cm	Jugadores de élite	Tiempo total de exposición	FC: Tiempo en 85 a <90% FC _{max} (T-HI) Y a ≥ 90% Hr _{max} (T-VHI)	2 Temporadas	Correlación positiva entre RPE y s-IgA después del entrenamiento de LI sesión 1. Correlación significativa entre T-HI y lesionabilidad.
Mallo & Dellal 2012	35 jugadores profesionales, 21.4 (±2.4) años, 180.2 (±5.5) cm, 74.0 (±5.1) kg	Primera división Liga de Fútbol Española	Tiempo total de exposición	Frecuencia cardiaca	2 Temporadas	La incidencia de distensiones musculares esta significativamente relacionada con la frecuencia cardiaca durante el periodo de entrenamiento pero no con la frecuencia del entrenamiento o el volumen del mismo.

CARGA DE ENTRENAMIENTO EN EL FÚTBOL

De forma simplificada, entendemos el entrenamiento en el fútbol como un proceso en el que el deportista es sometido a estímulos conocidos y planificados (cargas) que provocan una fatiga controlada, tras los adecuados procesos de recuperación, que conllevan una mejora del rendimiento deportivo específico (Jaspers et al., 2016).

Pero debemos tener en cuenta que el concepto “más es mejor” no es el criterio adecuado a seguir para un entrenamiento eficaz. Si la carga de entrenamiento supera el rendimiento individual y agota las reservas de adaptación del organismo, el resultado será negativo. Y al revés, si la carga no tiene suficiente entidad, tampoco producirá la reacción de adaptación buscada y por lo tanto no habrá progreso (Jaspers et al., 2016). Es así como Bosco (2000) sugiere una clasificación de tipos de carga, señalando la función de cada uno y los efectos que producen en el organismo.



FIGURA 2 Tipos de carga en función de sus efectos (Bosco, 2000)

Actualmente, existen diferentes métodos de cuantificación de carga en fútbol que son utilizados por el cuerpo técnico de los clubes para llevar a cabo un control del entrenamiento y partidos, con el fin de recibir información sobre la carga prescrita por el entrenador (carga externa) y la respuesta fisiológica de los jugadores a esa carga (carga interna) (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, y Lemmink, 2010).

Los expertos en el ámbito indican que debemos combinar la carga de entrenamiento con una adecuada recuperación con el objetivo de mejorar el rendimiento individual y colectivo y evitar la aparición de lesiones, fatiga o malas adaptaciones (Malone, Owen, Newton, Mendes, Collins, y Gabbett, 2016).

Por ello, se van a comentar los diferentes métodos de carga interna y externa que son utilizados en el ámbito futbolístico, con el fin de conocer los indicadores de carga más útiles y que correlaciones presentan con la lesionabilidad.

VARIABLES DE CARGA INTERNA Y EXTERNA

Carga interna

Como bien hemos señalado anteriormente, podemos definir la carga interna como la respuesta fisiológica de los deportistas ante un estímulo físico (Impellizzeri et al., 2005). Mientras que la duración de un entrenamiento o competición es bastante sencilla de medir y analizar, la intensidad del ejercicio es más compleja de calcular, lo que otorga a la interpretación de estas variables una dificultad complementaria (Mallo y Dellal, 2012).

En los deportes colectivos como el fútbol, la intermitencia de los esfuerzos provoca complejidad para el control de los mismos. Los medios más utilizados en los deportes colectivos para valorar la carga interna desarrollada por los jugadores durante las pruebas físicas, entrenamientos y partidos son la frecuencia cardiaca (FC), el consumo de oxígeno (Vo_2), la concentración de lactato en sangre (CLS) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE).

A pesar de que la bibliografía nos indica que estas cuatro herramientas son las más utilizadas para la medición de la carga interna en el fútbol solamente hemos encontrado relación con la lesionabilidad en la FC, RPE y ACWR por lo que nos centraremos en el análisis de estas tres variables.

Frecuencia cardiaca (FC)

La frecuencia cardiaca es uno de los métodos de control de carga del entrenamiento más utilizados en el fútbol profesional (Little et al., 2007; Coutts et al., 2009; Mallo y Dellal, 2012; Buchheit, 2014; Owen et al., 2016).

No obstante, existen algunas limitaciones en su uso como su escasa precisión al describir tareas de muy alta intensidad (Impellizzeri et al., 2004). La FC media de un partido de fútbol se encuentra en un 85 % de la FC máxima, pudiendo alcanzar valores que llegan hasta un 98 % de la misma (Bangsbo et al., 2006).

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

La FC de un jugador durante un encuentro rara vez desciende del 65 % de la máxima, lo que indica que la cantidad de sangre que llega a los músculos de las piernas es constantemente superior que en reposo, con un VO_2 siempre elevado (Bangsbo et al., 2006).

En la literatura científica se utiliza la FC como medio de control y cuantificación de la carga de entrenamiento en diferentes formas de procesamiento para medir los esfuerzos intermitentes en el fútbol como son el porcentaje de FC máxima, método Edwards y el impulso de entrenamiento (TRIMP) de Banister.

El porcentaje de FC máxima resulta útil para poder estimar la intensidad del entrenamiento en ejercicios de resistencia continuos por su correlación con el RPE y el porcentaje de VO_2 máximo. Sin embargo, presenta algunos inconvenientes como el hecho de subestimar la intensidad en situaciones anaeróbicas, como las acciones explosivas (Little et al., 2007).

El método Edwards permite cuantificar la carga de entrenamiento a través de la suma de zonas de frecuencia cardiaca de entrenamiento, distribuyendo el esfuerzo en cinco zonas. La carga de entrenamiento de las sesiones se analiza mediante el tiempo pasado en cada zona (min) y se multiplica por el valor impuesto a cada zona de intensidad (Impellizzeri et al., 2004).

Zona 1 = 50 – 60 % de la FC máxima, zona 2 = 60 – 70 % de FC máx., zona 3 = 70 – 80 % FC máx., zona 4 = 80 – 90 % FC máx., zona 5 = 90 – 100 % FC máx. (Edwards, 1993).

$$\text{Sumatorio de zonas de entrenamiento} = (\text{duración en zona 1} \times 1) + (\text{duración en zona 2} \times 2) + (\text{duración en zona 3} \times 3) + (\text{duración en zona 4} \times 4) + (\text{duración en zona 5} \times 5)$$

FIGURA 3 Zonas de entrenamiento (Edwards, 1993).

El principal inconveniente del método Edwards es que no existe información científica que valide las ponderaciones que representan cada una de las cinco zonas de entrenamiento, de tal forma que los coeficientes correspondientes a las zona de FC no tienen un fundamento fisiológico, ya que se asume una linealidad en la respuesta de la frecuencia cardiaca, cuando realmente en el fútbol no se da en

muchas ocasiones (Casamichana, Castellano, Calleja, San Román, y Castagna, 2013).

Por otro lado, el método Edwards presenta correlaciones importantes con métodos de carga como Srpe (Impellizzeri et al., 2004; Casamichana et al., 2013); Banister TRIMP (Campos, Méndez, González, León, Santalla, y Suárez, 2014) y variables de GPS como distancia total, *player load* y carrera a baja velocidad, de las que hablaremos más adelante (Casamichana et al., 2013).

El método Banister TRIMP (Banister, 1991) ha sido otro de los sistemas más utilizados. Este método tiene en cuenta la duración del ejercicio, la evolución de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio, la frecuencia cardiaca en reserva y la frecuencia cardiaca máxima para llevar a cabo el cálculo TRIMP. De este modo, utiliza la relación exponencial entre la subida fraccional de la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato en sangre para medir el ejercicio en la intensidad correspondiente.

$$\begin{aligned} \text{Hombre: } & \text{duración (min)} \times (\text{HRex} - \text{HRrest}) / (\text{HRmax} - \text{HRrest}) \times 0,64e^{1,92x} \\ \text{Mujer: } & \text{duración (min)} \times (\text{HRex} - \text{HRrest}) / (\text{HRmax} - \text{HRrest}) \times 0,86e^{1,67x} \end{aligned}$$

FIGURA 4 Medición método TRIMP (Banister, 1991)

Uno de los principales problemas del método de cuantificación TRIMP es que el uso de la frecuencia cardiaca media, no tiene en cuenta las fluctuaciones en la frecuencia cardiaca que se producen acciones intermitentes que tienen lugar en el fútbol y que sólo el género es el único factor que hace que existan diferencias en la carga de entrenamiento individual (Akubat, Patel, Barret, y Abt, 2012).

Para solucionar estos problemas se ha utilizado el método iTRIMP en el fútbol, que es un avance en el control de la carga de entrenamiento individual en el deportista, ya que tiene en cuenta la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato en sangre, obtenidas en test de campo y laboratorio (Akubat et al., 2012).

La evolución hacia la individualización de la carga de entrenamiento permite poder controlar de manera exhaustiva el estado de cada jugador, pudiendo conocer las cargas adecuadas individuales y de esta manera poder disminuir el riesgo de lesionabilidad (Akubat et al., 2012).

Métodos subjetivos de la cuantificación de carga (RPE)

Otra de las alternativas más utilizadas para la cuantificación de la carga en los últimos años es la escala subjetiva de esfuerzo percibido RPE. Este método se basa en el supuesto de que los deportistas pueden describir con precisión el estrés fisiológico al que ha sido sometido su cuerpo durante el ejercicio físico (Borresen y Lambert, 2009; Bowen et al., 2016).

Gracias a la sencillez y aplicabilidad merece una mención especial el método propuesto por Foster, Daines, Hector, Snyder y Welsh (1996) denominado sesión RPE ($sRPE$), el cual es una de las opciones más extendidas para cuantificar la carga interna en el deporte. Se trata de una escala de 0 a 10 en la cual se describen las distintas intensidades. El jugador indica uno de estos valores que posteriormente es multiplicado por el tiempo de la sesión o de la actividad (Foster et al., 1996). Este método ha mostrado ser preciso cuando ha sido comparado con otros basados en la frecuencia cardiaca pero además, podría proporcionar una ventaja sobre estos, ya que en el caso de los sujetos que realicen actividad física a altas intensidades, las mediciones de frecuencia cardiaca podrían infravalorar la carga soportada por los deportistas comprometiendo los resultados (Alexiou y Coutts, 2008).

Índice	Descriptor
0	Reposo
1	Muy, muy fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo Duro
5	Duro
6	-
7	Muy Duro
8	-
9	-

FIGURA 5 Escala de Esfuerzo Percibido (Fosters et al., 1996).

Dicho método ha demostrado recientemente una correlación positiva con las variables de carga externa obtenidas mediante la tecnología GPS. Las variables analizadas fueron: *player load*, distancia total recorrida, carrera de baja intensidad (<14,4km/h), carrera de alta intensidad (>14,4km/h) y carrera a muy alta intensidad (>19,8km/h) medidas en metros y segundos (Scott, Lockie, Knight, Clark, y De Jonge, 2013).

Por otro lado, debemos destacar que es un método muy útil para el control de la carga interna individual debido a su uso fácil y al no suponer ningún coste para los clubes. Dicho método valora el estrés físico y psicológico del deportista, siendo un indicador más fiable que otros como la FC en situaciones donde exista una participación simultánea del sistema aeróbico y anaeróbico como las acciones explosivas y los partidos de fútbol (Impellizzeri et al., 2004; Coutts et al., 2009).

El RPE de los futbolistas debe valorar 30 minutos después de finalizar el entrenamiento o partido con el fin de reducir la influencia que pueden tener las actividades realizadas al final de la sesión (Impellizzeri et al., 2004). Además conviene obtener el RPE de manera individual para así evitar respuestas repetitivas en el grupo (Coutts et al., 2009).

Actualmente, existen dos tipos de variantes dentro de la percepción subjetiva del esfuerzo que son utilizadas para el control subjetivo de la carga de entrenamiento en el fútbol: el RPE-muscular y el RPE-respiratorio (Los Arcos, Méndez-Villanueva, Yanci, y Martínez-Santos, 2016). Tienen la misma estructura muscular que el RPE, mediante el que se obtiene la carga a través del producto de la duración del entrenamiento con el valor de RPE del deportista, pero utilizan la percepción del esfuerzo del deportista a nivel muscular (tren inferior) y respiratorio, que permiten tener una valoración del estrés de la carga del entrenamiento, siendo normalmente el RPE_{mus} mayor que el RPE_{res} (Los Arcos et al., 2016).

No obstante, a pesar de que es un método útil, presenta una serie de inconvenientes, ya que es un método de control de carga subjetivo, de tal forma que aunque sea un método de control de carga válido, debe ser utilizado conjuntamente con otros métodos de control más objetivos. Asimismo, requiere un proceso de familiarización y aprendizaje por parte de los deportistas y cuerpo técnico y depende de diferentes factores como los psicológicos, ambientales y fisiológicos que pueden influir en el deportista (Impellizzeri et al., 2004).

Ratio de Carga Aguda:Crónica (ACWR)

Dentro de los métodos subjetivos de la cuantificación de carga el ratio de carga aguda:crónica ha obtenido gran relevancia y se ha convertido en el ámbito con mayores investigaciones acerca de la correlación entre las variables de carga de entrenamiento y la lesionabilidad (Campos et al., 2014).

La carga de entrenamiento aguda (fatiga) puede ser tan corta como una sola sesión, pero en los deportes de equipo como el fútbol, una semana de entrenamiento parece ser una unidad lógica y conveniente. En cambio, la carga de entrenamiento crónica *fitness* representa el promedio de las últimas 3-6 semanas de entrenamiento. A este respecto, la carga de entrenamiento crónica es análoga a un estado de *fitness* y la carga de entrenamiento aguda es análoga a un estado de fatiga. Como bien hemos señalado, se recomiendan los términos *chronic workload* para largos periodos de tiempo y *acute workload* para periodos inmediatos (Gabbett, 2016).

En cuanto al ratio de carga aguda:crónica, como bien indica el nombre, el ratio describe la media entre la carga aguda y la crónica. Las cargas agudas y crónicas pueden tener diversas influencias tanto positivas como negativas sobre el riesgo de lesiones en nuestros jugadores. Diversos autores indican que, si la carga de entrenamiento crónica es grande y la carga aguda es baja el atleta estará bien preparado para la competición. En cambio, si la carga aguda excede a la crónica el jugador estará mal preparado, aumentando el riesgo de lesión (Gabbett, 2016).

Para determinar si la carga es adecuada o no Gabbett (2016) propone un gráfico para señalar las zonas adecuadas de entrenamiento *sweet spot* y las zonas de entrenamiento inadecuadas *danger zone*. Para minimizar el riesgo de lesión, los practicantes deben mantener el ratio de trabajo agudo-crónico en un rango aproximado de 0.8-1.3 *sweet spot*. Sin embargo, si el ratio de carga de trabajo supera el 1.5 *danger zone* se incrementará el riesgo de lesión. (Gabbett, 2016).

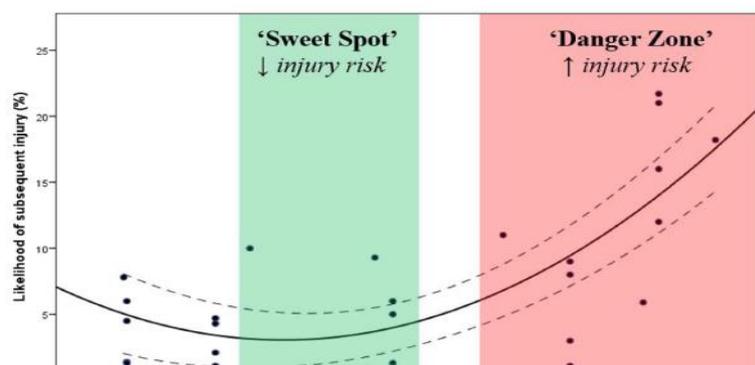


FIGURA 6 Acute:Chronic Workload Ratio

Durante la revisión sistemática, se han encontrado varios estudios que afirman diferentes declaraciones que relacionan diversas cargas de entrenamiento con el riesgo de lesión, que las interpretaremos en el apartado de la relación de las variables de carga de entrenamiento y lesionabilidad.

Carga externa

El término de carga externa hace referencia a aquellas acciones cuantificables desde un punto de vista motor tales como distancia recorrida a alta velocidad, aceleraciones, etc. Su estudio suele llevarse a cabo mediante el uso de sistemas (videocámaras, GPS,...) que permiten registrar los desplazamientos de los deportistas durante un periodo de tiempo determinado (Wehbe, Hartwig, y Duncan, 2014).

Sistemas de posicionamiento global (GPS)

Una de las opciones más utilizadas para llevar a cabo el análisis de las acciones de juego durante entrenamientos o partidos de fútbol se trata de la tecnología GPS. Ofrece información útil, ya que permite cuantificar los movimientos de los jugadores durante el entrenamiento, sobre todo teniendo en cuenta las diferencias existentes en las distancias recorridas por los jugadores en función del momento de juego y de la posición (Casamichana et al., 2013).

Consta de un receptor de pequeñas dimensiones y poco peso a través del cual se recibe la señal de los datos y se realiza su almacenaje (Wehbe et al., 2014).

A día de hoy el sistema GPS ha demostrado tener gran validez y fiabilidad para el registro de los desplazamientos realizados durante la actividad deportiva. Asimismo, es un método fiable y válido para las diferentes situaciones de juego de fútbol como las acciones intermitentes y de alta intensidad presentes en espacios reducidos, de tal forma que parece ser más útil que otros métodos de control de carga como RPE y FC, ya que en estos dos últimos se puede subestimar la intensidad (Scott, Lockie, Knight, Clark, y Janse de Jonge, 2013). No obstante, también es importante destacar que las muestras de los datos de los dispositivos GPS utilizados en muchos estudios suele ser de 1Hz, donde la fiabilidad para movimientos de alta intensidad es baja (Casamichana et al., 2013).

Por otro lado, se puede obtener la carga del jugador (*body load*) por el acelerómetro incorporado en los dispositivos GPS a través de una ecuación donde se tiene en cuenta las aceleraciones producidas en los tres planos de movimiento del cuerpo a través de un acelerómetro.

El GPS presenta correlaciones fuertes con métodos de control de la carga interna como el RPE- sesión, Banister TRIMP y método Edwards en algunos parámetros como la distancia total recorrida, el *player load* y la carrera a velocidad baja (Casamichana et al., 2013; Scott et al., 2013).

Por último, a la hora de realizar el análisis de carga externa debemos tener en cuenta las características del fútbol y las variables más importantes.

Características del fútbol a tener en cuenta a la hora de realizar el análisis de la carga externa

El fútbol es un deporte de larga duración y de carácter intermitente en el cual, a nivel profesional se recorre una media de 9 a 12 km por partido, alternando acciones cada 4 o 6 segundos (Bangsbo et al., 2006). Durante un partido de fútbol la mayor parte de la distancia recorrida se realiza a baja intensidad, siendo solo el 10 % la distancia correspondiente a los desplazamientos considerados de alta intensidad (Bangsbo et al., 2006).

Acciones de alta intensidad, Esprints

La distancia recorrida durante un partido a alta intensidad puede variar en función de la posición en el terreno de juego, el nivel de los deportistas o el género (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, e Impellizzeri, 2007). Las acciones realizadas a máxima intensidad o esprint, pese a representar solo entre el 1-12 % de la distancia recorrida, tiene una gran importancia en los encuentros ya que normalmente representan acciones decisivas en el transcurso del partido (Ehrmann, Duncan, Sindhusake, Franzsen, y Greene, 2016).

Debido a las características del fútbol, el deportista debe ser capaz de repetir esfuerzos máximos o submáximos agrupados en bloques de al menos dos repeticiones a lo largo de los 90 minutos que dura la competición. Estas acciones podrían clasificarse como esprints de corta duración (< 10 segundos) con una recuperación incompleta entre ellos (< 60 s) (Rampinini et al., 2007).

Por otro lado, los estudios muestran que la duración media para las acciones de alta intensidad es de 3.7 a 4.4 segundos, con un descanso promedio entre dichas acciones de 40 a 56 segundos (Ehrmann et al., 2016).

Aceleraciones y Deceleraciones en el fútbol

Un desplazamiento de pocos metros, que no alcanza una velocidad final elevada, puede ser realizado a gran intensidad si el deportista acelera al máximo en sus inicios o durante el mismo, lo cual hace evidente que si solo entendemos como acciones de alta intensidad aquellas que se realizan a velocidades elevadas estaremos pasando por alto un gran número de ellas que por no alcanzar dicho umbral no son cuantificadas. Aughey y Varley (2013) demostraron que el 98 % de las aceleraciones máximas se iniciaron a velocidades inferiores a 4 m/s y el 85 % de las aceleraciones finalizaron a una velocidad inferior a 4.17 m/s. Así, los autores resaltan el hecho de que no es necesario alcanzar velocidades altas para realizar acciones de máxima intensidad.

Asimismo, Osgnach (2010) analizó las aceleraciones y deceleraciones en la serie A italiana y observó que las demandas metabólicas de un desplazamiento a 9 km/h que no está clasificado como alta intensidad, podrían ser halladas en acciones de alta intensidad o esprint en función de la aceleración implicada en el desplazamiento. Este hecho muestra el gran interés en el análisis de las aceleraciones como un factor importante de carga, ya que el coste metabólico podría no depender solo de la velocidad alcanzada sino de la intensidad de la aceleración a la que se realice el desplazamiento.

Todos estos datos evidencian la necesidad de introducir nuevas variables de análisis de los partidos de fútbol como pueden ser las aceleraciones y deceleraciones producidas o la implicación de dichas acciones en los desplazamientos realizados a diferentes intensidades (Akenhead, Hayes, Thompson, y French, 2013).

Body load (BL)

Otras variables no tan conocidas como el *body load* deben tenerse también en cuenta. Se trata de índices relativamente novedosos que aportan datos que pueden permitirnos entender mejor el estrés mecánico soportado por los jugadores

de fútbol debido a los constantes choques, saltos, cambios de dirección, etc. (Aughey y Varley, 2013). Al ser una medida novedosa, apenas se han hecho investigaciones en el fútbol, pero en deportes de equipo como el rugby encontraron que una sucesión de impactos de alta intensidad estaban relacionados con un aumento del daño muscular (CK) durante 24 horas.

Además, el número de impactos severos y de alta intensidad podría incrementar el tiempo de recuperación hasta las 72 horas (McLellan y Lovell, 2012). Los autores concluyen que la fatiga observada después de los partidos analizados puede estar relacionada con los impactos superiores a 7.1 g. Esta variable, debe seguir siendo estudiada en el fútbol, con el objetivo de entender mejor los datos que nos aportan.

LESIÓN

En el fútbol, una lesión se define como cualquier afección física en el jugador producida durante un partido o entrenamiento vetando al jugador de participar en futuros entrenamientos o encuentros. Dentro de la lesión diferenciamos entre las lesiones musculares y las lesiones ligamentosas. La primera es una lesión en el tejido muscular producida en los músculos como consecuencia de golpes externos o sobre esfuerzos, mientras que la segunda es una distensión o estiramiento del ligamento para contrarrestar la fuerza externa que finalmente terminará lesionando dicho ligamento, en mayor o menor medida (Bengtsson, Ekstrand, y Hägglund, 2013).

En la mayoría de las definiciones de la lesión, el concepto de “tiempo perdido” es el más utilizado, a pesar de que no hay unanimidad en cuanto al significado. Para estandarizar este concepto, la UEFA eligió la definición de Ekstrand (2011), lesión producida en horario de entrenamiento o partido que produce una ausencia al siguiente evento, partido o entrenamiento del propio club.

El fútbol en concreto, se considera un deporte bastante lesivo con una media de 8.9 lesiones por 1000 horas de práctica futbolística. Normalmente, un jugador profesional sufre dos lesiones por temporada, es decir, un equipo profesional de 25 integrantes sufre 50 lesiones por temporada (Bengtsson et al., 2013). Esta incidencia

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

lesiva puede llegar a ser 6 veces mayor en competición en comparación con los entrenamientos (Bengtsson et al., 2013).

En cuanto a la clasificación de las lesiones, la mayoría de estas suceden en el miembro inferior. Las distensiones musculares (37 %) son las lesiones más comunes y en el 87 % de los casos suceden en la extremidad inferior (Bengtsson et al., 2013). La zona del isquiotibial (*hamstring*) es la parte más lesiva con una incidencia del 21-23 % de todas las lesiones (Noya y Sillero, 2013).

Ekstrand (2011) también confirma que la zona más lesiva es el muslo, que supone el 17 % de todas las lesiones. Un equipo de 25 jugadores sufre 10 lesiones de desgarro en el muslo: 7 en la zona inferior (bíceps femoral, semimembranoso y semitendinoso) y 3 en el cuádriceps. Además, las lesiones en el vasto interno del cuádriceps suponen la lesión con más días de baja de media, 76.5 días por temporada.

Por otra parte, la tasa de reincidencia en lesiones de isquiotibiales es muy alta 12-16 %, mientras que la media de la reincidencia lesiva se sitúa en el 7 % (Ekstrand et al., 2011).

Localización	Total			Por equipo		Promedio lesión
	n	% del total	Días de baja	n	Días de baja	
Bíceps femoral	88	26,5%	1.852	3,3	68,6	21,0
Recto anterior cuádriceps	81	24,4%	2.068	3,0	76,6	25,5
Aductor mediano	58	17,5%	836	2,1	31,0	14,4
Gemelo	25	7,5%	552	0,9	20,4	22,1
Sóleo	19	5,7%	488	0,7	18,1	25,7
Semitendinoso	19	5,7%	308	0,7	11,4	16,2
Semimembranoso	5	1,5%	235	0,2	8,7	47,0
Aductor mayor	5	1,5%	118	0,2	4,4	23,6
Vasto interno cuádriceps	5	1,5%	119	0,2	4,4	23,8
Vasto externo cuádriceps	4	1,2%	122	0,1	4,5	30,5
Glúteo	3	0,9%	39	0,1	1,4	13,0
Oblicuo externo	3	0,9%	30	0,1	1,1	10,0
Sartorio	3	0,9%	18	0,1	0,7	6,0
Obturador	3	0,9%	13	0,1	0,5	4,3
Recto anterior del abdomen	2	0,6%	32	0,1	1,2	16,0
Tensor de la fascia lata	2	0,6%	11	0,1	0,4	5,5
Psoas	2	0,6%	7	0,1	0,3	3,5
Flexor lago primer dedo	1	0,3%	22	0,0	0,8	22,0
Oblicuo interno	1	0,3%	11	0,0	0,4	11,0
Recto interno o grácil	1	0,3%	10	0,0	0,4	10,0
Peroneos	1	0,3%	5	0,0	0,2	5,0
Bíceps braquial	1	0,3%	3	0,0	0,1	3,0
Total	332	100%	6.899	12,1	255,6	16,3

Días de baja promedio por rotura muscular para cada grupo de esta tipología.

FIGURA 7 Número de lesiones y días de baja durante una temporada (Noya, & Sillero, 2013)

Según Noya y Sillero, (2013), tras las lesiones de tipo musculares, las lesiones más comunes son de carácter ligamentoso. Sobre todo en el ligamento lateral del tobillo, padeciendo una media de 3-7 lesiones por equipo por temporada. Sin embargo, aunque el ligamento lateral interno del tobillo tiene menor incidencia de lesión la recuperación es mayor (43.7 días de baja). En cuanto a la gravedad de las lesiones, el ligamento cruzado presenta la mayor duración de baja (154 días) y la famosa “triada”, ligamento cruzado anterior, ligamento lateral interno y menisco externo.

Para poder determinar la gravedad y duración de las lesiones la FIFA diseñó unos parámetros:

- Lesión leve: 1-3 días de ausencia.
- Lesión menor: 4-7 días de ausencia.
- Lesión mayor: 8-28 días de ausencia.
- Lesión grave: <28 días de ausencia.

De este modo, las lesiones leves se producen con mayor frecuencia (30.9 %), seguido de las menores (30 %), moderadas (29.8 %) y por último las graves (9.2 %) (Noya y Sillero, 2013).

En referencia al diagnóstico de lesiones, el 48.1 % son de carácter muscular y en segundo lugar con menor incidencia se colocan las lesiones ligamentosas. Dentro de las lesiones musculares, se clasifican por importancia, las sobrecargas (26.3 % de todas las lesiones), rotura de fibras (16.2 %) y contracturas (9.3 %).

La lesión se ha convertido en la mayor preocupación de los clubes de élite de fútbol, por lo que han empezado a desarrollar diferentes metodologías para prevenir lesiones y recuperar de manera adecuada a sus jugadores. En un estudio de 33 equipos de élite participantes en torneos UEFA, McCall, Dupont, Ekstrand (2016) analizaron las diferentes metodologías de prevención de lesiones utilizadas por los mejores equipos de Europa. Los equipos tienen en cuenta medidas de factores de riesgo como estado físico, fatiga acumulada, recuperación reducida entre partidos y carga de entrenamiento para poder planificar de manera idónea la carga de los entrenamientos. Por otro lado, inciden que los mejores ejercicios de prevención de lesiones son: equilibrio, propiocepción y core. Por último las tres herramientas

complementarias más utilizadas son: medidas de carga de entrenamiento, escala subjetiva de Wellness y examen médico general.

Además, una de las características de los equipos campeones en comparación con los equipos corrientes es que tuvieron mayor disponibilidad, menos lesiones en partidos y menos días de trabajo perdidos por lesión por lo que reducir el índice de lesionabilidad se ha convertido en la clave del éxito (McCall et al., 2016).

A pesar de la evolución de la tecnología, métodos de cuantificación de carga y planificaciones de prevención de lesiones, las lesiones en el fútbol de élite no han disminuido, es más, han incrementado. Una de las razones principales puede ser el aumento de partidos y competiciones y la disminución de horas de descanso entre competiciones. Por ello, vemos necesario analizar las variables de carga de entrenamiento y la relación con la lesionabilidad.

RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO INTERNAS Y EXTERNAS CON LA LESIONABILIDAD

Una vez analizadas las variables más utilizadas de carga interna y externa junto a las lesiones más comunes y sus características, hemos de relacionar estas variables con la lesionabilidad.

Para ello, al igual que se ha analizado en el apartado de metodología, se ha llevado a cabo una búsqueda mediante Pubmed, Scopus y Dialnet obteniendo finalmente 5 artículos que analizan variables de carga y su consiguiente relación con la lesión. Estos artículos aparecen identificados en la tabla 4 y analizan tanto variables internas como externas. Las variables internas utilizadas son RPE (Ehrmann et al., 2016; Malone et al., 2016), ACWR (Bowen et al., 2016; Malone et al., 2016) y FC (Mallo yDellal, 2012; Owen et al., 2015). En cuanto a las variables de carga externa, se han valorado los datos conseguidos mediante GPS (Bowen et al., 2016; Ehrmann et al., 2016). Asimismo, visto que a día de hoy las investigaciones acerca del tema son escasas, se han escogido otros artículos para complementar la revisión.

Relación de las variables de carga de entrenamiento internas y lesionabilidad

En primer lugar, debemos destacar que en los artículos seleccionados algunas variables se analizan de manera conjunta, tanto variables de carga interna y externa como variables de la propia carga interna, por ejemplo: RPE y ACWR. Al definir el ACWR como una variable interna de percepción subjetiva, Malone et al. (2016) analizan las dos variables de manera conjunta.

En el artículo de Malone et al. (2016) se analiza el ratio de carga aguda:crónica en relación con el riesgo de lesión en el fútbol profesional. Para ello, cuentan con 48 jugadores, 25.3 (± 3.1) años, 183 (± 7) cm y 72(± 7) kg de dos equipos de élite europeos en primera división. Los jugadores completan los test de capacidad aeróbica intermitente (Yo-YoIR1) para evaluar el riesgo de lesión relacionado con la capacidad aeróbica intermitente. Durante el estudio, contabilizan los cambios de carga semanales, minutos jugados, días de recuperación entre partidos utilizando el ya indicado ratio carga aguda:crónica, el cual se calcula dividiendo la carga aguda (una semana de entrenamiento) y la carga crónica (últimas 4 semanas). El resultado del ratio indicará si el jugador se encuentra en un proceso de sobreentrenamiento o si la CE es adecuada.

Todas las sesiones de entrenamiento se estiman mediante Borg CR-10 ratio de percepción subjetiva. Este proceso es individual y se responde mediante una aplicación en el iPad, 30 minutos después de finalizar la sesión.

Durante la investigación (una temporada) se produjeron 75 lesiones, 1.6 por jugador. Las lesiones del miembro inferior fueron las más destacadas, 10.2/1000 h y en concreto las lesiones de carácter muscular 8.5/1000 h. Además, diferencia la carga de entrenamiento en pretemporada (2984 ± 615 AU) y temporada (2441 ± 215 AU), con lo que nos da a entender que la carga de entrenamiento es mayor en pretemporada.

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

Los jugadores que obtienen una carga de entrenamiento semanal en pretemporada de ≥ 1500 a ≥ 2100 unidades arbitrarias tienen un mayor riesgo de lesión comparando con el grupo de referencia de > 1500 unidades arbitrarias. Asimismo, el riesgo de lesión en pretemporada es mayor que en temporada (OR = 1.66,95 % CI: 1.30 a 2.21) y los jugadores que han experimentado cambios de carga semanales mayores al 10 %, de 350 a 550 AU tienen mayor riesgo de lesión.

Cumulative Load (Sum)	Training Load Component	Pre-Season (July-Aug)	In-Season (Sept-May)
RPE (AU)	1 Week		
	≤ 1500 AU (Reference)	1.00	1.00
	Between ≥ 1500 AU - ≤ 2120 AU	1.95 (0.98 - 3.95)	0.95 (0.23 - 2.95)
	Between ≥ 2120 AU - ≤ 3200 AU	2.44 (1.98 - 4.66)	0.44 (0.18 - 1.66)
	≥ 3200 AU	3.33 (1.69 - 6.75)	2.33 (1.69 - 3.75)
	2 Weekly		
	≤ 3250 AU (Reference)	1.00	1.00
	Between ≥ 3250 AU - ≤ 3550 AU	2.98 (1.98 - 3.85)	2.98 (1.98 - 3.85)
	Between ≥ 3350 AU - ≤ 5980 AU	4.03 (2.11 - 5.45)	0.03 (0.11 - 3.45)
	≥ 5980 AU	4.74 (2.74 - 5.66)	0.74 (0.24 - 2.66)
	3 Weekly		
	≤ 7260 AU (Reference)	1.00	1.00
	Between ≥ 7260 AU - ≤ 7580 AU	3.88 (2.47 - 4.55)	2.88 (2.47 - 4.55)
	Between ≥ 7580 AU - ≤ 9154 AU	4.11 (3.11 - 5.65)	0.11 (0.01 - 1.65)
	≥ 9154 AU	5.11 (4.26 - 5.14)	0.91 (0.26 - 3.14)
	4 Weekly		
	≤ 8550 AU (Reference)	1.00	1.00
	Between ≥ 8550 AU - ≤ 8941 AU	5.11 (4.12 - 7.45)	3.11 (2.12 - 5.45)
	Between ≥ 8941 AU - ≤ 10985 AU	5.44 (4.23 - 9.14)	0.44 (0.23 - 3.14)
	≥ 10985 AU	5.11 (6.22 - 9.25)	2.11 (0.92 - 2.25)
	Absolute Change from previous week		
	≤ 200 AU (Reference)	1.00	1.00
	Between 200 AU - ≤ 350 AU	0.89 (0.50 - 1.98)	0.89 (0.50 - 1.98)
	Between ≥ 350 AU - ≤ 550 AU	1.66 (1.30 - 2.21)	0.66 (0.30 - 1.21)
	Between ≥ 550 AU - ≤ 1000 AU	1.44 (1.01 - 4.25)	1.44 (1.01 - 4.25)
	≥ 1000 AU	2.58 (2.09 - 4.52)	2.58 (1.09 - 4.52)

FIGURA 8 Factores de riesgo de lesión en cargas de entrenamiento semanales (Malone et al., 2016)

Por otro lado, los jugadores que obtienen resultados de < 1.00 a < 1.25 ACWR durante la temporada tienen menor riesgo de lesión comparados con el grupo referencia ≤ 0.85 . Igualmente, los jugadores con una pobre capacidad aeróbica intermitente tienen un mayor riesgo de lesión comparando con jugadores con buena capacidad aeróbica intermitente. Estos jugadores pueden tolerar mejor los cambios semanales de carga. En cambio, los que tienen una resistencia aeróbica pobre no son capaces de tolerar cargas agudas: crónicas de ≥ 1.25 . Además, los jugadores de élite están protegidos contra incrementos rápidos de carga semanales cuando poseen una mayor capacidad aeróbica intermitente.

El presente estudio demuestra que hay una asociación positiva entre la carga semanal, los cambios absolutos semanales y el subsiguiente riesgo de lesión durante la temporada e incluso con incrementos de riesgo en la pretemporada. Por

ese motivo, Malone et al. (2016) sugieren que los jugadores con capacidades aeróbicas insuficientes para tolerar las cargas de entrenamiento y partidos deben reducir el número de partidos y ampliar las horas de descanso entre partidos para reducir el riesgo de lesión. En cambio, destacan la importancia de un buen estado físico para reducir el riesgo de lesión y la importancia que deben darle los clubes a la preparación física individual y colectiva.

Otro de los artículos que analiza el ACWR y el riesgo de lesión en jugadores de fútbol jóvenes es el de Bowen et al. (2016). Para ello, cuentan con 32 jugadores 17.3 (\pm 0.9) años, 180.0 (\pm 7.3) cm, 74.1 (\pm 7.0) kg de una academia de un equipo de la Premier League inglesa. Durante los dos años de investigación clasifican las lesiones con el método estipulado por la FIFA, lesión menor: 4-7 días de ausencia, lesión mayor: 8-28, lesión grave: < 28. Los datos se registran mediante la variable de carga externa GPS de 10 hz utilizando variables como distancia total, distancia a alta velocidad (+20 km/h) y aceleraciones.

Un total de 138 lesiones se produjeron 12.8/1000 h durante el estudio. Las lesiones durante competición tuvieron cuatro veces mayor incidencia que en entrenamientos respectivamente (33.5/1000 h y 7.9/1000 h).

En cuanto a los ratios de carga aguda:crónica, cuando el ratio es de \geq 1.76 (muy alto) el riesgo de lesiones de contacto es significativamente mayor. Para cargas crónicas pequeñas de distancia total, el riesgo de lesión disminuye cuando el ratio entre carga aguda y crónica es pequeño. En distancias a alta velocidad crónicas bajas, las lesiones de no contacto aumentan cuando el ratio es grande 1.41-1.96, en cambio un ratio menor crónico reduce significativamente el riesgo general de lesión. Por último, el riesgo de lesiones de no contacto incrementa cuando el ratio entre carga aguda y crónica es moderada-grande.

Las cargas altas durante 4 semanas en referencia a la distancia total y la carga total semanal (474-647 AU) incrementan el riesgo de lesiones de no contacto. Además, el mayor riesgo de lesiones de no contacto está relacionado con distancias a alta velocidad. Es decir, un mayor ratio A:C combinado con distancias pequeñas a alta velocidad (> 938 m) incrementan la incidencia de lesiones de no contacto. Esto sugiere que mayores niveles de fatiga (aguda) están relacionados con lesiones de contacto.

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

En definitiva, mediante este estudio encontraron nuevas aportaciones como que el riesgo de lesión es mayor cuando un número alto de aceleraciones se acumulan durante 3 semanas y que la lesiones de contacto está relacionadas con picos semanales de CE.

A pesar de que no hay dudas de que las cargas altas de entrenamiento están relacionadas con un mayor riesgo de lesión, si se dan de manera adecuada, pueden producir adaptaciones positivas que nos protegen de lesiones.

Una vez analizados los estudios mediante variables de percepción subjetiva, nos centramos en estudios relacionados con la frecuencia cardiaca.

Owen et al. (2015) han estudiado cómo el incremento del volumen de entrenamiento a alta intensidad está relacionado con la incidencia de lesión o con el aumento de probabilidad de lesión. La intensidad de la sesión se monitoriza mediante el tiempo transcurrido en alta intensidad 85-90 % HR_{máx.} (T-HI) y en muy alta intensidad > 90 % HR_{máx.} (T-VHI). Para ello han contribuido 23 jugadores de fútbol profesional de 26.8 (± 4.6) años, 181.8 (± 6.8) cm, durante dos temporadas. La incidencia de lesión durante el estudio ha sido de 18.8/1000 h.

Las lesiones más comunes son de carácter muscular en la extremidad inferior (Figura 9) y la importancia de las lesiones se ha clasificado mediante la clasificación lesiva FIFA. Asimismo, la incidencia de lesión durante los partidos es mayor que en las sesiones de entrenamientos.

Site of injury	Match injuries N (%)	Training injuries N (%)
Calf/lower leg	18 (20.7)	4 (12.5)
Ankle and foot	18 (20.7)	9 (28.1)
Knee	15 (17.2)	4 (12.5)
Hamstring	14 (16.1)	4 (12.5)
Thigh	12 (13.8)	5 (15.6)
Groin	4 (4.6)	1 (3.1)
Head	3 (3.4)	0 (0.0)
Chest and abdomen	2 (2.3)	1 (3.1)
Spine	1 (1.1)	26.3
Shoulder	0 (0.0)	2 (6.3)
Total	87	32

FIGURA 9 Número y zona de lesión durante la investigación (Owen et al., 2015)

Los descubrimientos más destacados en el estudio han sido que la intensidad individual del entrenamiento y la carga tienen una alta correlación con la incidencia de lesión ($r= 0.57$, $p=0.05$). Igualmente, el incremento de tiempo en 85-90 % de HRmáx. incrementa significativamente el riesgo de lesión en partidos. Cuando la frecuencia cardiaca es mayor al 85 % no necesariamente ocurren las lesiones, pero cuando el tiempo de exposición es mayor, el número de lesiones aumenta. En cuanto a los niveles de TVHI durante los entrenamientos puede aumentar el riesgo de lesión en los partidos pero no durante el propio entrenamiento.

Owen et al. (2015) destacan que la intensidad de la sesión es uno de los principales factores en la prevención de lesiones. La reducción del número de lesiones en partidos puede ser posible si se centra el foco en la intensidad y el volumen del entrenamiento, asegurando la reducción de lesiones a causa de la fatiga.

Por otro lado Mallo y Dellal (2012) han analizado la incidencia de lesión haciendo referencia a la posición en el terreno de juego y la periodización del entrenamiento. Para ello han analizado el tiempo de exposición y los días de baja por lesión de los jugadores de un equipo de la primera división Española. Durante las sesiones la monitorización se ha llevado a cabo mediante frecuencia cardiaca.

En total durante las dos temporadas de investigación se han registrado un total de 114 lesiones con una incidencia de 6.6/1000 h. Las lesiones más comunes de baja de partido han sido roturas musculares (50 %) y roturas ligamentosas (62 %). Los jugadores que actúan de delanteros y centrales han obtenido el mayor índice de lesión y baja. El mayor número de lesiones musculares se han producido durante la pretemporada y el comienzo del periodo competitivo. Además, el riesgo de tener una lesión de carácter muscular al principio y al final de las semanas competitivas tiene una alta correlación con los niveles de frecuencia cardiaca durante el periodo de entrenamiento.

Es por esto que Mallo y Dellal (2012) destacan que existen diferentes riesgos de lesión en cuanto al periodo de la temporada y se deben incluir las estrategias de prevención de lesiones desde la pretemporada, controlando las cargas de los entrenamientos y así evitar el riesgo de lesiones de carácter muscular.

Relación de las variables de carga de entrenamiento externas y lesionabilidad

En los últimos años los equipos de fútbol de élite han comenzado a utilizar sistemas de GPS para cuantificar la carga de los entrenamientos. Mediante el GPS se pueden conseguir resultados de infinidad de variables que han supuesto una gran evolución en la cuantificación de la carga.

Por ello varios autores han analizado la correlación entre variables GPS y fatiga, enfermedad, lesiones, etc. En el caso de Ehrmann et al. (2016) analizaron la relación entre variables de GPS en entrenamientos y partidos y la incidencia de lesión en el fútbol profesional. Para ello han escogido a 19 jugadores profesionales de entre 18-33 años, 181.0 (± 4.8) cm y 77.3 (± 4.2) kg de la Australian Hyundai A-League durante una temporada completa mediante sistemas de GPS (SPI-Pro GPSports) de 5 Hz. Las variables analizadas han sido: distancia total, distancia a alta intensidad, distancia a muy alta velocidad, *body load* y metros por minuto.

Se han elegido 16 lesiones en 11 jugadores para llevar a cabo el estudio de las variables. 3 de estas lesiones han ocurrido en pretemporada, mientras que 11 en el periodo competitivo. Las lesiones han sucedido durante la temporada con un pico considerable en la mitad del campeonato. Asimismo, las lesiones más comunes se han producido en los isquiotibiales. Los jugadores lesionados completaron distancias significativamente superiores por minuto en la semana en la que se produjo la lesión comparando con la media de distancias de la temporada.

Este estudio identifica dos variables de GPS como potenciales predictores de lesiones de no contacto: media de metros por minuto y media de *new body load*. Los jugadores realizan más metros por minuto en las semanas previas a una lesión comparado con sus medias semanales (+9.6 y +7.4 % en bloques de 1-4 semanas). Este puede ser el caso de un periodo anual en el que los partidos se juegan con mayor frecuencia, minimizando el tiempo de recuperación entre partido a la vez que aumenta el riesgo de lesión. El resultado es un aumento de la media de intensidad durante la temporada, provocando una recuperación inadecuada.

	Preinjury block	Injury block	<i>p</i>	Effect size
1-Week blocks				
Total distance	7475.53 (263.56)	6511.52 (345.56)	0.08	0.27
HIR distance	907.09 (55.50)	784.60 (73.98)	0.22	0.15
VHIR distance	362.67 (45.79)	276.80 (35.74)	0.17	0.18
New body load	157.35 (7.48)	133.07 (8.44)	0.06	0.31
Meters per minute	87.55 (1.64)	89.00 (3.52)	0.65	0.02
4-Week blocks				
Total distance	6952.24 (278.19)	6847.81 (199.20)	0.67	0.02
HIR distance	796.15 (57.85)	822.86 (49.34)	0.60	0.04
VHIR distance	274.92 (30.47)	308.15 (30.86)	0.32	0.12
New body load	145.86 (6.46)	142.92 (5.36)	0.60	0.04
Meters per minute	84.22 (2.22)	88.28 (2.58)	0.14	0.25

FIGURA 10 Comparación entre cargas en bloques de 1-4 semanas, semana previa a la lesión y semana de lesión (Ehrmann et al., 2016)

Por otro lado los resultados también demuestran que los jugadores tienen significativamente, menor *new body load* en los bloques anteriores a lesión comparando a la media anual, 15.4 % y 9.0 % en bloques de 1-4 semanas respectivamente. Una posible explicación a un menor *new body load* en las semanas previas a la lesión es que los jugadores pueden tener fatiga, dolor, etc. y entrenar a una intensidad baja para a continuación jugar en demandas de intensidad altas durante el partido.

En conclusión, este estudio identifica dos variables de GPS relacionadas con lesiones de no contacto en el fútbol profesional: incremento significativo por minuto durante los bloques de 1-4 semanas y una disminución en *new body load*. Ambas variables son predictores de lesiones de no contacto y deben de ser consideradas como factores de riesgo en jugadores de fútbol.

Por último, el artículo analizado anteriormente dentro de las variables de carga interna de Bowen et al. (2016) también observa los datos obtenidos mediante sistema GPS. El estudio tiene en cuenta las variables de distancia total, distancia a alta velocidad, aceleraciones y carga total.

Los resultados del estudio demuestran que la distancia total de 4 semanas está asociada con el mayor riesgo de lesión en comparación con otras distancias. En cambio, una semana de distancia total baja reduce el riesgo de la media y de las lesiones de no contacto. Por otro lado, una distancia moderada-grande a alta velocidad en 4 semanas de entrenamiento indica el mayor incremento de lesiones de no contacto. Asimismo, otras cargas y distancias moderadas-grandes de alta velocidad durante una semana muestran el mayor riesgo de lesión. En cambio, las lesiones se reducen significativamente en una semana de distancias bajas a alta velocidad. En referencia a las aceleraciones, cuando se hacen muchas

aceleraciones en 3 semanas, se reducen las lesiones generales y de no contacto. Para finalizar, la carga total de una semana cuando se sitúa entre 474-648 AU el riesgo de lesiones es mayor.

En definitiva, Bowen et al. (2016) han encontrado evidencias que indican la correlación entre variables de carga externa como distancia total, distancias a alta velocidad y aceleraciones con la lesionabilidad.

Una vez analizados los artículos tanto de carga externa como de carga interna se pueden sacar varias conclusiones. En principio, la evidencia más clara y la que debemos tener en cuenta es que los incrementos semanales rápidos de carga mayores al 10 % son los responsables de una gran proporción de la lesiones de no contacto, destacando lesiones musculares en isquiotibiales y cuádriceps (Gabbett, 2016). Por otro lado hay evidencias que indican que el entrenamiento tiene un efecto protector hacia la lesionabilidad siempre que se ejecute de manera adecuada. En cambio, tanto el desentrenamiento como el sobreentrenamiento incrementan el riesgo de lesión.

En cuanto a las variables de carga de entrenamiento varios autores: (Bowen et al., 2016; Gabbett et al., 2016) indican que el ACWR es el mejor método para calcular la relación entre el entrenamiento y la lesión. Recomiendan que la carga de entrenamiento se debe situar entre el rango de 0.8-1.3, nunca superando el 1.5 ya que aumentaríamos el riesgo de lesión. Es por eso que consideramos que un deportista está bien preparado cuando la carga crónica es alta y la carga aguda es baja. Por último, es importante saber que las cargas de entrenamiento crónicas están asociadas con la reducción del riesgo de lesión, mientras que los picos largos en cargas de entrenamiento agudas relativas a cargas de entrenamiento crónicas están asociadas con el incremento de riesgo de lesión.

Tiempo de recuperación entre partidos y lesionabilidad

Para finalizar, también se debe destacar el balance entre los partidos y el tiempo de recuperación, ya que es una de las causas más importantes en el ratio de lesionabilidad.

Laux et al. (2015) han analizado la contribución de las variables de estrés y recuperación determinados para obtener datos del riesgo de la lesionabilidad en los

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA LESIONABILIDAD EN EL FÚTBOL: REVISIÓN SISTEMÁTICA

jugadores de fútbol profesionales. Los resultados del estudio confirman la importancia de una frecuente monitorización de la recuperación y parámetros de estrés para disminuir el riesgo de lesión. Periodos cortos de recuperación (menor a 4 días) incrementan el número de lesiones en los isquiotibiales y cuádriceps. Asimismo el ratio de lesión es mayor en los jugadores que juegan dos partidos semanales. Por último, valores altos de estrés, bajos en calidad de sueño y poca recuperación aumentan el nivel de riesgo de lesión.

CONCLUSIONES

A la hora de llevar a cabo el trabajo hemos sacado varias conclusiones, por un lado sobre el tipo de trabajo llevado a cabo y por otro lado, acerca del tema.

En cuanto al tipo de trabajo, en nuestro caso una revisión sistemática, nos hemos dado cuenta de la importancia de utilizar una estrategia correcta, sabiendo que hay infinidad de métodos de búsqueda, se debe procurar seleccionar los artículos necesarios mediante un correcto criterio de exclusión e inclusión. A lo largo de la búsqueda, al observar diferentes bases de datos, nos hemos dado cuenta de que muchos artículos se mezclan entre las bases, dificultando el proceso de selección. A pesar de ello, como acerca del fútbol hay una gran cantidad de información, a la hora de clasificarlo entendemos que resulte difícil.

En consideración al tema seleccionado, análisis de la relación de las variables de carga de entrenamiento y la lesionabilidad en el fútbol, la información es reducida ya que es un tema que acaba de empezar a investigarse y que en los próximos años divisaremos más estudios e investigaciones. Durante la ejecución del trabajo nos hemos dado cuenta de la importancia de la lesionabilidad en el rendimiento, siendo el principal obstáculo para alcanzar el éxito.

Por lo tanto, para maximizar el rendimiento de un jugador o un equipo, debemos llevar a cabo un control exhaustivo de la carga de entrenamiento mediante variables de carga externa e interna tanto individualizado como grupal. Además, vemos necesario una estandarización de las variables de carga y los métodos de prevención de lesiones utilizados para que todos los clubes, tanto de élite como amateur, tengan la posibilidad de saber de manera concisa cómo se debe entrenar de manera que puedan evitar la lesión y aumentar el rendimiento de los jugadores.

Por último, en general, los estudios e investigaciones, referentes al tema han sido de género masculino y creemos que de cara al futuro puede ser interesante estudiar el género femenino, para conocer las diferencias entre géneros y a su vez, que el fútbol femenino tenga la opción de llevar un control de carga adecuado.

FUTURAS PROPUESTAS

Debido a que los conceptos de lesión y carga de entrenamiento son muy amplios, podemos proponer varias propuestas de cara al futuro.

En primer lugar, en cuanto a la relación entre la lesión y la carga de entrenamiento, los artículos seleccionados han sido de equipos de fútbol de élite masculinos y con gran poder económico. Es por eso que creemos que se podrían llevar a cabo investigaciones para otro tipo de población.

En cuanto al género, sería interesante investigar en ligas de profesional y amateur femeninas para conocer las diferencias de género. Por otro lado, creo que puede ser interesante investigar estos parámetros en edades de crecimiento o en categorías inferiores para conocer las diferencias entre edades y mejorar el sistema de entrenamiento de las escuelas, academias y clubes de fútbol.

Por último, a pesar de que nuestro trabajo se realiza en el ámbito de rendimiento futbolístico, creemos que esta metodología se puede extender a otros deportes de equipo menos estudiados como el rugby, balonmano, baloncesto, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Akenhead, R., y Nassis, G. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 11(5), 587-593. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Akenhead, R., Hayes, P., Thompson, K., y French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), pp.556-561.
- Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., y Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), pp.1473-1480.
- Alexiou, H., y 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(3), pp.320-330.
- Athletic performance in relation to training load. (1996). *Wisconsin Medical Journal*, 95(6), pp.370-374.
- Aughey, R., y Varley, M. (2013). Acceleration Profiles in Elite Australian Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 34(03), pp.282-282.
- Bangsbo, J., Mohr, M., y Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal Of Sports Sciences*, 24(7), 665-674. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Banister, E. (1991). Modeling elite athletic performance. *Human Kinetics*, pp.403-424.
- Bengtsson, H., Ekstrand, J., y Hägglund, M. (2013). Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), pp.743-747.

- Borresen, J., y Lambert, M.I. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39(9), pp.779-795.
- Bosco, C., Colli, R., Bonomi, R., Von Duvillard, S., y Viru, A. (2000). Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, p.202. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200001000-00030>
- Bowen, L., Gross, A., Gimpel, M., y Li, F. (2016). Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British Journal Of Sports Medicine*, 51(5), pp.452-459. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers In Physiology*, 5, p.73. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J., Bourdon, P., Voss, S., Hocking, J., Cordy, J., Mendez-Villanueva, A., y Coutts, A. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), pp.550-555.
- Campos, M., Méndez, A., González, J., Santalla, A., y Suarez, L. (2014). Relationship between RPE- and HR- derives measures of internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), pp.587-592.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., y Castagna, C. (2013). Relationship Between Indicators of Training Load in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), pp.369-374.
- Castellano, J., Perea, A., y Hernández Mendo, A. (2008). Análisis de la evolución del fútbol a lo largo de los mundiales. *Psicotherma*, 20(4), pp.929-932.

- Coutts, A., Rampinini, E., Marcora, S., Castagna, C., e Impellizzeri, F. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 12(1), pp.79-84.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.005>
- Ehrmann, F., Duncan, C., Sindhusake, D., Franzsen, W., y Greene, D. (2016). GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 30(2), pp.360-367.
<http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000001093>
- Ekstrand, J., Hägglund, M., y Waldén, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), pp.1226-1232.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., y Waldén, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal Of Sports Medicine*, 39(6), pp.1226-1232. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Gabbett, T. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), pp.273-280.
- Gabbett, T., Hulin, B., Blanch, P., y Whiteley, R. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *British Journal Of Sports Medicine*, 50(8), pp.444-445.
<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095567>
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., y Marcora, S. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal Of Sports Sciences*, 23(6), pp.583-592.
<http://dx.doi.org/10.1080/02640410400021278>
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Coutts, A., Sassi, A., y Marcora, S. (2004). Use of RPE-Based Training Load in Soccer. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 36(6), pp.1042-1047.
<http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000128199.23901.2f>

- Jaspers, A., Brink, M., Probst, S., Frencken, W., y Helsen, W. (2016). Relationships Between Training Load Indicators and Training Outcomes in Professional Soccer. *Sports Medicine*, 47(3), pp.533-544. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-016-0591-0>
- Laux, P., Krumm, B., Diers, M., y Flor, H. (2015). Recovery–stress balance and injury risk in professional football players: a prospective study. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), pp.2140-2148.
- Little, T., y Williams, A. (2007). Measures of Exercise Intensity During Soccer Training Drills With Professional Soccer Players. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 21(2), pp.367-71. <http://dx.doi.org/10.1519/r-19445.1>
- Los Arcos, A., Méndez-Villanueva, A., Yanci, J., y Martínez-Santos, R. (2016). Respiratory and Muscular Perceived Exertion During Official Games in Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, pp.301-304.
- Mallo, J., y Dellal, A. (2012). Injury risk in professional football players with special reference to the playing position and training periodization. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 52(6), pp.631-8.
- Malone, S., Owen, A., Newton, M., Mendes, B., Collins, K., y Gabbett, T. (2016). The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 20(6), pp.561-565. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.014>
- McCall, A., Dupont, G., y Ekstrand, J. (2016). Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA Elite Club Injury Study teams: a survey of teams' head medical officers. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), pp.725-730.
- McLellan, C., y Lovell, D. (2012). Neuromuscular Responses to Impact and Collision During Elite Rugby League Match Play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), pp.1431-1440.

- Noya Salces, J., y Sillero Quintana, M. (2013). Epidemiología de las lesiones en el fútbol profesional español en la temporada 2008-2009. *Archivo de Medicina del Deporte*, 30(1-24), pp.750-766.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., y Di Prampero, P. (2010). Energy Cost and Metabolic Power in Elite Soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(1), pp.170-178.
- Owen, A., Forsyth, J., Wong, D., Dellal, A., Connelly, S., y Chamari, K. (2015). Heart Rate–Based Training Intensity and Its Impact on Injury Incidence Among Elite-Level Professional Soccer Players. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 29(6), pp.1705-1712.
<http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000000810>
- Rampinini, E., Coutts, A., Castagna, C., Sassi, R., e Impellizzeri, F. (2007). Variation in Top Level Soccer Match Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), pp.1018-1024.
- Reilly, T., y 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), pp.87-97.
- Scott, B., Lockie, R., Knight, T., Clark, A., y Janse de Jonge, X. (2013). A Comparison of Methods to Quantify the In-Season Training Load of Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), pp.195-202.
- Wehbe, G., Hartwig, T., y Duncan, C. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15, p.105.