



Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea



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

Revisión sobre la Capacidad de Repetir Esprines o RSA en jugadores de fútbol.

Trabajo Fin de Grado presentado por:

Sáenz Tomás, Juan

Dirigido por:

Rocandio Cilveti, Valentín

Curso: 2013/2014

Convocatoria ordinaria

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Vitoria/Gasteiz.

RESUMEN

En los últimos años, la capacidad para repetir esprines (RSA), se ha considerado como un factor limitante del rendimiento en el contexto deportivo del fútbol. En este sentido, esta revisión analiza los aspectos importantes que condicionan el rendimiento de la RSA, tales como los aspectos fisiológicos, los diferentes métodos de entrenamiento que se utilizan así como los test más utilizados para su evaluación. Por ello, el objetivo principal de esta revisión es dar a conocer los métodos y recomendaciones más importantes que se encuentran en la bibliografía para mejorar el rendimiento de los jugadores de fútbol en estas acciones de alta intensidad, así como conocer los test RSA más adecuados para realizar un seguimiento del rendimiento de los futbolistas a lo largo de la temporada.

Palabras clave: Fútbol, capacidad de repetir esprines, entrenamiento de alta intensidad, test de campo.

ABSTRACT

In recent years, the repeated-sprint ability (RSA) has been considered as a limiting factor in athletic performance context of soccer. In this sense, this review examines the important aspects that influence the performance of RSA, such as the physiological aspects, different training methods are used, as well as the most widely used test for evaluation. Therefore, the aim of this review is to present the methods and key recommendations found in the literature to improve the performance of soccer players in these high-intensity actions, as well as knowing the RSA test more suitable to track the performance of the players throughout the season.

Key words: Soccer, repeated-sprint ability, high intensity training, field testing.

ÍNDICE

1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	Pág. 13
2. <u>MARCO CONCEPTUAL</u>	Pág. 15
2.1 EL CONCEPTO DE LA RSA.....	Pág. 15
2.2 ASPECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA RSA	Pág. 17
2.2.1 BIOENERGÉTICA DE LA CAPACIDAD PARA REPETIR ESPRINES	Pág. 17
2.2.2 FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO MUSCULAR	Pág. 19
2.2.2.1 Limitaciones en el Suministro de energía.....	Pág. 19
2.2.2.1.1 Metabolismo Anaeróbico en la RSA.....	Pág. 19
2.2.2.1.2 Metabolismo Aeróbico en la RSA.....	Pág. 24
2.2.2.2 Acumulación de Metabolitos.....	Pág. 27
2.2.2.2.1 Capacidad Tampón.....	Pág. 27
2.2.3 FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO A NIVEL NEURAL	Pág. 29
2.2.3.1 impulso Neural.....	Pág. 29
2.2.3.2 Reclutamiento Muscular.....	Pág. 29
2.3 ENTRENAMIENTO PARA LA MEJORA DE LA RSA.....	Pág. 31
2.3.1 DIFERENCIACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS FRACCIONADAS	Pág. 32
2.3.2 ESTRATEGIAS ESPECÍFICAS DE ENTRENAMIENTO EN LA RSA	Pág. 33
2.3.2.1 Entrenamiento de Resistencia con métodos fraccionados para la mejora de los factores limitantes del rendimiento de la RSA	Pág. 33
2.3.2.2 Entrenamiento con esprines repetidos o “Repeated-Sprint Training”.....	Pág. 36

2.3.2.3	Entrenamientos con estrategias tradicionales en velocistas o “Sprint Training” para mejorar la RSA.....	Pág. 39
2.3.2.4	Entrenamiento con juegos en espacios reducidos o “Small-sided games” para mejorar la RSA.....	Pág. 42
2.3.2.5	Entrenamiento de Fuerza o “Resistance Training” para mejorar la RSA.....	Pág. 45
2.3.2.6	Capacidad de repetir esprines con cambios de dirección	Pág. 54
2.3.2.7	Entrenamiento de la Resistencia a la Velocidad en el fútbol relacionado con la RSA.....	Pág. 63
2.3.2.8	Relación de la capacidad de repetir esprines (RSA) y suplementación ergogénica.....	Pág. 66
2.3.3	RECOMENDACIONES PARA EL ENTRENAMIENTO EN LA MEJORA DE LA RSA.....	Pág. 70
2.4	PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LA RSA.....	Pág. 72
2.5	VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD RSA (TESTS).....	Pág. 75
2.5.1	PRODUCTOS Y VARIABLES DE ESTUDIO.....	Pág. 75
2.5.1.1	Variables de los test RSA en carrera.....	Pág. 76
2.5.1.2	Variables de los test RSA en cicloergómetro.....	Pág. 77
2.5.2	VALIDACIÓN DE LOS TEST DE LA CAPACIDAD DE REPETIR ESPRINES (RSA)	Pág. 78
2.5.2.1	Protocolos válidos de los test RSA en jugadores de fútbol	Pág. 79
3.	<u>CONCLUSIONES</u>	Pág. 91
4.	<u>LÍNEAS DE FUTURO</u>	Pág. 94
5.	<u>LA EVALUACIÓN: APRENDER A APRENDER</u>	Pág. 96
6.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	Pág. 97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Efectos del entrenamiento SSG en los parámetros de aptitud física
..... **Pág. 44**

Tabla 2. Consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}), VT, vVO_{2MAX} , y resultados de pruebas de campo, pre y postentrenamiento en el "S-group" y H-Group" **Pág. 47**

Tabla 3. Potencia de Pico en unidades absolutas (W) y por litro LLV durante el primer y décimo esprín y el porcentaje de decrecimiento de PPO en la prueba antes y después del entrenamiento..... **Pág. 47**

Tabla 4. El entrenamiento de fuerza y abdominales usados en el estudio **Pág. 50**

Tabla 5. Resumen de variables del entrenamiento..... **Pág. 51**

Tabla 6. Evolución de las respuestas fisiológicas y de percepción en los esprines de 30 metros y secuencias de RSA, incluyendo o no los diferentes ángulos (45° , 90° y 135°) **Pág. 57**

Tabla 7. Relaciones entre la realización durante un esprín de 30 metros y secuencias RSA realizadas con o sin cambios de dirección en ángulos diferentes **Pág. 58**

Tabla 8. Matriz de correlación de las medidas antropométricas, RSA y RCOD **Pág. 60**

Tabla 9. La media (SD) de todas las medidas en los 3 grupos..... **Pág. 61**

Tabla 10. Ejemplo del método empleado para calcular el índice de fatiga para 5 esprines de 6 segundos en cicloergómetro.....**Pág. 77**

Tabla 11. Método utilizado para calcular el trabajo absoluto (trabajo total) y relativo (% de decremento) de las calificaciones del test RSA.....**Pág. 90**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Reducción del % del mejor esprín de cinco esprines de 30 m separados por 25 segundos de período de recuperación..... **Pág. 16**

Figura 2. Resultados de los tiempos obtenidos en las 3 pruebas RSA..... **Pág. 18**

Figura 3. Aportación energética de las diferentes vías metabólicas (glucógeno, PCr y ATP) durante la realización de esfuerzos máximos de diferente duración.....
..... **Pág. 19**

Figura 4. Comparativa del grado de resíntesis de PCr post-esfuerzo tras la ejecución de 1 a 5 esprines de 6 segundos..... **Pág. 20**

Figura 5. Cambios en el metabolismo durante (a) el primer sprint, y (b) el último sprint, en una prueba de sprint repetidos..... **Pág. 22**

Figura 6. Relación entre potencia máxima desarrollada e índice de fatiga en jugadores de campo (n=11) profesionales de fútbol sala, durante el test RAST..... **Pág. 23**

Figura 7. Aumento en la contribución aeróbica en esprines repetidos..... **Pág. 24**

Figura 8. Factores limitantes del rendimiento en RSA..... **Pág. 30**

Figura 9. Cambios en reposo y después del ejercicio en el contenido de fosfocreatina (PCr) siguiendo el entrenamiento de intervalos de alta intensidad..... **Pág. 34**

Figura 10. Tiempo medio de los esprines del test RSA (indicador de la capacidad de repetir sprints) antes y después del periodo de 7 semanas de entrenamiento para el grupo ITG y RSG..... **Pág. 37**

Figura 11. Promedio de metros recorridos en el Recovery Test antes y después del período de 7 semanas de entrenamiento para el grupo ITG y RSG.....**Pág. 37**

Figura 12. Marco del programa SAQ.....**Pág. 40**

Figura 13. Cambios en las variables de los esprines y saltos, en el pre y post-test de ambos grupos.....**Pág. 41**

Figura 14. Cuatro semanas periodizadas de la intervención del entrenamiento
.....**Pág. 42**

Figura 15. *Intervención de entrenamiento SSG*.....**Pág. 43**

Figura 16. Trabajo total durante la primera fase (esprines 1-5) y la segunda fase del test (sprints 6-10) en la hipertrofia del “H-group” y la fuerza del “S-group”.....**Pág. 48**

Figura 17. Potencia media de salida escalada (MPO) por litro de volumen magro de la pierna (LLV) en la hipertrofia (H-group) y la fuerza (S-group), antes y después del entrenamiento.....**Pág. 49**

Figura 18. Trabajo total (J) de todos los esprines durante el Test RSA para el “RT₂₀ group” (□, n=9) y el “RT₈₀ group” (■, n=9), pre y post-entrenamiento.....**Pág. 51**

Figura 19. Pico medio de potencia de todos los esprines durante el Test RSA para el “RT₂₀ group” (□, n=9) y el “RT₈₀ group” (■, n=9), pre y post-entrenamiento.....**Pág. 52**

Figura 20. Trabajo total para cada esprín en la prueba RSA para el “RT₂₀ group” (RT20, n = 9) y “RT₈₀ group” (RT80, n = 9) pre-y post-entrenamiento.....**Pág. 52**

Figura 21. Descripción del funcionamiento de las secuencias de los RSA para que el tiempo inicial de esprín coincida, incluyendo los cambios de dirección (0°, líneal), 45 ° 90° y 135 en un sujeto representativo **Pág. 56**

Figura 22. Test de cambios de dirección repetidos (RCOD)..... **Pág. 60**

Figura 23. Aplicación del índice RSA/RCOD **Pág. 62**

Figura 24. Índices de esfuerzo del entrenamiento de Resistencia a la Velocidad **Pág. 65**

Figura 25. Diseño esquemático del protocolo de pruebas de rendimiento. CMJT, test de salto contra-movimiento; RST, test de esprines repetidos; IET, prueba de resistencia intermitente **Pág. 66**

Figura 26. Tiempos de rendimiento de 5 y 15 m durante la prueba de esprines repetidos antes y después del periodo de suplementación con creatina y placebo **Pág. 67**

Figura 27. Postest de la prueba de repetición de esprines (RST) de las concentraciones de amoniaco antes y después del periodo de suplementación de creatina y el placebo **Pág. 68**

Figura 28. Postest de la prueba de repetición de esprines (RST) de las concentraciones de lactato antes y después del periodo de suplementación de creatina y el placebo **Pág. 69**

Figura 29. Resumen de los factores que deben ser objetivo del entrenamiento para mejorar la capacidad de repetir esprines (RSA) **Pág. 71**

Figura 30. Promedio de las distancias de los sprints y intervalos de descanso	Pág. 79
Figura 31. Test RSA de 40 metros (20 metros ida más 20 metros vuelta.....	Pág. 80
Figura 32. Diagrama del test de esprín de Bangsbo.....	Pág. 81
Figura 33. Espacio para el desarrollo del Test de Balsom.....	Pág. 82
Figura 34. Test RSA de los 20 metros lineal.....	Pág. 83
Figura 35. Diagrama esquemático del protocolo del test de esprín repetidos 6 x 30 m	Pág. 84
Figura 36. Test RSA adaptado para la demarcación del lateral.....	Pág. 86
Figura 37. Test RSA adaptado para la demarcación del central.....	Pág. 87
Figura 38. Test RSA adaptado para la demarcación del Medio Centro.....	Pág. 88
Figura 39. Test RSA adaptado para la demarcación del delantero.....	Pág. 89

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a varias personas la ayuda que han depositado en mí, durante la ejecución del trabajo de fin de grado.

En primer lugar, agradecer a mi familia el apoyo y el ánimo durante la ejecución de este grado universitario, ya que sin ellos no hubiese sido posible.

Por otro lado, dar las gracias a Alex Lezaun Rodríguez, preparador físico del Juvenil División de Honor de Osasuna, por aconsejarme a elegir el título del TFG y también a Juantxo Martín Mendoza preparador físico actual del Osasuna Promesas por la facilitación de una serie de documentos acerca del tema con los que he podido desarrollar el presente trabajo

También agradecer al profesor Valentín Rocandio Civelti, mi tutor del TFG, por su ayuda, consejos, sabiduría e ideas y el buen trato durante todo el curso, con el que he emprendido este camino y me ha guiado para la consecución óptima del trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

Los recursos tecnológicos, brindan en la actualidad la posibilidad de analizar las acciones de los deportistas durante la competición. Dentro de estos patrones de movimiento, cabe destacar la capacidad para repetir esprines (RSA), siendo una acción muy característica de los deportes de naturaleza intermitente de alta intensidad (DIAI), tales como los deportes de equipo (fútbol, baloncesto, balonmano, fútbol sala etc.) o individual, en el caso del tenis (Barbero, Méndez y Bishop, 2006a).

La capacidad para repetir esprines (RSA) se puede describir como las acciones de intensidad máxima o casi máxima (entre 1 y 7 segundos), separados por breves periodos de recuperación (activa o pasiva) durante un periodo de tiempo relativamente largo, que abarca desde la hora de juego hasta incluso las cuatro horas dependiendo del deporte (Barbero et al., 2006a).

En lo que respecta al fútbol se realizan de dos o tres esprines cada minuto o dos minutos, secuenciados por otro tipo de esfuerzos tales como cambios de dirección, saltos, desplazamientos a velocidades inferiores etc. que no permiten una recuperación completa del jugador a lo largo del partido. Debido a esta naturaleza impredecible del fútbol, estas situaciones de alta intensidad pueden darse al final del partido, cuando los jugadores se encuentran fatigados, pudiendo decantar el resultado del encuentro por la acumulación de la fatiga (Spencer, Bishop, Dawson y Goodman, 2005; Arjol y Gonzalo, 2012).

En este sentido, la capacidad para repetir esprines, está adquiriendo un gran protagonismo en los deportes de equipo, siendo un patrón de movimiento específico que se le tiene que dar importancia a la hora de entrenar. Por todo ello, el objetivo principal de este Trabajo Final de Grado (TFG), es realizar una revisión de los aspectos que engloban a la RSA dentro de la disciplina del fútbol. Los temas a tratar serán: los



aspectos fisiológicos para entender qué mecanismos producen la fatiga en este tipo de acción; los sistemas de entrenamiento utilizados para mejorar los factores limitantes del rendimiento de la RSA y su relación con otras capacidades condicionales; qué tipo de planificación es utilizada; así como los test utilizados para la valoración de la RSA. Por último, se realizarán una serie de conclusiones acerca de los aspectos anteriormente nombrados, aportando una serie de opiniones al respecto.



2. MARCO CONCEPTUAL

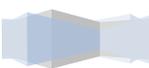
El marco conceptual va a contener una serie de apartados que van a describir, explicar y argumentar los objetivos expresados anteriormente mediante la revisión de una serie de fuentes bibliográficas acerca de la RSA.

2.1 EL CONCEPTO DE LA RSA

Cómo se recoge en multitud de estudios, la capacidad para repetir esprines o RSA se entiende como la capacidad de realizar un cierto número de esfuerzos de alta o máxima intensidad, con una duración breve, menor de 10 segundos, que se repiten en el tiempo de forma aleatoria (de manera dispersa o concentrada), intercalándose tiempos de recuperación incompleta, generalmente menores de un minuto y medio, que aparecen durante los 90 minutos del encuentro (Arjol y Gonzalo, 2012).

La capacidad de repetir esprines o RSA es importante mantenerla durante todo el partido debido a la naturaleza imprevisible del fútbol. No obstante, el análisis de este tipo de capacidad realizado por Arjol y Gonzalo, (2012) muestra que disminuye considerablemente en los minutos finales de un partido, así como las fases de alta intensidad requeridas durante el encuentro.

Esta afirmación también es apoyada por otros autores como Bangsbo, Mohr y Krstrup (2006) los cuales han provisto la evidencia de que la capacidad de los jugadores para realizar el ejercicio de alta intensidad, así como la cantidad de esprines realizados se reduce tanto en la segunda parte como al final del partido en jugadores profesionales y semiprofesionales.



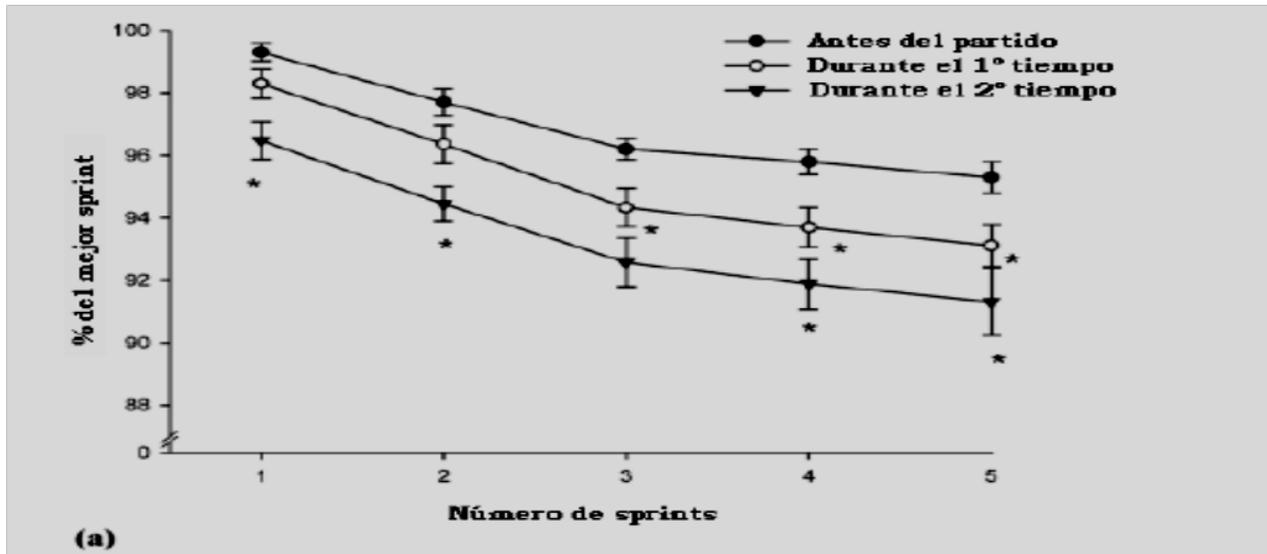
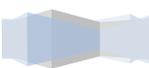


Figura 1. Reducción del % del mejor esprint de cinco sprints de 30 m separados por 25 segundos de período de recuperación. (a) Antes del partido (círculos sólidos); durante la primera parte (círculos abiertos) y en la segunda parte (triángulos sólidos) (Bangsbo et al., 2006).

Por ello, el descenso del rendimiento tanto al final del primer tiempo, como al final del partido, como en situaciones concretas posteriores a realizar esfuerzos de alta intensidad, necesita un sistema de entrenamiento condicional específico que reproduzca el patrón de movimiento de esta serie de acciones (saltos, sprints etc.), con el objetivo de retrasar la fatiga de los jugadores, pudiéndose conseguir como describen Arjol y Gonzalo, (2012) mediante la aplicabilidad del concepto RSA.



2.2. ASPECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA RSA

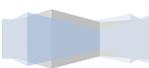
Las fuentes de suministro de energía asociadas a la RSA son variables, comprometiendo, principalmente, las vías anaeróbicas (índices de lactato sanguíneo elevados tras estas acciones) y las vías aeróbicas en menor medida (Arjol y Gonzalo, 2012).

Apoyando lo argumentado anteriormente, según Barbero et al. (2006a) desde el punto de vista energético, la RSA se diferencia del tradicional esquema descrito para deportes cíclicos y parece depender de una compleja interacción de los 3 sistemas de obtención de energía.

2.2.1 BIOENERGÉTICA DE LA CAPACIDAD PARA REPETIR ESPRINES

A pesar de la importancia de la RSA en los deportes intermitentes de alta intensidad (DIAI), el conocimiento sobre las características fisiológicas es escaso (Barbero et al., 2006a).

Durante el ejercicio de alta intensidad y corta duración (menos de 6 segundos) la mayor parte de la resíntesis del ATP proviene de la ruptura de la fosfocreatina (PCr) y de la degradación del glucógeno muscular a ácido láctico, por lo que, la mayor parte de la energía se obtiene del metabolismo anaeróbico. Por consiguiente, si estos periodos de ejercicio de gran intensidad se prolongan en el tiempo, la contribución por parte de la resíntesis del ATP del metabolismo anaeróbico pierde protagonismo, produciéndose un aumento de la contribución del metabolismo aeróbico. Entonces, la energía del metabolismo aeróbico no es tan alta y suficiente para mantener niveles de potencia



altos durante el partido desencadenando la disminución del rendimiento (Barbero et al., 2006a).

Este incremento de la participación del metabolismo aeróbico, se puede dar si la durabilidad del ejercicio sobrepasa los 20 segundos o si el número de repeticiones de los esprines es elevado aumentando el volumen de trabajo. En este sentido Barbero, Méndez y Bishop (2006b) analizaron la importancia de la duración del esprín al modificar la distancia y el número de repeticiones siempre manteniendo el mismo volumen de trabajo y la misma recuperación, observando que el aumento de la duración del esprín, produjo una disminución del rendimiento.

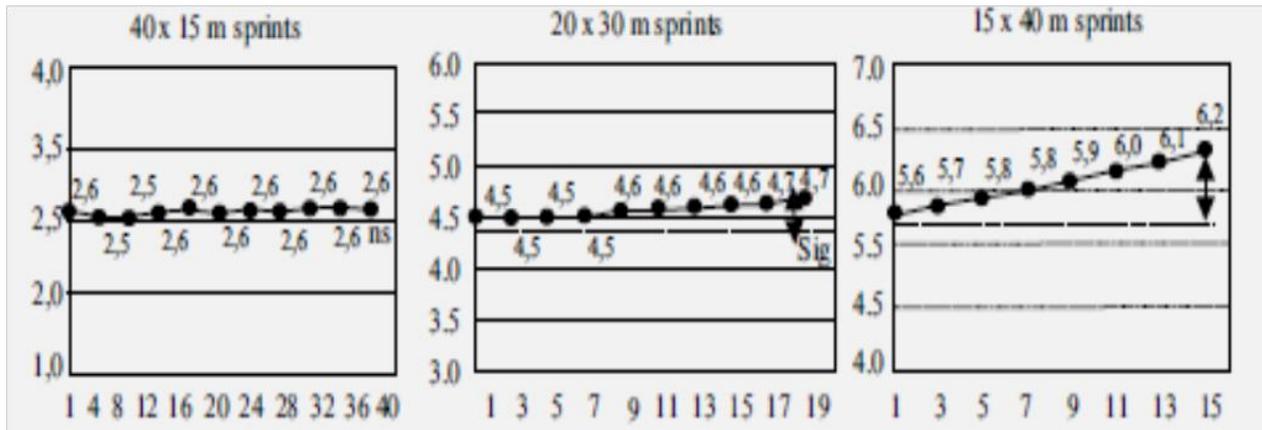


Figura 2. Resultados de los tiempos obtenidos en las 3 pruebas RSA (Barbero et al., 2006b).

Una vez descrito el sistema bioenergético de la RSA, a continuación se va a describir el papel por separado de cada una de las vías energéticas de una forma más desarrollada.



2.2.2 FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO MUSCULAR

2.2.2.1 Limitaciones en el Suministro de Energía

2.2.2.1.1 Metabolismo Anaeróbico en la RSA

Las demandas energéticas para abastecer los procesos contráctiles (Ej. Puentes de unión entre las cabezas moleculares de actina y miosina) como los no contráctiles (Ej. bomba Na^+/K^+ o bomba de Ca^{2+}), relacionado con el ejercicio de esprines repetidos son extremas, ya que el músculo esquelético puede almacenar entre 20 y 25 $\text{mmol}/\text{kg}^{-1}$ (tejido seco) de ATP y este tiene una tasa máxima de utilización de 15 $\text{mmol}/\text{kg}^{-1}$ (tejido seco) por segundo, por lo que en dos segundos de trabajo a máxima velocidad este quedará agotada. Entonces para poder mantener un buen nivel de rendimiento, el ATP deberá ser resintetizado por otros procesos metabólicos (Barbero et al., 2006a).

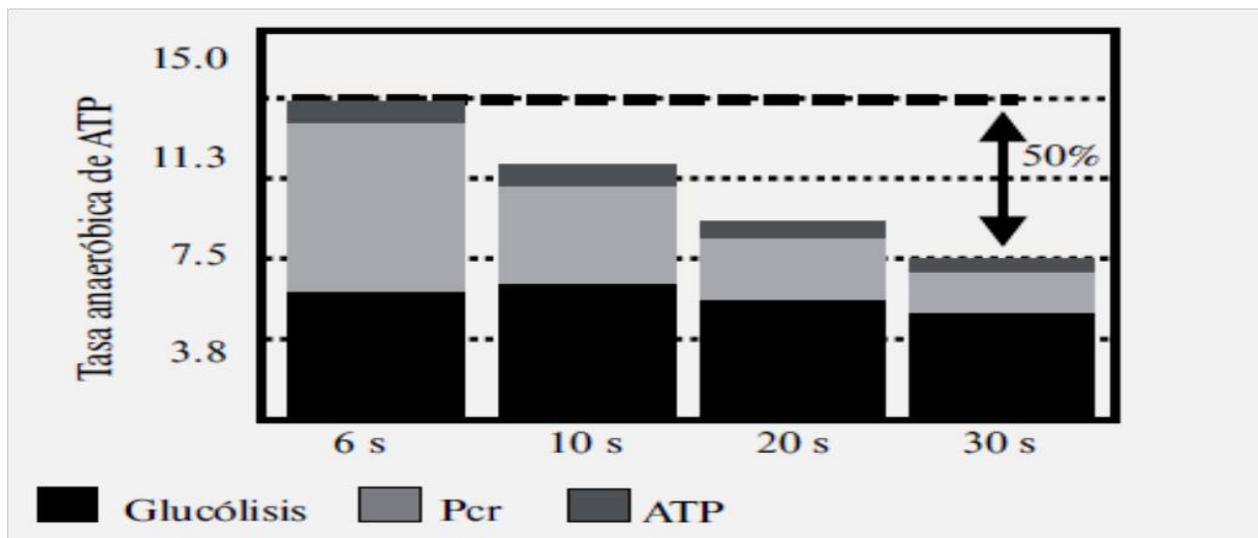


Figura 3. Aportación energética de las diferentes vías metabólicas (glucógeno, PCr y ATP) durante la realización de esfuerzos máximos de diferente duración (Barbero et al., 2006a).

Disponibilidad de fosfocreatina (PCr)

Durante un esfuerzo de seis segundos a intensidad máxima, alrededor del 50 % de la energía obtenida del metabolismo anaeróbico proviene de la fosfocreatina (PCr). Dado que la recuperación total de sus depósitos requiere entre tres y cinco minutos, los tiempos de recuperación pueden ser insuficientes en el contexto de los deportes de equipo, provocándose una resíntesis parcial de los depósitos de PCr antes de la siguiente acción explosiva (Barbero et al., 2006a).

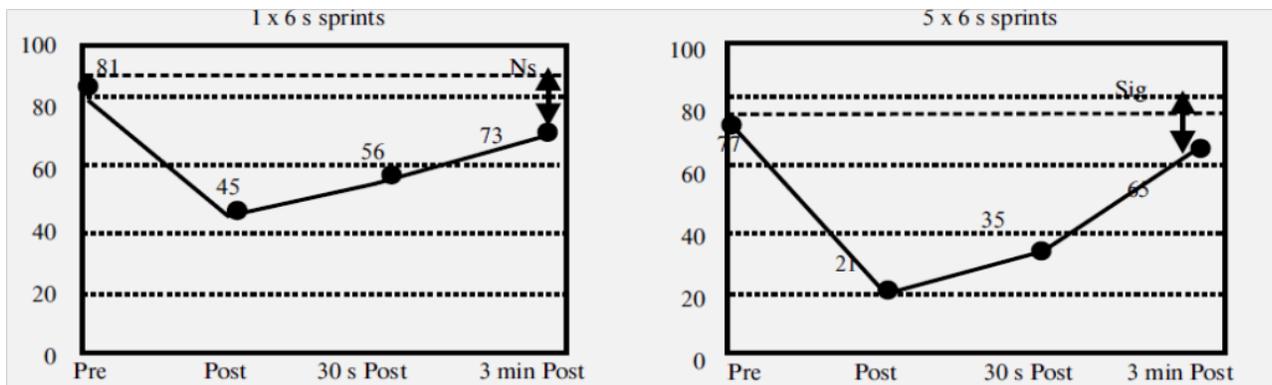


Figura 4. Comparativa del grado de resíntesis de PCr post-esfuerzo tras la ejecución de 1 a 5 esprines de 6 segundos (Barbero et al., 2006a).

Los procesos de resíntesis de fosfocreatina (PCr), tal y como se observan en la figura, dependen de la duración de los tiempos de descanso entre las acciones y del volumen de trabajo o número de repeticiones realizadas (Barbero et al. 2006a).

Una de las variables a nivel fisiológico para mejorar el rendimiento en la capacidad para repetir sprints, sería una mejora en la capacidad de resíntesis de la fosfocreatina, tal y como expresan Bishop, Girard y Mendez-Villanueva (2011) sugiriendo que el rendimiento de la RSA se puede mejorar mediante entrenamientos específicos que aumenten la tasa de resíntesis de este sustrato energético.

Con respecto a lo anteriormente expuesto, el metabolismo aeróbico es esencial para la resíntesis de la fosfocreatina durante la recuperación en ejercicios de alta intensidad

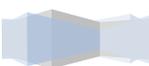
ya que como dice Barbero et al. (2006a) el proceso de resíntesis de PCr solamente se puede realizar en presencia de oxígeno. Por lo que esto sugiere que elevados índices aeróbicos (Por ejemplo, índices elevados de VO_{2MAX}) deberían permitir más rápidamente la resíntesis de la fosfocreatina en sí. No obstante Bishop et al. (2011) indica que la limitada investigación hasta la fecha no prescribe la intensidad óptima para tal propósito, utilizándose diferentes sistemas de entrenamiento fraccionados de resistencia.

Glucólisis Anaeróbica

La producción de ATP mediante la glucólisis anaeróbica, se activa rápidamente también, con una tasa máxima de utilización de 6 a 9 mmol/kg⁻¹ (tejido seco) por segundo. Si un ejercicio de alta intensidad se prolonga en el tiempo hasta los 30 segundos, la participación de la PCr pierde protagonismo y la glucólisis anaeróbica es la que adquiere protagonismo, siendo el principal soporte energético (Barbero et al., 2006a).

No obstante, durante los consecuentes esprines, la producción de ATP por esta vía sufre un gran decrecimiento en la producción de energía, por diferentes mecanismos, tales como la acidosis resultante de la degradación anaeróbica del glucógeno y la inhibición de dos enzimas clave como la fosforilasa y la fosfofructoquinasa (Barbero et al., 2006a; Bishop et al., 2011).

Esto se verifica en el estudio de Gaitanos, Williams, Boobis y Brooks (1993) donde se comprobó que en una prueba de esprines repetidos, durante el primer esprín la contribución energética por parte de la glucólisis anaeróbica fue del 44 %, mientras que en los sucesivos esprines, fue reduciéndose hasta llegar al último esprín en torno a un 16 %. En esta línea Girard, Mendez-Villanueva y Bishop (2011) expusieron índices similares, donde la contribución anaeróbica al principio del primer esprín fue del 40 % y en los sucesivos esprines llega a reducirse a menos del 10 %.



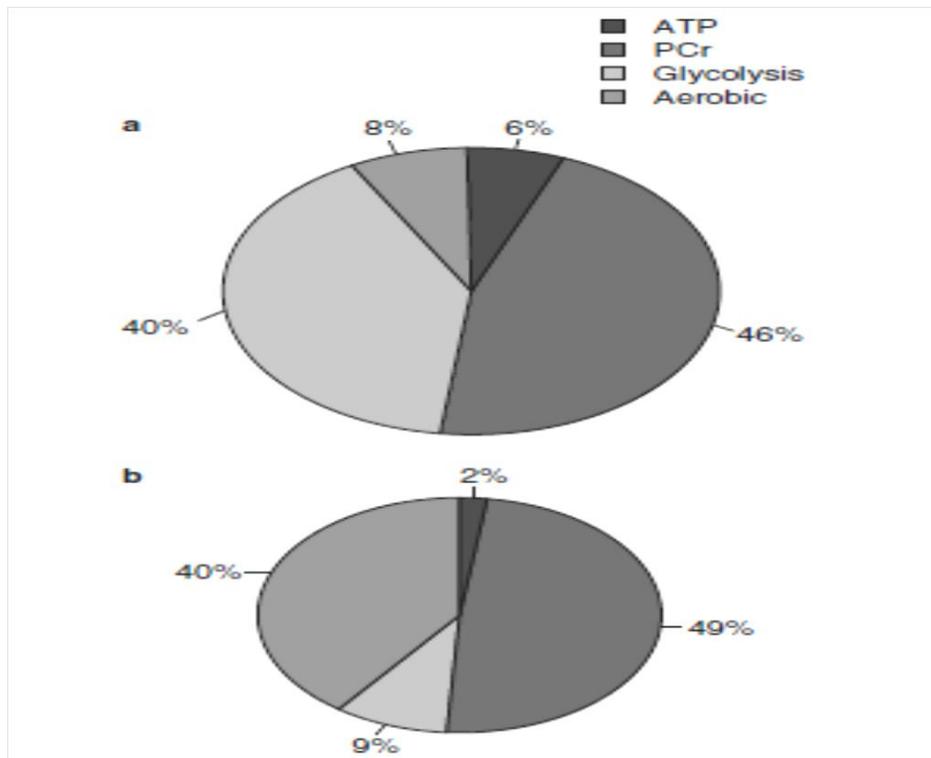


Figura 5. Cambios en el metabolismo durante (a) la el primer sprint, y (b) el último sprint, en una prueba de sprint repetidos. Se tiene que tener en cuenta que el área de cada círculo representa la energía total absoluta utilizada durante cada sprint. ATP= trifosfato de adenosina; PCr= fosfocreatina (Girard et al., 2011).

Un aumento de la producción de energía a través de la vía glucolítica anaeróbica podría conducir una mejora en el rendimiento de la RSA, impidiendo la pérdida de potencia durante los esprines.

No obstante, no está claro que un aumento en la tasa de producción de ATP del sistema anaeróbico glucolítico introduzca mejoras en el rendimiento de la RSA. Ya que, este aumento podría ser perjudicial debido a que sujetos con mayores decrementos en la producción de potencia durante la RSA, son los que parecen tener la mayor tasa glucolítica durante el primer esprín (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011).

Esta cuestión, se representa en lo descrito por Barbero et al. (2006b) con respecto al Índice de fatiga RAST, el cual indica que a mayor nivel de potencia por parte de los



jugadores, se produce una mayor disminución del rendimiento muscular en el curso de una prueba de esprines repetidos.

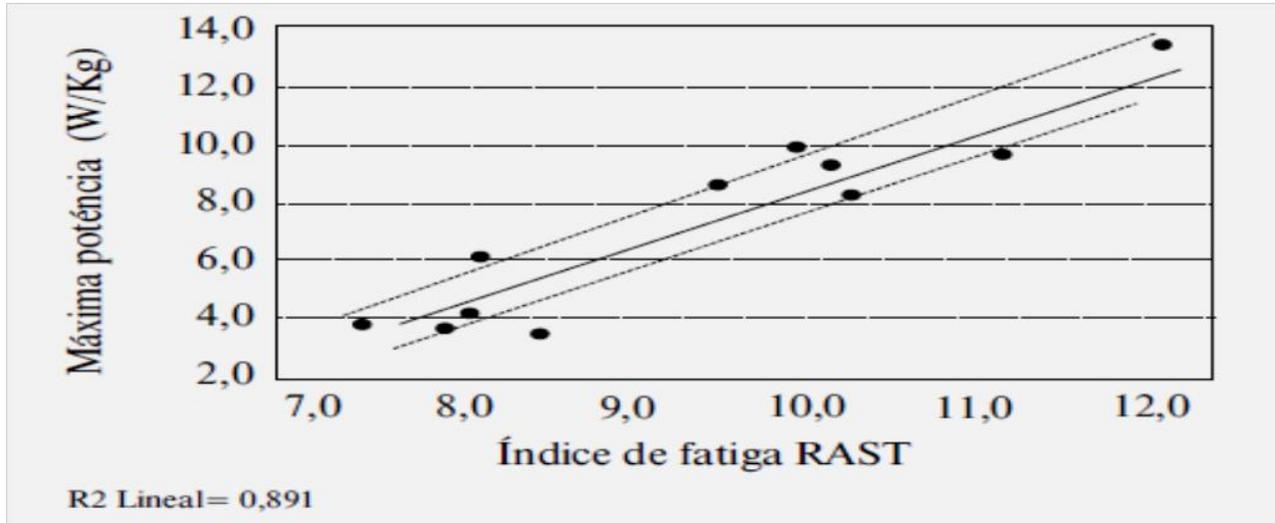
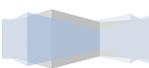


Figura 6. Relación entre potencia máxima desarrollada e índice de fatiga en jugadores de campo ($n=11$) profesionales de fútbol sala, durante el test RAST (Barbero et al., 2006b).

Por otro lado, discrepando lo anteriormente descrito, Bishop et al. (2011) y Girard et al. (2011) indican que sujetos con una mayor tasa glucogenolítica, como se ha descrito anteriormente, tienen un mayor rendimiento inicial de esprín, traduciéndose en una mejora en el rendimiento tanto en la media de los tiempos y en el tiempo final de la prueba RSA, indicando que aumentos en la contribución anaeróbica mejoren la capacidad de realizar esprines repetidos.

Dado que el entrenamiento no aumenta la cantidad de la degradación de fosfocreatina durante el ejercicio de alta intensidad, cambios en la capacidad de producir ATP por la vía anaeróbica glucolítica por el entrenamiento anaeróbico, podría producir mejoras en MAOD (maximal accumulated oxygen deficit), incrementando el potencial de esta vía metabólica para producir energía y así mantener durante más tiempo los niveles de potencia durante la RSA (Bishop et al., 2011).



2.2.2.1.2 Metabolismo Aeróbico en la RSA

A medida que aumenta el volumen o la distancia del ejercicio, se produce una reducción en la contribución del metabolismo glucolítico y un aumento de la participación aeróbica. Por lo que, el metabolismo aeróbico contribuye de forma significativa en los últimos esprines, demostrado en algún estudio, como en el de Barbero et al. (2006a) donde se analizó de forma directa el consumo de oxígeno durante un test RSA, en el cual, los datos muestran que el metabolismo aeróbico va incrementando según aumenta el número de esprines con cifras que pueden superar el 70% del consumo máximo de oxígeno o " $\dot{V}O_{2MAX}$ ", o tal y como sugieren Girard et al. (2011) que atletas de deportes de equipo con valores de consumo máximo de oxígeno entre 50- 65 ml/kg/min, pueden llegar a alcanzar su $\dot{V}O_{2MAX}$ en los últimos esprines.

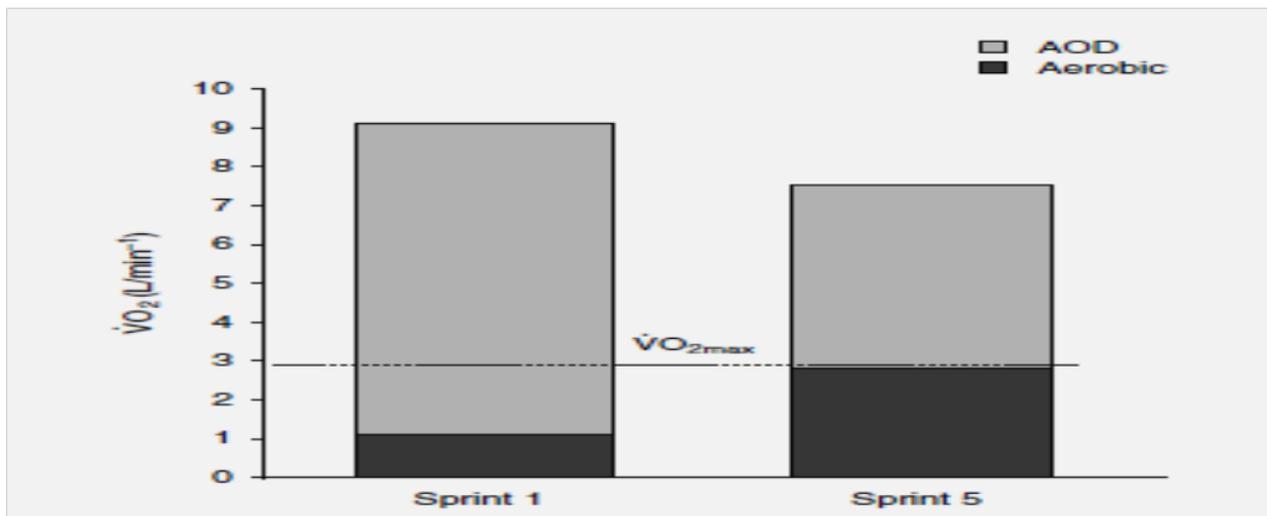


Figura 7. Aumento en la contribución aeróbica en esprines repetidos. La línea discontinua representa el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2MAX}$). AOD= Déficit de Oxígeno Acumulado; $\dot{V}O_2$ = Consumo de Oxígeno (Girard et al., 2011).

Una buena capacidad respiratoria mitocondrial, permitiría tener una cinética más rápida en la absorción del oxígeno de los grupos musculares intervinientes, un umbral anaeróbico más alto y un mayor $\dot{V}O_{2MAX}$, permitiendo así, acelerar los procesos de resíntesis de PCr y de aclarado de lactato, lo que llevaría a una mejora en la capacidad para resistir la fatiga durante la RSA en los últimos esprines, a través de la aceleración

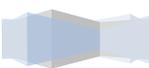
de los procesos de recuperación entre los esprines (Bishop et al., 2011; Bishop et al., 2006).

Para investigar esta serie de procesos, el parámetro más utilizado que permite medir la condición física aeróbica, ha sido el consumo máximo de oxígeno o " VO_{2MAX} ". No obstante, se ha dado una serie de contradicciones al respecto en base a los resultados obtenidos con este método.

Por un lado, en un estudio reciente se ha comprobado que la relación entre RSA y la capacidad aeróbica depende de la **distancia o duración del esprín**, al haber encontrado correlaciones significativas entre VO_{2MAX} e IF (índice de fatiga), para una prueba de seis esprines de 40 metros, no produciéndose con distancias inferiores con los mismos esprines (6x15 m y 6x 30 m), y mismo tiempo de recuperación (30 segundos). Por lo que, el VO_{2MAX} no es un buen indicador en pruebas de seis series con duraciones de seis segundos, o bien por la escasa duración del esfuerzo o porque el número de esprines no es suficiente para provocar una elevada demanda del sistema aeróbico, no obstante, la importancia de su utilización en el rendimiento se incrementaría cuando aumenta la duración del esprín (Barbero et al., 2006b).

Por otro lado, la realización de biopsias en el vasto lateral para obtener resultados con respecto a la capacidad oxidativa mitocondrial, muestran que una buena capacidad oxidativa muscular y de "aclaramiento" de lactato sanguíneo se asociaron con un menor nivel de fatiga durante una prueba RSA. Entonces se puede considerar que las mediciones de VO_{2MAX} podrían no ser suficientemente precisas para dilucidar adaptaciones en sistemas u órganos específicos, ya que el VO_{2MAX} está limitado por el sistema cardiorrespiratorio para proveer oxígeno a los músculos en contracción y no por la capacidad del músculo de extraer todo el oxígeno transportado (Barbero et al., 2006b).

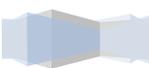
Otro de los aspectos importantes de la participación del sistema aeróbico en la RSA, es mediante su participación en la capacidad de resíntesis de PCr. Como bien exponen



Barbero et al. (2006a) está solo tiene lugar a través de los aspectos oxidativos. Entonces, se puede considerar que aumentos del VO_{2MAX} en jugadores de fútbol implicaría una mejora en la recuperación de las reservas de PCr. En esta línea Arjol y Gonzalo, (2012) indican que se puede contribuir a la mejora de su resíntesis, a través de cuanto mayor sea el porcentaje de VO_{2MAX} utilizado a nivel del umbral anaeróbico.

Al respecto de lo anteriormente comentado Bishop et al. (2011) creen que entrenamientos que contengan ejercicios intensos (entorno al 100 % del VO_{2MAX} , sin pasarse de este punto) que no atribuyan suficiente oxígeno a los músculos durante las acciones provocan mayores aumentos en el VO_{2MAX} . El entrenamiento fraccionado es el más utilizado, ya que produce mayores aumentos en el consumo máximo de oxígeno.

Por otro lado, los entrenamientos continuos utilizan intensidades bajas (por debajo del 56 % del VO_{2MAX}) para mejorar el VO_{2MAX} , produciendo un estímulo insignificante para mejorar el consumo máximo de oxígeno. Sin embargo con intensidades más altas (igual o superior al 60 % del VO_{2MAX}) se ha observado que produce mejoras en el VO_{2MAX} similares que con el entrenamiento fraccionado, demostrándose entonces que existe un umbral mínimo de intensidad en el entrenamiento continuo (por encima del 60 % del VO_{2MAX}) que sobrepasándolo se producen mejoras equivalentes (Bishop et al., 2011).



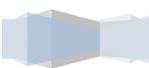
2.2.2.2 Acumulación de metabolitos

Otros de los aspectos que hay que considerar en los factores limitantes del rendimiento muscular es la acumulación de metabolitos producidos por las diferentes vías metabólicas. Al respecto Barbero et al. (2006b) describen ciertos metabolitos acumulados a nivel contráctil del músculo esquelético, como hidrogeniones (H^+); Fosfato inorgánico (P_i); Adenina Monofosfato (AMP); Adenina Disfosfato (ADP); y Inosina Monofosfato (IMP), que ocasionan una limitación en el aprovisionamiento de la energía necesaria en los procesos de contracción. De los diferentes metabolitos acumulados, se puede destacar que durante la RSA los hidrogeniones o " H^+ " acumulados en la sangre y en el músculo son los que tienen suma importancia en la reducción del rendimiento.

2.2.2.2.1 Capacidad Tampón.

Durante el ejercicio de alta intensidad, el glucógeno es utilizado para refosforilar ATP. Esto conlleva a una acumulación de ácido láctico en el espacio intracelular. Por consiguiente, el ácido se disocia en lactato y en iones de hidrógeno (H^+), provocando una reducción en el pH muscular (acidosis) de los músculos implicados en el movimiento, por la acumulación de los iones de hidrógeno (Barbero et al., 2006b).

Esta acumulación de iones de hidrógeno produce un descenso del rendimiento en el esprín, al menos por dos razones: el primer motivo es que con un pH muscular bajo podría producir la inhibición de la fosfofructoquinasa (enzima importante en el ciclo de la glucólisis anaeróbica); y el segundo motivo, se refiere a la existencia de la correlación entre la disminución del pH y la reducción de la producción de fuerza a medida que la fatiga se desarrolla (Barbero et al., 2006b).



Una de las estrategias para paliar esta acidosis debida al exceso de H^+ , sería una buena capacidad para tamponar los hidrogeniones para impedir el descenso del rendimiento durante la RSA (Barbero et al., 2006b; Bishop et al., 2011).

La regulación del pH intracelular durante ejercicios intensos (como la RSA) se produce gracias al tamponamiento intracelular ($\beta_{m \text{ in vitro}}$) y un conjunto de sistemas de transporte de la membrana, destacando el transportador monocarboxilato (MCTs). Por lo que un aumento tanto de (MCTs) y ($\beta_{m \text{ in vitro}}$) permitiría una eliminación mayor de H^+ para poder mantener la potencia durante la RSA (Bishop et al., 2011).

Sin embargo, Barbero et al. (2006b) encontró una serie de evidencias que desafían el papel de la acidosis como el principal causante de la fatiga muscular en el rendimiento en la RSA. Estas evidencias sugieren que más que una acción directa en el músculo contráctil, esta acidosis tiene una acción indirecta, ocurriendo una respuesta refleja como resultado de niveles intramusculares elevados de diferentes metabolitos como H^+ , K^+ , lactato etc. Si este fuera el caso, esta respuesta actuaría como un mecanismo de defensa a nivel subconsciente, que se iniciaría para prevenir la posibilidad de daños irreparables a nivel celular. La aceptación de esta teoría implicaría que el rendimiento muscular estaría controlado por el sistema nervioso central y que la fatiga en RSA dependería en gran medida de mecanismos de control a nivel nervioso. No obstante, se necesitan más estudios longitudinales al respecto.

En resumen, se sabe muy poco de los mecanismos que producen la fatiga durante una prueba de RSA, obteniendo conclusiones alcanzadas irreconciliables, lo que no permite sacar aportaciones válidas y basadas en evidencias científicas para entrenadores, preparadores físicos o científicos del deporte para mejorar la RSA en los deportistas de DIAI (Barbero et al., 2006b).



2.2.3 FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO A NIVEL NEURAL

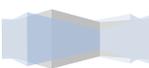
2.2.3.1 Impulso Neural

La realización de esprines demanda altos niveles de impulso nervioso en los grupos musculares limitantes del ejercicio. Por ello, la falta de inervación de la musculatura para contraerse (según evaluación mediante electromiografía de superficie o “EMGS”, para observar la actividad eléctrica de los músculos esqueléticos), disminuiría teóricamente la producción de fuerza y por tanto se reduciría el rendimiento en la RSA. Esto puede conllevar a que en situaciones de fatiga considerable, un fallo en la activación completa de la musculatura contráctil puede llegar a ser un factor importante que contribuya aún más a incentivar la fatiga durante la actividad física (Girard et al., 2011).

Girard et al. (2011) recopilan diferentes técnicas para mejorar la activación muscular. Las más utilizadas se puede decir que son: el entrenamiento pliométrico; el entrenamiento excéntrico de fuerza y también la electroestimulación. No obstante, se hace necesario aún más investigación para respaldar estos métodos en lo que respecta en la mejora de la activación muscular para aumentar el rendimiento en la capacidad de repetir esprines.

2.2.3.2 Reclutamiento Muscular

Otro factor neural que puede contribuir a la fatiga durante la RSA, es la modificación de las estrategias de reclutamiento muscular. En algunos estudios, se ha observado también mediante EMGS, que en los últimos esprines de una prueba RSA, se produce una activación anticipada de la musculatura antagonista (flexores de la rodilla), que de



la agonista (músculos extensores de la rodilla), provocando una descompensación en la innervación motora de los diferentes grupos musculares (Girard et al., 2011).

Por otro lado, también mediante la técnica EMGS, se puede observar que durante los últimos esprines, se produce una modificación en el patrón de reclutamiento de las fibras musculares, ya que se produce una disminución en el reclutamiento de las fibras rápidas (tipo II), con aumento de innervación de las fibras lentas (tipo I), lo que demuestra que a mayor número de esprines repetidos, aumenta la contribución de las fibras musculares tipo I, como resultado a la tendencia de la fatiga de las fibras tipo II, altamente solicitadas durante este modo de ejercicio (Girard et al., 2011).

En resumen, se puede decir que los factores limitantes a nivel fisiológico en la RSA tienen dos vertientes. Por un lado a nivel muscular, donde se puede destacar la limitación de energía por parte de las 3 vías metabólicas; la acumulación de metabolitos, ya sea de fosfato inorgánico producida por la degradación de fosfocreatina (PCr) y la acidosis producida por la glucólisis anaeróbica del glucógeno; y la consecuente excitabilidad muscular producida por los desencadenantes ya nombrados anteriormente. Y por otro lado, a nivel neural, donde se produce una disminución del impulso neural y modificaciones del reclutamiento muscular a lo largo de la consecución de los esprines.



Figura 8. Factores limitantes del rendimiento en RSA. (Adaptado de Girard et al. ,2011)

2.3 ENTRENAMIENTO PARA LA MEJORA DE LA RSA

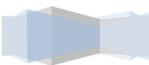
A la hora de utilizar sistemas de entrenamiento para la mejora de la RSA, se utilizan diferentes variables: el tipo de actividad motriz (saltos, carreras, aceleraciones, frenadas etc.); la duración y el número de esprines; y también el tipo de recuperación (activa o pasiva) y su duración entre estos (Arjol y Gonzalo, 2012).

Por otro lado, en cuanto al entrenamiento, desde el punto de vista fisiológico, los métodos más sugeridos son los que mejoran los factores limitantes relacionados con la fatiga. Estos factores se concretan en la capacidad de resíntesis de PCr y la capacidad tampón del músculo para paliar la acidosis creciente derivada de la glucólisis anaeróbica, sin olvidarse de la progresiva importancia de la vía aeróbica en el aporte de energía en forma de ATP, en función del aumento en el número de esprines o de la distancia recorrida (Arjol y Gonzalo, 2012).

Los sistemas utilizados para la mejora de la RSA, son principalmente los métodos fraccionados, ya que provocan mejores adaptaciones fisiológicas incluso a nivel aeróbico, que los continuos (menor intensidad y mayor volumen) y la acción motriz se asemeja de forma específica al patrón de movimiento y esfuerzo de los deportes de equipo, y en especial al fútbol (Arjol y Gonzalo, 2012; Ferrer, 2012).

Estos métodos están dirigidos principalmente para la mejora de los resultados del test RSA en sus diferentes variables. Por un lado para mejorar el tiempo del esprín, traduciéndose en la media de los tiempos y por otro lado disminuir la disminución del rendimiento a lo largo de los sucesivos esprines.

Por lo que a continuación, se va a explicar una clasificación de esta serie de métodos fraccionados, ya que a la hora de leer las fuentes bibliográficas, resulta un tanto titubeante y puede atraer confusión a la hora de aclarar y entender qué tipo de



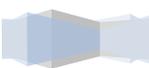
entrenamiento fraccionado se está utilizando para mejorar algún aspecto aeróbico o anaeróbico acerca de la RSA.

2.3.1 DIFERENCIACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS FRACCIONADAS: INTERMITENTES, INTERVALADOS Y DE ESPRINES REPETIDOS O “REPEATED SPRINT ABILITY” (RSA)

Resulta difícil realizar definiciones y diferenciaciones de estas metodologías. A modo de resumen y buscando una estandarización, se tomará como base el análisis de un importante sustento bibliográfico (Ferrer, 2012).

Por un lado se encuentra el *entrenamiento Intermitente* o “Intermittent Training”. Este sistema se caracteriza principalmente por tiempos de trabajo y pausas no superiores al minuto, incluso se podría hablar de tiempos no superiores a los 15 o 20 segundos. Ejemplos de entrenamiento podrían ser 5x5”; 10x10”; 15x15” etc. La intensidad tomando como referencia la VAM (Velocidad Aeróbica Máxima), partiría con ejercicios del 100 % de la VAM en adelante, es decir, se utilizarían ejercicios de intensidad máxima a supramáxima (Ferrer, 2012).

Por otro lado, se encuentra el *entrenamiento Intervalado* o “Interval Training”. Este método, también conocido como método de Friburgo, posee características bastante diferentes, con tiempos de trabajo/pausa más largos que el anterior, que varían de 1’ a 5’. Ejemplos de entrenamiento podrían ser 2x2’, 3x3’ etc. La intensidad dentro de este sistema variará entre el punto de crisis metabólico de repercusión sistémica (Umbral Anaeróbico) y la VAM, es decir, se utilizarán ejercicios de intensidad submáxima a máxima (Ferrer, 2012).



Por último, se encuentra la metodología de esprines repetidos relacionadas con la capacidad de repetir esprines o RSA (Repeated Sprint Ability), es semejante a la metodología intermitente con la diferencia de que esta la intensidad es siempre la máxima posible para cada esfuerzo, por lo que permitiría menores volúmenes totales. Entonces la diferencia radica en que la intensidad será siempre máxima (al out), la cual se encuentra por encima del 150 % de la VAM. Dentro de esta metodología se encuentran dos protocolos de entrenamiento de esprines repetidos. Por un lado se encuentra los esprines intermitentes o intervalados “Sprint Interval Training” (SIT), el cual se caracteriza por tener esfuerzos un poco más extensos con pausas completas (20-30” de esfuerzo con pausas de dos a cuatro minutos); y otro denominado como esprines repetidos propiamente dicho (RSA), con esfuerzos más cortos (por debajo de 15”, generalmente entre cinco y diez segundos), con pausas semi-completas por serie que rondarían entre tres y seis veces el tiempo de trabajo (Ferrer, 2012).

Una vez diferenciado los métodos fraccionados, los cuales, como se ha dicho anteriormente son los más utilizados, se van a nombrar cuales son las estrategias más representativas a nivel condicional para mejorar el rendimiento de capacidad para repetir esprines.

2.3.2 ESTRATEGIAS ESPECÍFICAS DE ENTRENAMIENTO EN LA RSA

2.3.2.1 Entrenamiento de Resistencia con métodos fraccionados para la mejora de los factores limitantes del rendimiento muscular de la RSA

Estos entrenamientos fraccionados de naturaleza intermitente utilizados en la bibliografía, se utilizan principalmente para mejorar los factores limitantes del rendimiento muscular, con el objetivo de mejorar la capacidad de recuperación entre

esprines (mejorando el proceso de resíntesis de PCr y la capacidad tampón) y mantener en sí, la potencia durante la realización de los esprines.

Como se ha dicho anteriormente en los aspectos fisiológicos, la capacidad para resintetizar los depósitos de fosfocreatina (PCr), solo se pueden reponer a través de los procesos aeróbicos. En este sentido Bishop et al. (2011) nombra dos tipos de entrenamiento de resistencia para mejorar la tasa de resíntesis de la PCr y el perfil aeróbico de los jugadores, utilizando por un lado el entrenamiento de resistencia continuo (>60 % del VO_{2MAX}) y por otro lado, la utilización de un método fraccionado como el Interválico, el cual incluye, de 6 a 12 repeticiones con una duración de 2 minutos y una intensidad entre el 80-90 % del VO_{2MAX} con 1 minuto de descanso entre ellas, demostrando mejoras significativas en la resíntesis de PCr durante los primeros 60 segundos posteriores al ejercicio de alta intensidad.

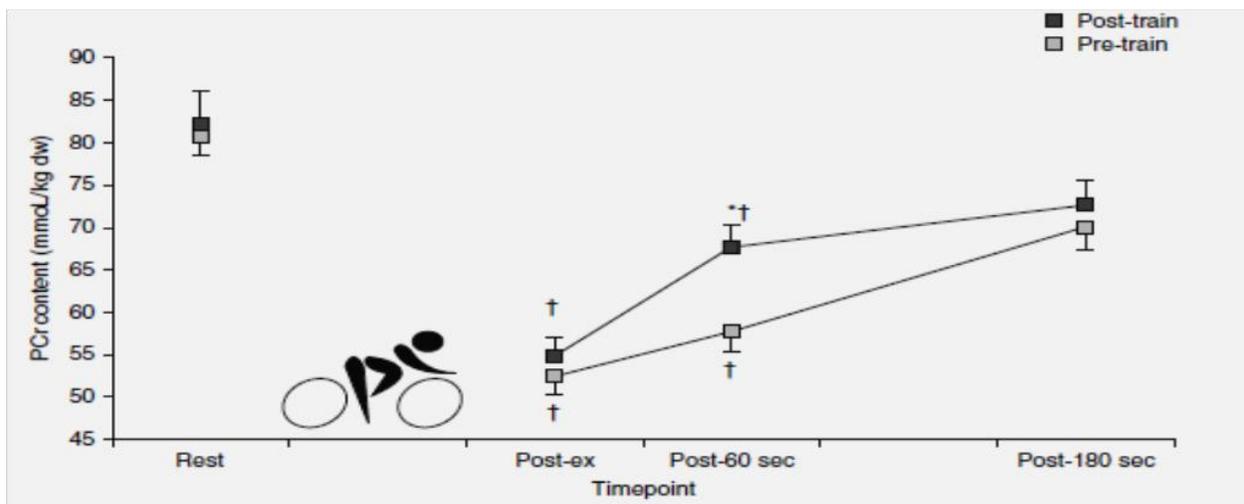


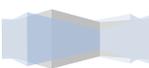
Figura 9. Cambios en reposo y después del ejercicio en el contenido de fosfocreatina (PCr) siguiendo el entrenamiento de intervalos de alta intensidad. dw = peso seco; * indica la diferencia significativa con respecto al pre train; † indica significativamente diferente del resto (Bishop et al., 2011).

Mediante otros sistemas de entrenamiento fraccionados, al 130 % del VO_{2MAX} , como el entrenamiento intermitente (Intermittent Sprint Training) etc. no mostraron mejores resultados con respecto a la tasa de recuperación de la fosfocreatina. Estos resultados

pueden ser debidos probablemente a que este tipo de entrenamiento por encima del VO_{2MAX} no mejora la condición aeróbica de los sujetos o también que la medición de los resultados de la PCr fueron medidos tres minutos después de la prueba siendo menos propenso a ser influenciada por el entrenamiento (Bishop et al., 2011).

Por otro lado, con respecto a potenciar la vía anaeróbica láctica para producir energía, se ha observado, que la utilización de entrenamientos fraccionados, por encima del consumo máximo de oxígeno, producen mejoras en el déficit de oxígeno máximo acumulado (MAOD) y/o incrementos en enzimas importantes de la glucólisis anaeróbica, como la fosforilasa y la fosfofructoquinasa. En este sentido Bishop et al. (2011) explican que para la mejora del rendimiento anaeróbico de las acciones en deportes de equipo, se deben utilizar entrenamientos de alta intensidad (entre el 100-200 % del VO_{2MAX}) fraccionados de duración entre 20-30 segundos con intervalos de descanso completo entre series entorno a 10 minutos (con descansos inferiores no se producen las mismas adaptaciones), donde se podría utilizar correctamente el entrenamiento descrito por Ferrer (2012) de esprines intermitentes o intervalados "Sprint Interval Training" (SIT).

En lo que respecta a la capacidad tampón, los métodos de entrenamiento de resistencia fraccionados buscan la mejora de la regulación del pH muscular, aumentando la capacidad tampón ($\beta_{m \text{ in vitro}}$) y el transportador de membrana MCTs. Para aumentar $\beta_{m \text{ in vitro}}$ destaca el entrenamiento Intervalado "Interval Training" con intensidades en torno al 100 % del VO_{2MAX} (por ejemplo, 5 a 8 series con repeticiones de 2 minutos con pausas intercaladas de 1 a 3 minutos), con un volumen de entrenamiento de dos a tres días por semana durante tres a cinco semanas. Por otro lado, para aumentar niveles de MCTs, destacan los entrenamientos de resistencia intermitente "Intermitent Training" (por ejemplo, ocho series de 30 segundos al 130% del VO_{2MAX} con pausas de 90 segundos) con volúmenes de entrenamiento de dos a tres días durante seis u ocho semanas (Bishop et al., 2011).



2.3.2.2 Entrenamiento con esprines repetidos o “Repeated-Sprint Training”

Es el método más popular utilizado por los deportes de equipo para mejorar la RSA. El método de esprines repetidos (RSA), se puede observar que produce mayores mejoras en el mejor tiempo de esprín y en el tiempo medio de los esprines durante la prueba RSA. No obstante, el “Interval Training” parece ser que reporta un menor decrecimiento del rendimiento del esprín y una mejora en el índice de fatiga al acabar la prueba (Bishop et al., 2011).

Para verificar este argumento, existen fuentes científicas que han realizado diferentes comparaciones de ambos métodos. Siguiendo esta línea, en el estudio realizado por Ferrari Bravo, Impellizzeri, Rampinini, Castagna, Bishop y Wisloff (2008) compararon las adaptaciones aeróbicas producidas por un protocolo de entrenamiento Intervalado “Interval Training” con las generadas por un entrenamiento de esprines repetidos (RSA) con un total de 42 jugadores de fútbol (22 profesionales junior y 20 jugadores de primera división). Por consiguiente estos se dividieron en 2 grupos. El grupo ITG realizó un entrenamiento intervalado “Interval Training” (4 carreras de 4 minutos al 90-95 % de la FCMáx, con 3 minutos de recuperación activa entre ellas) y el grupo RSG realizó entrenamientos de esprines repetidos “Repeated Sprint Ability” (3 series de 6 sprints de 40 metros con 20 segundos de recuperación pasiva entre esprín y 4 entre serie). Se midió la resistencia específica mediante el “Yo-Yo Test de recuperación intermitente” y la capacidad de repetir esprines entre otras. Los datos muestran que se produjo una gran mejoría en la capacidad de repetir esprines por parte del grupo RSG.



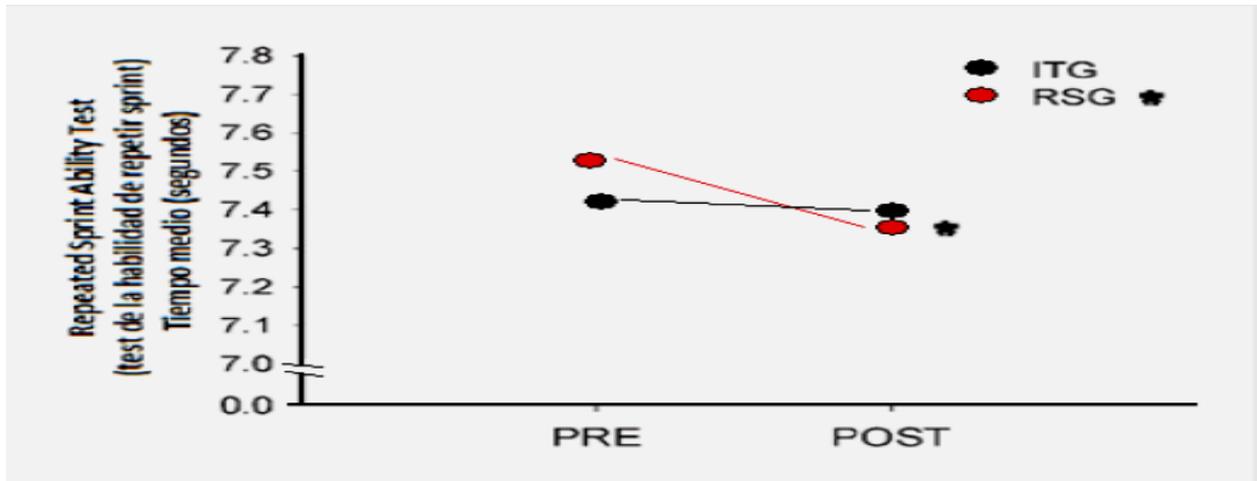


Figura 10. Tiempo medio de los esprines del test RSA (indicador de la capacidad de repetir sprints) antes y después del periodo de 7 semanas de entrenamiento para el grupo ITG y RSG. * $P < 0,001$ (Ferrari Bravo et al., 2008).

Como se puede observar, en la prueba RSA en el grupo ITG no obtuvo mejoría significativa, mientras que en el grupo RSG el rendimiento en la misma prueba mejoró significativamente en un 2,1 % (Ferrari Bravo et al., 2008).

Con respecto al YOYO Test de recuperación intermitente se reportaron beneficios en ambos grupos, no obstante, el grupo RSG obtuvo resultados mucho más significativos que el grupo ITG.

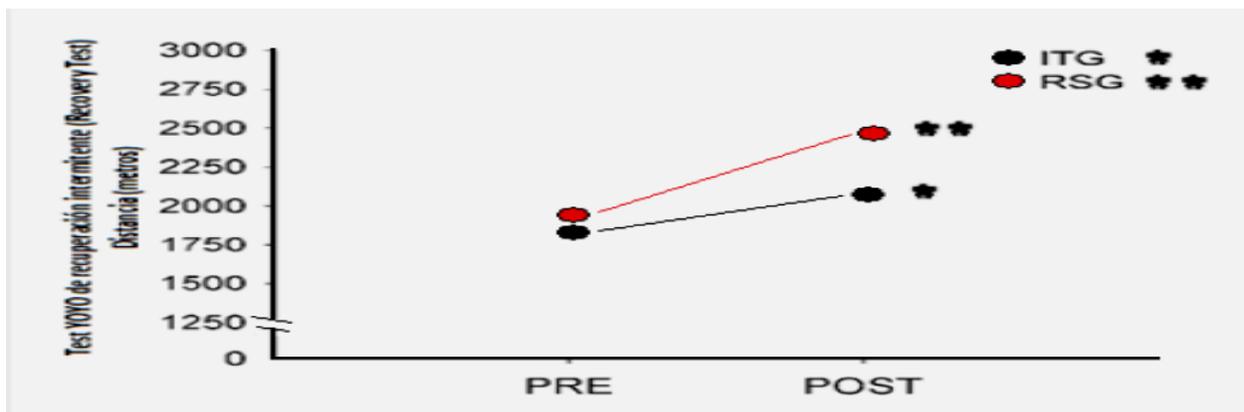


Figura 11. Promedio de metros recorridos en el Recovery Test antes y después del periodo de 7 semanas de entrenamiento para el grupo ITG y RSG. * $P < 0,01$; ** $P < 0,001$ (Ferrari Bravo et al., 2008).

En este caso la metodología de entrenamiento de esprines repetidos ha obtenido mayores mejorías con respecto al entrenamiento del “Interval Training”, contrastando los resultados observados e investigados por Bishop et al. (2011) en el cual se observaban mayor rendimiento con el entrenamiento de “Interval Training” con respecto a la mejoría en la decadencia del rendimiento en los sucesivos esprines. Igual esto se debe a que el estudio realizado por Ferrari Bravo et al. (2008) fue con futbolistas, los cuales se beneficiaron enormemente de la naturaleza específica del entrenamiento con los esprines repetidos (RSA) provocando adaptaciones óptimas en su rendimiento.

Mientras el sistema de entrenamiento “Interval Training” reduce el decrecimiento del rendimiento del esprín (posiblemente debido a las adaptaciones fisiológicas), el método de esprines repetidos (RSA) o el “Intermittent Training” producen una mejoría en el rendimiento individual de los esprines. Por lo que, aunque sea difícil realizar recomendaciones universales de este aspecto después de haber observado resultados adversos en los diferentes estudios, lo mejor sería una combinación de los 2 métodos, por un lado, el entrenamiento de esprines repetidos (RSA) para mejorar el rendimiento individual de los esprines más el “Interval Training” para mejorar la recuperación entre los esprines a través de los aspectos aeróbicos, siendo seguramente la mejor estrategia para mejorar la capacidad de repetir esprines o RSA en los deportes de equipo (Bishop et al., 2011; Arjol y Gonzalo, 2012).

La utilización de entrenamientos similares al test, utilizado para evaluar la RSA, cabe destacar que últimamente también ha sido cuestionada, ya que la mejora de la RSA, en el test aplicado, podría deberse a la mejora de los patrones motores y coordinativos que influyen en el test más que en la mejora de la RSA en sí (Arjol y Gonzalo, 2012).

Concluyendo y siguiendo la línea anterior, los autores señalan que las mayores mejoras obtenidas hasta la actualidad, han sido combinando el “Interval Training” con el entrenamiento de esprines repetidos (RSA). Por lo tanto la clave estaría en determinar las estrategias adecuadas para combinar las formas de entrenamiento,

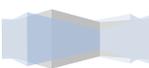
aplicándose correctamente de forma separada o simultánea, evitando las interferencias negativas entre ellas (Arjol y Gonzalo, 2012).

2.3.2.3 Entrenamientos con estrategias tradicionales en velocistas o “Sprint Training” para mejorar la RSA

Dadas las mejoras en el rendimiento del esprín individual mediante el entrenamiento de esprines repetidos y el entrenamiento intermitente (“Intermittent Training”), otro de los aspectos a investigar es utilizando estrategias de entrenamiento en velocistas para mejorar el rendimiento en RSA (Bishop et al., 2011).

Los jugadores de fútbol raramente alcanzan la máxima velocidad durante los esprines en los encuentros. No obstante, la fase inicial en la carrera de velocidad (la velocidad de reacción y la aceleración), tienen una gran importancia en el fútbol. Por lo que con estrategias de entrenamiento en velocistas pueden ayudar a mejorar estas manifestaciones elementales de la velocidad optimizando el rendimiento de los futbolistas (Jovanovic, Sporis, Omrcen y Fiorentini, 2011).

Los protocolos de entrenamiento de velocidad y agilidad específica, utilizados en jugadores de fútbol mejoraron los tiempos de esprín en pruebas RSA, tal y como muestran Bishop et al., (2011) que utilizando estas estrategias con futbolistas, estos mejoraron un 2,2 % el tiempo medio de esprín. Siguiendo esta línea, también el estudio de Jovanovic et al. (2011) realizado con 100 futbolistas, indica que el grupo (Grupo GE) que siguió un entrenamiento específico de velocidad, agilidad y rapidez (SAQ=Speed, Agility y Quicknes), durante 8 semanas dentro de la temporada, compaginándolo con el trabajo de fuerza, resistencia y con el trabajo de la técnica y la táctica que se llevaba realizando, obtuvieron mejoras respecto al otro grupo en la prueba RSA.



Dynamic flexibility	Mechanics	Innervations
Toe walk	<i>Arm mechanics-arm drive</i>	Single walk
Heel walk	Partner drills	Single run
Jogging and hug	Arm drive for jumping	Single lateral steps
Small skip	Buttocks bounce	Up and back
Wide skip	<i>Leg mechanics</i>	Lateral step in-out
Single knee dead-leg lift	Knee-lift development	Small dead-leg run
Knee-across skip	Dead-leg run	Icky shuffle
Lateral running	Leading leg run	Double run
Pretum	Pretum	Hopscotch
Carioca	Quick sidestep	Two step forward and 1 step backward
Hurdle walk	Sidestep	Single space jumps
Russian walk	1-2-3 Lift	Two jumps forwards and 1 jump backward
Walking lunges	Single jumps	Twist again
	Single jump over and back	Hop in and out
	Single jump with 180° twist	Carioca
	Lateral single jumps	Spotty dogs
	Forward multiple jumps	Line drills
	Lateral multiple jumps	Line drills (spit steps)
	Multiple hops	Two-footed jumps
	180° twist jumps	Box drills
		Split step
		Two-footed jumps
Accumulation of potential	Explosion	Expression of potential
Agility disc	<i>Vision and reaction</i>	Robbing the nest
Seated agility disc	Fast hand games	Shadow
Swerve development runs	Reaction ball	Cone game
Fast feet zigzag run	Get-ups	Fielding drill-specific
Four turn, four angle run	Chair get-ups	
Combination runs	Let-goes	
Team combination runs	Parachute running	
	Ball drops	
	Buggy runs	
	Flexy cord-overspeed	
	Flexy cord-out and back	
	Side-stepper-resisted lateral runs	
	Side-stepper-jockeying throw and catch drill	

*SAQ = speed, agility, quickness.

Figura 12. Marco del programa SAQ (Jovanovic et al., 2011).

Este programa contiene ejercicios, de flexibilidad, de coordinación, agilidad, velocidad de reacción, movimientos pliométricos, multisaltos verticales y horizontales, carreras lastradas, etc. como bien indica Jovanovic et al. (2011) fundamentados en patrones de movimiento específicos para mejorar la velocidad, con el objetivo de provocar adaptaciones a nivel neural (sistema nervioso central) de forma programada y graduada, y así poder mejorar los factores limitantes neurales nombrados por Girard et al. (2011) (el impulso neural y estrategias de reclutamiento neuromuscular).

Con respecto a los tests para observar las diferencias entre los grupos, se utilizaron uno de 5 m (para evaluar la rapidez), otro de 10 m (para evaluar la aceleración), y otros de 20 y 30 metros para medir la velocidad máxima, además del test SJ y CMJ. Los resultados muestran, que el grupo EG, mejoró significativamente en el test de los 5

metros y 10 respectivamente, además de mejorar las marcas en el Test SJ y CMJ (Jovanovic et al., 2011).

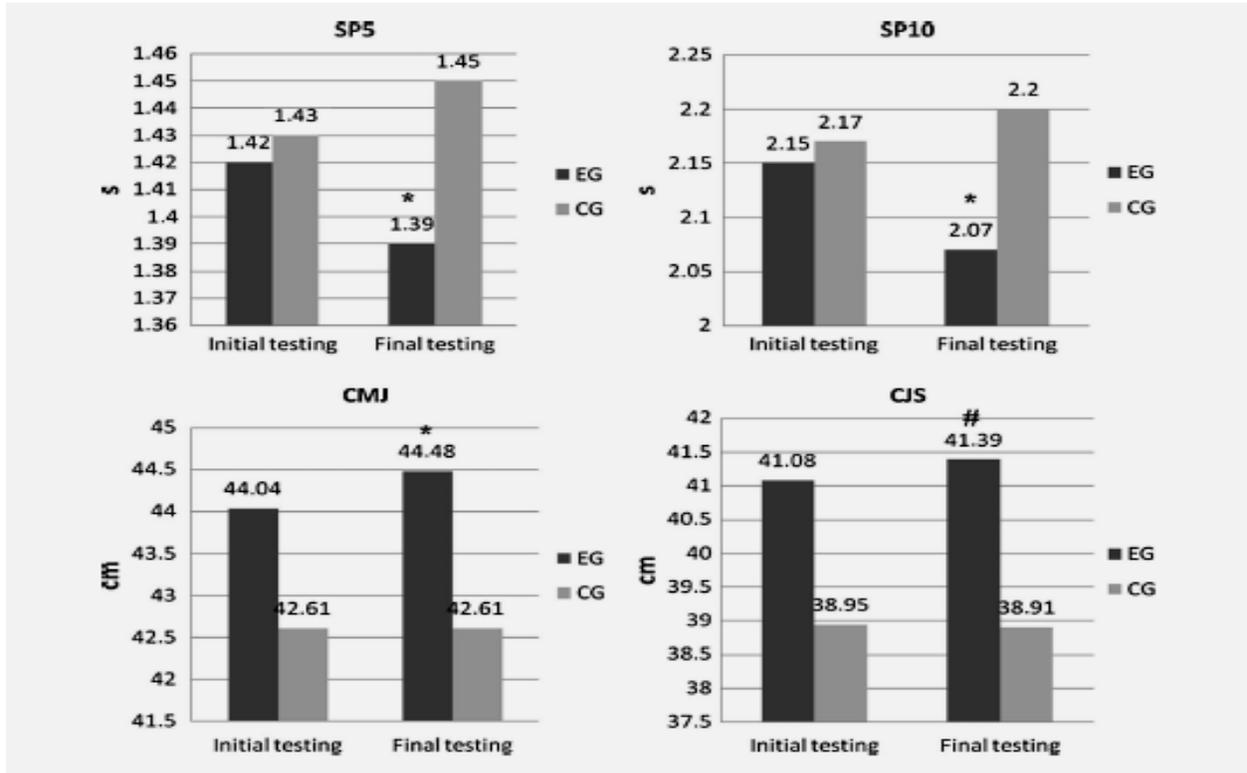


Figura 13. Cambios en las variables de los esprines y saltos, en el pre y post-test de ambos grupos (Jovanovic et al., 2011).

Se puede concluir y apoyando lo descrito por Bishop et al. (2011) siguiendo los resultados de Jovanovic et al. (2011) que la utilización de métodos de entrenamiento utilizados para entrenar a velocistas, mejora la velocidad de reacción y la aceleración de los futbolistas por las adaptaciones neuromusculares. Gracias a esto se produce una mejora del espriín individual mejorando el rendimiento de la RSA en jugadores de fútbol.



2.3.2.4 Entrenamiento con juegos en espacios reducidos o “Small-sided games” para mejorar la RSA

Recientemente los juegos reducidos se están utilizando para mejorar aspectos físicos en deportes de equipo (ya sea el VO_{2MAX} , la resistencia intermitente específica de estos deportes etc.) y también por supuesto las habilidades técnicas y tácticas que solicitan (Bishop et al., 2011).

Los juegos en espacios reducidos o “SSG”, consisten en la utilización del propio juego del fútbol, a través de situaciones que tienen desencadenantes tácticos caracterizadas por un número reducido de jugadores (de uno hasta seis aproximadamente), con un espacio adecuado que se ajuste a las distancias propias del concepto RSA y de la lógica interna del juego (Arjol y Gonzalo, 2012).

En el estudio de Owen, Wong, Paul y Dellal (2012) realizaron un estudio examinando los cambios físicos en el rendimiento de 15 jugadores profesionales de fútbol de la primera división escocesa, durante la realización de 4 semanas de entrenamientos periodizados con juegos en espacios reducidos.

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Week 0				Pretest	Rest	Pretest	Day off
Week 1	Tech + tact	SSGs 1 + IP	LITr	Tech + tact	SSGs 2 + IP	LITr	Day off
Week 2	Tech + tact	SSGs 3 + IP	LITr	Tech + tact	SSGs 4 + IP	LITr	Day off
Week 3	Tech + tact	SSGs 5 + IP	LITr	Tech + tact	SSGs 6 + IP	LITr	Day off
Week 4	SSGs 7 + IP	Tech + Tact	LITr	Posttest	Rest	Posttest	Day off

*IP = injury prevention/activation (low-intensity work); LITr = low-intensity recovery session; SSGs = small-sided games; Tact = tactical session (low intensity); Tech = technical session (low intensity).

Figura 14. Cuatro semanas periodizadas de la intervención del entrenamiento (Owen et al., 2012).

Para examinar los efectos de los juegos en espacios reducidos (SSG), se utilizó un test RSA (6 series de 20 metros a máxima velocidad, con un periodo de recuperación

activa entre estos de 25 segundos). Los juegos reducidos (SSG) de entrenamiento se realizaron en el terreno de juego natural de hierba formando equipos de tres jugadores más un portero en un espacio de 30x25 metros, (en cada espacio competían tres contra tres jugadores) con una duración de 3 minutos (Owen et al., 2012).

Session progression	Progressive overload	Total SSG duration (min)
SSGs 1	5 × 3-min games	15
SSGs 2	6 × 3-min games	18
SSGs 3	7 × 3-min games	21
SSGs 4	8 × 3-min games	24
SSGs 5	9 × 3-min games	27
SSGs 6	10 × 3-min games	30
SSGs 7	11 × 3-min games	33

*All SSGs were played in a 3 versus 3 format (3 outfield players + 1 goalkeeper on each side) for a 3-minute duration and a 2-minute passive recovery between bouts.

Figura 15. *Intervención de entrenamiento SSG (Owen et al., 2012).*

Como se puede observar en la tabla, la selección del número de series de los juegos aumenta en función del periodo de intervención. No se implantaron condiciones tácticas y siempre se empezaba jugando con el portero (Owen et al., 2012).

Los resultados muestran que durante las 4 semanas de entrenamiento con SSG se produjeron mejoras significativas en varios aspectos: durante los 10 metros y en los 20 metros de la prueba RSA; en el tiempo total de los esprines; y una reducción en el porcentaje de decrecimiento del rendimiento (Owen et al., 2012).



Tabla 1. Efectos del entrenamiento SSG en los parámetros de aptitud física (n=15). (Adaptado de Owen et al., 2012)

	Pre	Post	95% CI	Effect size/magnitude
RSA, s				
10-m FST	1.77 ± 0.07	1.75 ± 0.05*	0.00–0.04	0.35/small
20-m FST	3.08 ± 0.11	3.06 ± 0.09	0.00–0.06	0.27/small
TST	18.96 ± 0.68	18.61 ± 0.56*	0.19–0.51	0.57/medium
%Decre	2.43 ± 1.42	1.48 ± 1.11*	0.12–1.79	0.75/medium
Skinfold thickness, mm	60.23 ± 16.21	59.23 ± 14.78*	0.97–4.83	0.06/trivial

†CI = confidence interval; FST = fastest sprint time; RSA = repeated-sprint ability; TST = total sprint time; %Decre = percentage decrement score.
*p < 0.05.

Estos resultados indican que este método de entrenamiento es óptimo para la mejora de la RSA, observándose mejoras tanto en el esprín individual como en el porcentaje de decrecimiento del rendimiento.

Cabe destacar, que comparando este método de entrenamiento con otros más genéricos (métodos fraccionados etc.) no se producen diferencias significativas entre los estudios científicos en cuanto a la mejora del rendimiento en la RSA. (Bishop et al., 2011; Arjol y Gonzalo, 2012)

Una característica que diferencia los SSG de otras formas de entrenamiento, es la incorporación de todo tipo de acciones, como esfuerzos de esprín repetidos, cambios de dirección, patadas, blocajes cuerpo a cuerpo, regates, es decir, todo tipo de características propias del propio juego del fútbol, provocando una mayor motivación en los jugadores, que en entrenamientos que incluyen movimientos poco ortodoxos o que no imiten el patrón de juego (Owen et al., 2012).

Por último, se debe tener presente que los SSG están sujetos a la influencia de variables como el espacio de juego, el número de jugadores, el estímulo por parte del entrenador, las reglas, la presencia o no de porteros, o el régimen de trabajo continuo o intermitente, pudiendo, en el caso de realizar el ejercicio con un número reducido de

jugadores (3 contra 3; 2 contra 2; 1 contra 1), alcanzar valores de intensidad superiores a los de la propia competición (Owen et al., 2012; Arjol y Gonzalo, 2012).

2.3.2.5 Entrenamiento de Fuerza o “Resistance Training” para mejorar la RSA

A parte de los sistemas ya descritos anteriormente, cabe considerar, que el entrenamiento de fuerza está siendo también un sistema de entrenamiento muy utilizado en la actualidad a la hora de producir adaptaciones musculares para aumentar el rendimiento en la RSA en jugadores de fútbol.

El método de entrenamiento de fuerza es óptimo para mejorar el rendimiento individual de los esprines, aunque, hay que tener en cuenta que esto pueda conllevar a un mayor decrecimiento del rendimiento a lo largo de los esprines (Hill Haas, Bishop, Dawson, Goodman y Edge, 2007; Bishop et al., 2011).

Los diferentes estudios sugieren diferentes métodos, tales como el trabajo de fuerza con cargas moderadas (al 50-70 % de 1 RM utilizando 10-20 repeticiones), buscando principalmente la hipertrofia de los grupos musculares limitantes del rendimiento, para aumentar la capacidad oxidativa del músculo, la densidad de capilares, la regulación de H^+ y también para el aumento de la fuerza muscular. Por otro lado, se muestran otros sistemas con cargas altas y poco volumen (al 85-90 % de 1RM con series de cuatro a seis repeticiones), con los cuales, se trabaja la coordinación intramuscular, con el objetivo de aumentar la fuerza máxima a través de los aspectos nerviosos (Bogdanis, Papaspyrou, Souglis, Theos, Sotiropoulos y Maridaki, 2011).

Siguiendo esta línea, en el estudio de Bogdanis et al. (2011) compararon estos dos métodos (Entrenamiento de fuerza con cargas moderadas y cargas altas) con 20 jugadores de fútbol profesionales durante seis semanas en pretemporada. Estos jugadores se dividieron en 2 grupos: un grupo se denominó “S-group”, el cual, realizó 4

series de 5 repeticiones al 90 % de 1RM, es decir, con cargas altas, con 3 minutos de descanso entre serie; y el otro "H-group" realizó 4 series de 12 repeticiones al 70% de 1RM, con cargas moderadas, con 90 segundos de descanso entre serie. El ejercicio a realizar fue la Media Sentadilla o "Half Squat" en la Multipower (Smith Machine) durante seis semanas, tres veces por semana en el periodo de la Pretemporada. Los efectos del entrenamiento se analizaron mediante el aumento del volumen magro de las piernas (LLV); el pico de potencia (PPO) y la potencia media (MPO) durante un test RSA en un cicloergómetro (10 sprints máximos de 6 segundos contra una resistencia correspondiente al 60 % de la carga óptima resistiva en el pedaleo (F_{opt}), separados por 24 segundos de recuperación pasiva); el incremento de la fuerza en la media sentadilla; el VO_{2MAX} ; y la economía de carrera (RE) en una prueba específica aeróbico de fútbol en el terreno de juego (YOYO Test) .

Los resultados del post test muestran que tanto el "H-group" como el "S-group" incrementaron la fuerza máxima en la Media Sentadilla. Sin embargo, los incrementos en valores absolutos en la fuerza máxima de levantamiento en kilos en la media sentadilla fue un 58% más alto en el grupo S que el grupo H. Por otro lado, gracias al entrenamiento dirigido a la hipertrofia, el volumen magro de las piernas aumento significativamente en el "H-group", siendo insignificante en el "S-group" por el entrenamiento de fuerza máxima. Este aumento de la masa muscular del "H-group" produjo aumentos de la capilaridad, mejora de la capacidad oxidativa del músculo, y una reducción de la acumulación de H^+ , produciéndose un aumento del VO_{2MAX} , lo cual se tradujo en una mejora de la RSA. Sin embargo, cabe destacar que las mejoras en RSA del "S-group" fueron más grandes que en el "H-group", con niveles similares de mejora del VO_{2MAX} , acumulando también más distancia durante el Yo-Yo Test (Bogdanis et al., 2011).

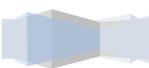


Tabla 2. Consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2MAX}$), VT, $\dot{W}O_{2MAX}$, y resultados de pruebas de campo, pre y postentrenamiento en el "S-group" y H-Group". (Adaptado de Bogdanis et al., 2011)

	H-group		S-group		Pre vs. Posttraining
	Pretraining	Posttraining	Pretraining	Posttraining	
$\dot{V}O_{2max}$ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	51.8 ± 2.3	55.0 ± 1.8	51.3 ± 1.1	53.8 ± 1.4	$\eta^2_p = 0.58$ §
$v\dot{V}O_{2max}$ (km·h ⁻¹)	15.4 ± 0.4	16.3 ± 0.3	15.7 ± 0.2	16.8 ± 0.3	$\eta^2_p = 0.59$ §
VT (% $\dot{V}O_{2max}$)	73.8 ± 2.3	71.0 ± 2.8	74.3 ± 3.2	71.4 ± 2.2	NS
vVT (km·h ⁻¹)	11.7 ± 0.3	12.6 ± 0.3	11.6 ± 0.2	13.2 ± 0.3	$\eta^2_p = 0.67$ §
DTT test (m)	1,635 ± 39	1,793 ± 38	1,709 ± 32	1,881 ± 34	$\eta^2_p = 0.96$ §
Yo-Yo test (m)	1,632 ± 114	1,984 ± 106	1,684 ± 199	2,180 ± 210	$\eta^2_p = 0.89$ §

*VT = oxygen uptake at the ventilatory threshold; $v\dot{V}O_{2max}$ = running speed corresponding to $\dot{V}O_{2max}$; S-group = maximal strength; H-group = hypertrophy group; NS: not significant; η^2_p = effect size; vVT = running speed corresponding to VT.
 †Values are given as mean ± SD.
 ‡There was no pre-post vs. group interaction.
 §Main effect pre-posttraining $p < 0.01$.

El pico de potencia (PPO) expresados en valores absolutos (W), durante el Test RSA en el cicloergómetro, realizado por estos futbolistas profesionales, aumentó en los dos grupos, pero solo a partir del quinto esprín (Bogdanis et al., 2011).

Tabla 3. Potencia de Pico en unidades absolutas (W) y por litro LLV durante el primer y décimo esprín y el porcentaje de decrecimiento de PPO en la prueba antes y después del entrenamiento. *†. (Adaptado de Bogdanis et al., 2011)

		Pretraining	Posttraining
PPO ₁ (W·L ⁻¹ LLV)	H-group	160 ± 6	153 ± 7
	S-group	166 ± 5	166 ± 4
PPO ₁₀ (W·L ⁻¹ LLV)	H-group	99 ± 5‡	100 ± 5‡
	S-group	100 ± 4‡	103 ± 4‡
PPO ₁ (W)	H-group	1225 ± 42	1219 ± 47
	S-group	1248 ± 46	1271 ± 46
PPO ₁₀ (W)	H-group	755 ± 34‡§	796 ± 41‡§
	S-group	757 ± 43‡	792 ± 42‡§
PPO dec (%)	H-group	23.4 ± 1.9	20.3 ± 2.0
	S-group	24.4 ± 1.4	24.0 ± 1.4

*PPO = peak power output; LLV = lean leg volume.
 †Values are given as mean ± SD.
 ‡ $p < 0.01$ from corresponding sprint 1 (main effect sprint number).
 § $p < 0.05$ from corresponding pretraining value (sprint vs. pre-post interaction).

En cuanto al trabajo total de los 10 esprines, también se produjo un aumento en los dos grupos confirmando un aumento significativo en RSA ("H-group" de 44,7 ± 1,1 a

46,7 ± 0,9 kj; y el “S-group” de 44,1 ± 1,8 a 46,5 ± 1,8 kj). Sin embargo, cuando la prueba RSA se dividió en dos fases, por un lado la primera fase (del primer esprín al quinto esprín) y por otro la segunda fase (del sexto esprín al décimo esprín), se encontró una interacción significativa en el “S-group”, la cual, indicaba un aumento del trabajo total (kj) en la segunda fase, produciéndose un aumento (8,9 ± 2,6 %) comparado con la primera fase del test (3,2 ± 1,7 %) (Bogdanis et al., 2011).

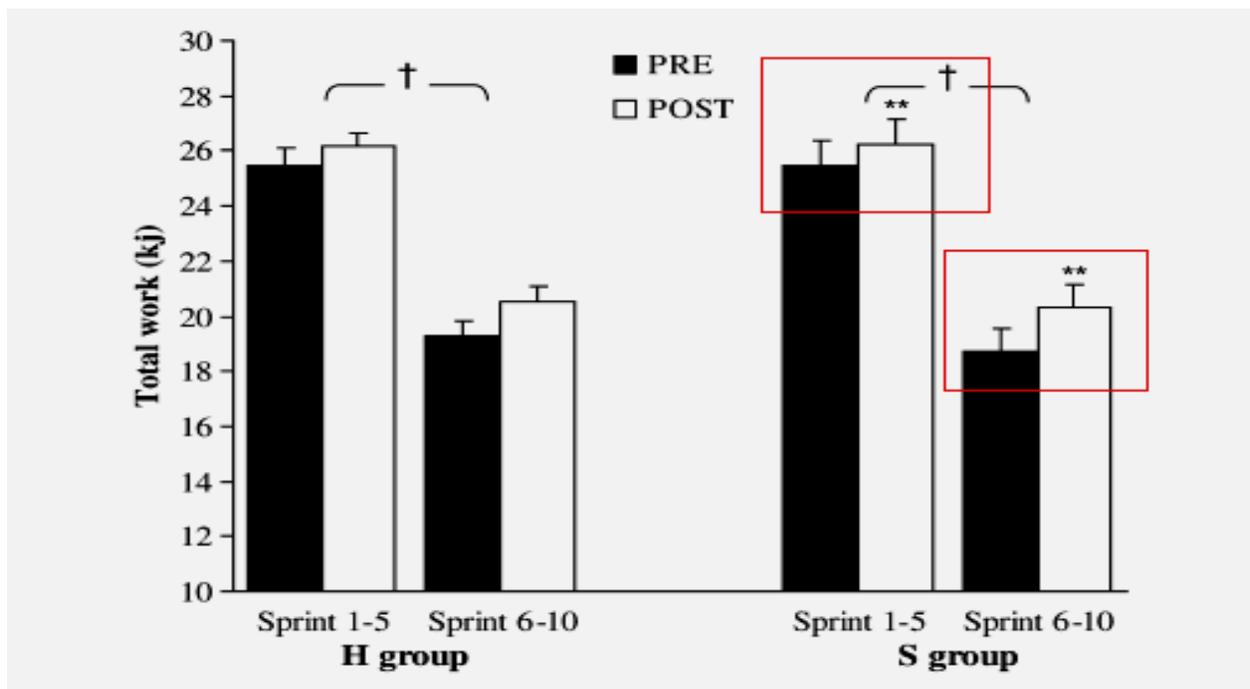


Figura 16. Trabajo total durante la primera fase (esprines 1-5) y la segunda fase del test (sprints 6-10) en la hipertrofia del “H-group” y la fuerza del “S-group”. † Principal efecto pre-post entrenamiento $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ del pre-entrenamiento. (Adaptado de Bogdanis et al., 2011)

Por otro lado, también cuando la potencia se expresó en términos relativos (Wattios [W] por Litro del volumen magro de las piernas [LLV]), no hubo cambio en la potencia media en el “H-group” en los 10 esprines, no obstante, en el “S-group”, se volvieron a ver mejores resultados, en cuanto al mantenimiento de la potencia media relativa (W/L/LLV), durante los últimos seis esprines en el Postest (Bogdanis et al., 2011).



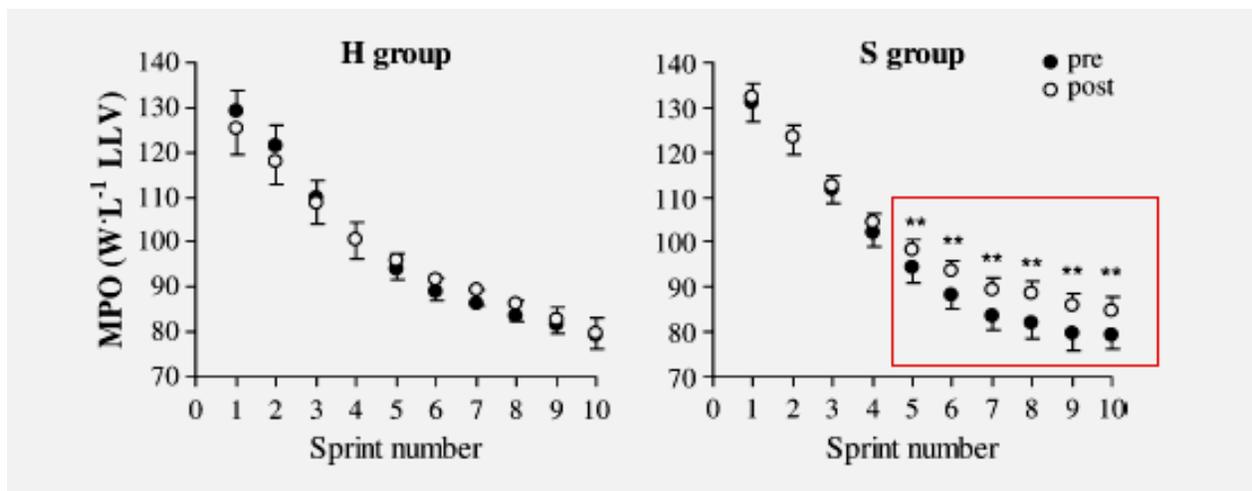


Figura 17. Potencia media de salida escalada (MPO) por litro de volumen magro de la pierna (LLV) en la hipertrofia (H-group) y la fuerza (S-group), antes y después del entrenamiento. ** $p < 0,01$ correspondiente al pre-entrenamiento del esprín (esprín vs. Interacción pre-post). (Adaptado de Bogdanis et al., 2011)

El estudio muestra que el entrenamiento de fuerza con altas cargas produce un aumento de la fuerza máxima concéntrica, sin necesidad de hipertrofia de los grupos musculares involucrados en el ejercicio, produciéndose adaptaciones neurales. Estas adaptaciones neurales se originan gracias al trabajo realizado al 90% de 1RM, el cual provoca una mayor inervación de motoneuronas del grupo muscular, demostrándose en la potencia por unidad del volumen magro de las piernas (LLV) de los futbolistas del “S-group”, y a su vez mejora la resistencia a la fatiga durante la prueba RSA, manteniéndose los niveles de potencia entre el esprín sexto y décimo, contrarrestando la idea de que en la hipertrofia al aumentar la capacidad de oxidación del músculo mejoraría la resistencia a la fatiga durante la ejecución de los esprines (Bogdanis et al., 2011).

Concluyendo, el entrenamiento de fuerza con cargas altas en media sentadilla (igual o mayor del 90 % de 1RM) con acciones concéntricas rápidas comparándolo con el entrenamiento de fuerza con cargas moderadas (en torno al 70 % de 1RM) descrito por Bogdanis et al. (2011) puede mejorar la resistencia a la fatiga por el aumento de actividad de las unidades motoras del músculo hacia el final de la prueba RSA, durante

la pretemporada, contrarrestando lo descrito por otros estudios de Hill Haas et al. (2007) y Bishop et al. (2011) expresando que los entrenamientos de fuerza pueden conllevar a un mayor decrecimiento del rendimiento a lo largo de los esprines por la mejora del esprín individual.

Otro aspecto interesante que destacan las fuentes de información científicas, aparte de qué método utilizar de fuerza, es la **manipulación de los tiempos de descanso** entre las series para observar los efectos que puedan llegar a producir en la RSA. En los diferentes estudios los tiempos de descanso varían entre los 30 y 180 segundos (Hill Haas et al., 2007).

Esta manipulación de los tiempo de descanso la pusieron en práctica Hill Haas et al. (2007) realizando un estudio con 18 deportistas de deportes de equipo (fútbol, hockey y netball), los cuales, hicieron dos test, primero un Test RSA en Cicloergómetro (5x6" de sprints máximos cada 30") y luego el Test de fuerza 3-RM en la máquina de prensa de piernas (Leg Press Test), para medir el resultado del entrenamiento de fuerza de altas repeticiones mediante un pre y post-test. Los sujetos se dividieron en dos grupos. Los dos grupos realizaron el mismo trabajo de fuerza tres veces por semana, en un intervalo de tiempo de cinco semanas.

Tabla 4. *El entrenamiento de fuerza y abdominales usados en el estudio (Hill Haas et al., 2007).*

1. Parallel squats
2. Bench step-ups with dumb-bells
3. Leg press (seated)
4. Dumb-bell lunge
5. Knee extensions
6. Leg curls
7. Bench press
8. Seated rows
9. Lat pull downs (front)
10. Dumb-bell shoulder press
11. Abdominal crunches



Para ver la diferencia en las adaptaciones en función del tiempo de descanso, la única diferencia entre el trabajo de ambos grupos difiere en el tiempo de recuperación entre series. Un grupo realizó el trabajo de fuerza con un intervalo de descanso de 20 segundos (RT₂₀ group), y el otro con un intervalo de descanso de 80 segundos (RT₈₀ group) (Hill Haas et al., 2007).

Tabla 5. Resumen de variables del entrenamiento. (Adaptado de Hill Haas et al., 2007)

	RT ₂₀ group	RT ₈₀ group
Duration	5 weeks	5 weeks
Frequency (per week)	3	3
Repetitions	15 – 20	15 – 20
Sets	2 – 5	2 – 5
Intensity (%3-RM)	70 ^a , 60 ^b , 50 ^c	70 ^a , 60 ^b , 50 ^c
Rest interval/set	20 s	80 s
Lifting time	40 s	40 s
Work:rest ratio	2:1	1:2
Mean total workout time (including rest interval)	24 min	46 min

^aSet 1, ^bSet 2, ^cSets 3 – 5.

Los resultados muestran en el Test RSA, un aumento significativo en el trabajo total (J), entre el Pre y el Post-Test, para ambos grupos, no obstante el “RT₂₀ group” tuvo una mejora significativamente mayor que el grupo “RT₈₀ group” (Hill Haas et al., 2007).

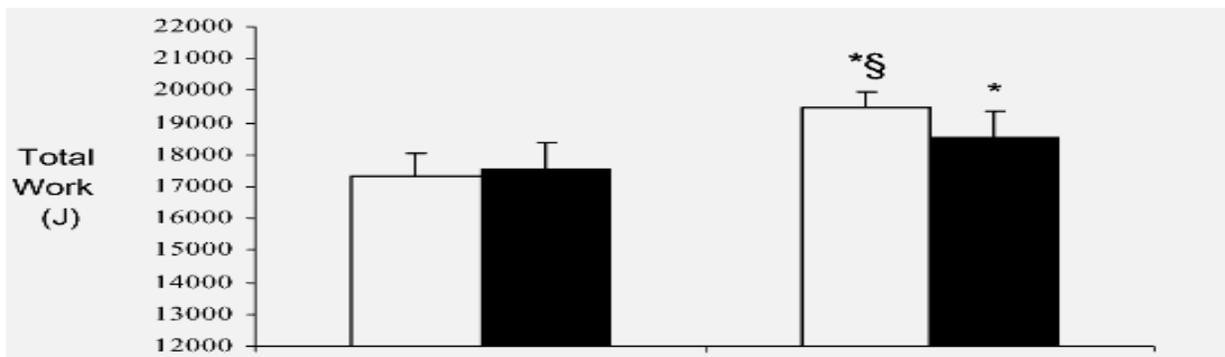


Figura 18. Trabajo total (J) de todos los esprines durante el Test RSA para el “RT₂₀ group” (□, n=9) y el “RT₈₀ group” (■, n=9), pre y post-entrenamiento. También se muestran los cambios porcentuales del pre-a post-entrenamiento. Se muestran las medias y los errores estándar. * Significativamente diferente forma pre-entrenamiento (P <0,05). Significativamente mayor que para el grupo 80-resto (P <0,05) (Hill Haas et al., 2007).

Por otro lado, con respecto al pico medio de potencia de todos los esprines en el Test RSA, también mejoró significativamente en ambos grupos. No obstante, cabe resaltar que el “RT₂₀ group” tuvo una mejoría significativamente mayor en el promedio del pico de potencia en comparación con “RT₈₀ group” (Hill Haas et al., 2007).

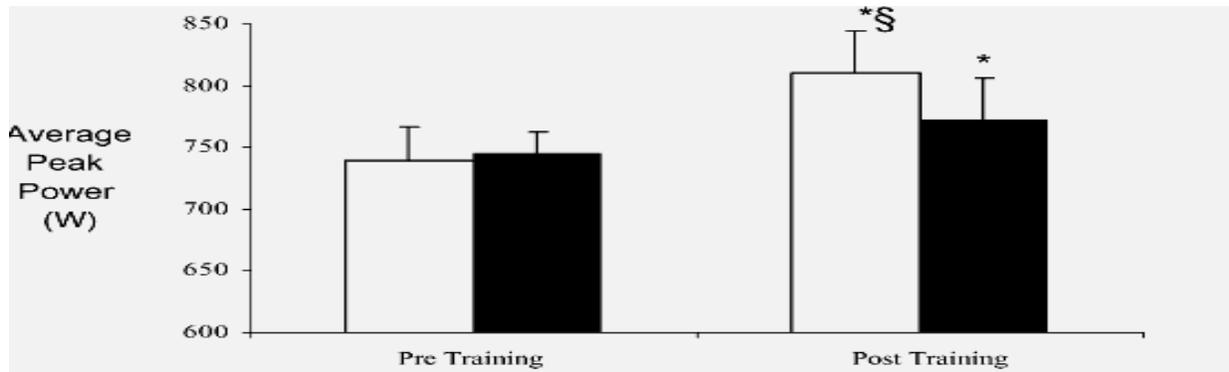


Figura 19. Pico medio de potencia de todos los esprines durante el Test RSA para el “RT₂₀ group” (□, n=9) y el “RT₈₀ group” (■, n=9), pre y post-entrenamiento. También se muestran los cambios porcentuales del pre-a post-entrenamiento. Se muestran las medias y los errores estándar. * Significativamente diferente forma pre-entrenamiento ($P < 0,05$). Significativamente mayor que para el grupo 80-resto ($P < 0,05$) (Hill Haas et al., 2007).

Posteriormente en el análisis entre el pre y el post- test de cada uno de los esprines del RSA de forma individual, hubo un aumento en ambos grupos, entre el esprint 2 y 5, no obstante, hubo diferencias significativas en el esprint 3 en ambos grupos, y en el esprint 5 solo en el “RT₂₀ group” (Hill Haas et al. 2007).

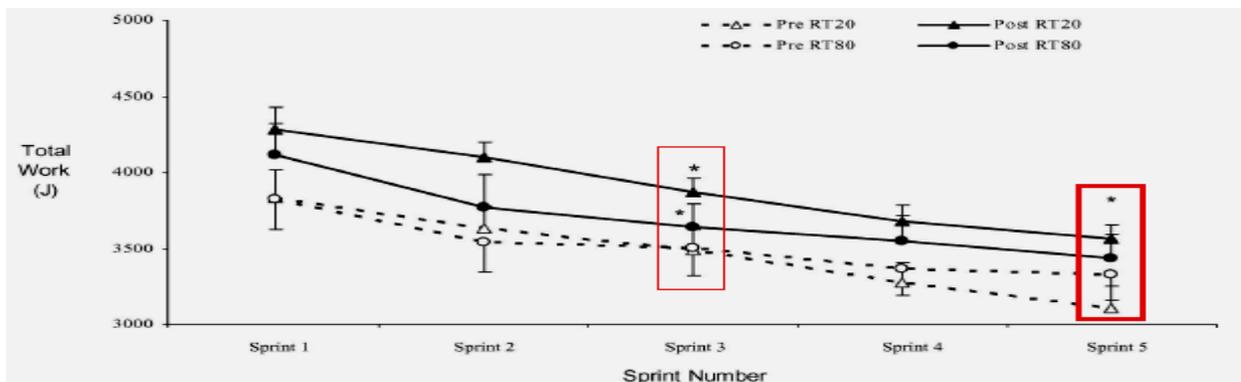


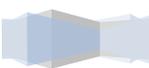
Figura 20. Trabajo total para cada esprint en la prueba RSA para el “RT₂₀ group” (RT20, n = 9) y “RT₈₀ group” (RT80, n = 9) pre-y post-entrenamiento. Se muestran las medias

y los errores estándar. * Significativamente diferente del pre-entrenamiento ($P < 0,05$). (Adaptado de Hill Haas et al., 2007)

Los resultados muestran que el entrenamiento de fuerza con altas repeticiones incrementa la fuerza de la pierna en la **prensa de cuádriceps** (En el "RT₂₀ group" se aumento un 20%; mientras que en el "RT₈₀ group" tuvo un mayor porcentaje de crecimiento, alrededor de un 46%). Por lo que se puede considerar que el entrenamiento de fuerza con cortos intervalos de descanso entre series compromete a las ganancias de fuerza, corroborando como bien indican muchas fuentes de información que para aumentar la fuerza muscular se necesitan tiempos de recuperación largos (Hill Haas et al., 2007).

En la prueba RSA, se puede observar que en ambos grupos muestran mejoras, pero en el "RT₂₀ group" mostró mejoras más significativas. Por lo que se puede verificar que el entrenamiento de fuerza con altas repeticiones con intervalos de descanso cortos (**20"**), provoca mejoras en la RSA en jugadoras no entrenadas altamente en fuerza, participantes en deportes de equipo (Hill Haas et al., 2007).

Este interesante hallazgo sugiere que las mejoras en RSA no se relacionan linealmente con el aumento de la fuerza. Aún así, parece ser que la mayor o menor duración de la recuperación entre series en el entrenamiento de fuerza de altas repeticiones (15-20), podría orientar el trabajo más hacia la mejora de la RSA, con recuperaciones más cortas, o hacia la mejora de la fuerza mediante recuperaciones más prolongadas (Hill Haas et al., 2007; Arjol y Gonzalo, 2012).



2.3.2.6 Capacidad de repetir esprines (RSA) con cambios de dirección

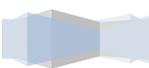
Los profesionales del deporte, ya sean preparadores físicos o entrenadores confeccionan una serie de ejercicios de esprines repetidos, con diferente formato, con diferentes distancias, recuperaciones más cortas o más largas, de forma activa o pasiva etc. como se ha ido describiendo anteriormente.

Otra de las variables que confeccionan estos ejercicios, es la incorporación de cambios de dirección. En este sentido Buchheit, Haydar y Ahmaidi (2012) describen la importancia de la inclusión de los cambios de dirección dentro de la RSA, ya que es un patrón de movimiento que se reproduce continuamente durante los encuentros de los deportes intermitentes.

Los ejercicios de esprines con cambios de dirección incorporan acciones como aceleraciones, deceleraciones, movimientos laterales, movimientos con ángulos cortos, es decir, acciones propias de deportes de equipo, las cuales se pueden mejorar gracias a esta estrategia de entrenamiento con el objetivo de provocar adaptaciones específicas en los jugadores (Wong, Chan y Smith 2012; Buchheit et al., 2012).

Los cambios de dirección según Buchheit et al. (2012) se encuentran en diversos planes de RSA. No obstante, a la hora de diseñar, hay muy poca información sobre qué tipo de ángulos utilizar a la hora de confeccionar la RSA, ya que hay poca evidencia sobre que respuestas fisiológicas y de percepción, provocan los diferentes ángulos en el rendimiento de los jugadores.

A la hora de juntar los esprines en línea recta (Straight-line sprinting) y los esprines con cambios de dirección (Change of direction of sprint) surgen diferentes opiniones científicas con respecto a la utilización de estos dos métodos de forma separada o conjunta. Por un lado Wong et al. (2012) describen que cada método requiere



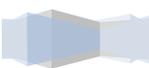
habilidades motoras específicas de entrenamiento diferentes, debiéndose entrenar de forma separada, no obstante, por otro lado según Buchheit et al. (2012) la unión de los dos métodos se puede considerar como una cualidad general, por las relaciones significativas encontradas en tiempos de esprines obtenidas con y sin ángulos de 180°.

El entrenamiento de la RSA con cambios de dirección se puede considerar que se encuentra en controversia actualmente, destacando dos aspectos abiertos importantes a la hora de confeccionar este tipo de entrenamiento: por un lado la escasez de información que hay acerca de la utilización de diferentes ángulos en los esprines y por otro lado, si los esprines en línea recta (RSA) con cambios de dirección pueden ser concretados como una capacidad conjunta o general.

A la hora de analizar si la RSA y los cambios de dirección son una capacidad general, y las respuesta fisiológicas de este tipo de entrenamiento con diferentes ángulos Buchheit et al. (2012) realizaron un estudio con 12 jugadores de deportes de equipo (fútbol, baloncesto y balonmano) con sistemas de esprines repetidos, para comparar la media de los tiempos de los esprines, el porcentaje de decrecimiento de la velocidad de los esprines, la frecuencia cardiaca, lactato sanguíneo y la escala de percepción (RPE), incluyendo o no cambios de dirección con ángulos de 45°, 90° o 135°.

En cuatro días, separados al menos por 48 horas cada sesión, los participantes realizaron esprines de 30 metros con y sin ángulos (45°, 90° y 135°) y una serie de esprines repetidos (RSA) con y sin ángulos (45°, 90° y 135°). Para compensar el tiempo perdido por los cambios de dirección y examinar exactamente el impacto específico de estos en cada uno de los ángulos. La distancia de los esprines de las RSA secuenciados se ajustaron de forma individual (Buchheit et al., 2012).

Para ajustar estas distancias de las RSA, se realizaron 2 esprines máximos lineales de 30 metros y 2 esprines máximos de 30 metros, incluyendo dos cambios de dirección



con los diferentes ángulos (45°, 90 y 135°). Posteriormente, se realizó la siguiente fórmula:

- Distancia de los esprines con cambio de orientación ajustados (m) =
$$\frac{\text{Tiempo del esprín lineal (s)} \times 30}{\text{Tiempo de los 30 metros del sprint con cambios de dirección (s)}} \quad (\text{Buchheit et al., 2012}).$$

Posteriormente se realizaron 2 esprines máximos con la distancia ajustada, y se comparó el mejor tiempo del esprín máximo de distancia ajustada con el mejor tiempo de esprín máximo en línea recta. Si la diferencia era mayor del 2%, la distancia se volvía a reajustar. Las distancias se redujeron, en torno al 7% para el RSA con ángulo de 45°, 26% para el RSA con ángulo de 90° y por último un 35% para el RSA con ángulo de 135° (Buchheit et al., 2012).

Posteriormente, una vez ajustadas las distancias, se realizaron las secuencias de las RSA ajustadas de forma individual. Los participantes realizaron 6 esprines con dos cambios de dirección (con ángulos de 45°, 90° y 135°) o sin cambios de dirección realizando 6 esprines de 30 metros en línea recta, con 25 segundos de recuperación activa entre serie. Una vez realizados los esprines se analizaron las siguientes variables: el mejor tiempo de esprín (RSbest); la media de tiempo de los esprines (RSmean); y el % de decrecimiento de los esprines (%dec) (Buchheit et al., 2012).

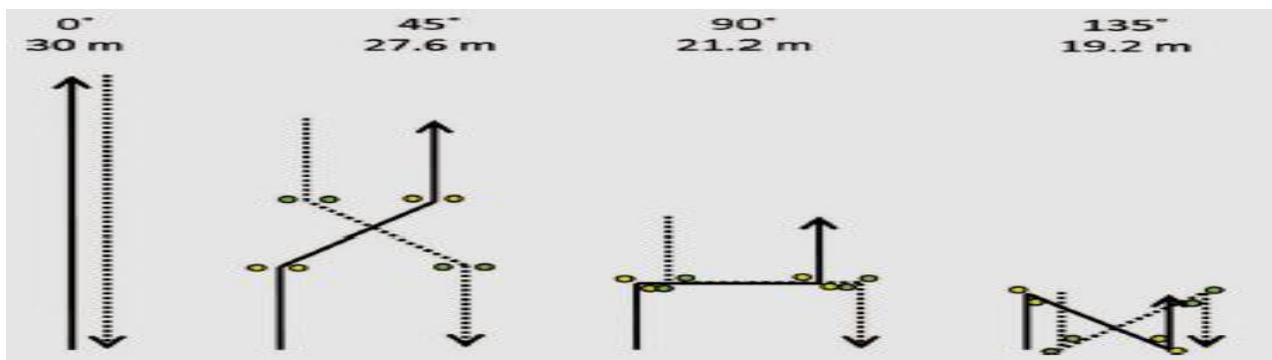


Figura 21. Descripción del funcionamiento de las secuencias de los RSA para que el tiempo inicial de esprín coincida, incluyendo los cambios de dirección (0°, lineal), 45°, 90° y 135° en un sujeto representativo. Las distancias para esprines incluyendo los

cambios de dirección de 45 °, 90 ° y 135 ° se ajustaron para cada individuo, ver el método (Buchheit et al., 2012).

Los resultados demuestran que los ángulos van a influenciar en la carrera del jugador por varios aspectos. Por un lado, la incorporación de diferentes ángulos (45°, 90° y 135°) en los esprines lineales de 30 metros, produce un aumento en los tiempos de carrera produciendo mayor carga en el jugador. Por otro lado la relación de las secuencias RSA (RSmean y %Dec) con el esprín lineal muestra diferencias en tiempo significativas con el ángulo de 45° y una gran diferencia con el de 135°, observándose de nuevo que el ángulo puede afectar al rendimiento del jugador; y finalmente se puede observar que los índices fisiológicos y de percepción de la fatiga muestran índices mayores en las carreras con ángulos de 135°, demostrando que cuanto más amplio sea este mayor carga fisiológica producirá en el deportista (Buchheit et al., 2012).

Tabla 6. Evolución de las respuestas fisiológicas y de percepción en los esprines de 30 metros y secuencias de RSA, incluyendo o no los diferentes ángulos (45°, 90° y 135°). (Adaptado de Buchheit et al., 2012)

Line	45°	90°	135°	
Performance				
30-m sprint (s)	4.36 ± 0.18	4.65 ± 0.23***	5.86 ± 0.18***†††	6.70 ± 0.31***†††###
RS _{best} (s)	4.37 ± 0.17	4.38 ± 0.17	4.36 ± 0.15	4.39 ± 0.19
RS _{mean} (s)	4.69 ± 0.20	4.61 ± 0.29**	4.69 ± 0.16	4.73 ± 0.19*††
%Dec (%)	6.72 ± 2.45	4.84 ± 3.56**	6.95 ± 3.17††	7.05 ± 2.95††
Physiological and perceptual measures				
HR _{peak} (beat.min ⁻¹)	184 ± 7	181 ± 8**	178 ± 9**	180 ± 8**
Δ[La] _b (mmol.L ⁻¹)	10.1 ± 2.2	8.0 ± 2.3***	6.1 ± 2.5***†††	7.4 ± 2.3***###
RPE	7.4 ± 1.5	6.9 ± 1.7**	6.0 ± 1.6***†††	6.0 ± 1.1***†††

*Data are means ± S for 30-m sprint times, best (RS_{best}) and mean (RS_{mean}) repeated-sprint times, percentage of speed decrement (%Dec), peak heart rate (HR_{peak}), change in blood lactate concentration (Δ[La]_b) and rate of perceived exertion (RPE) during the four repeated-sprint sequences including no (Line), 45–(45°), 90–(90°) or 135–(135°) degrees changes of direction. *: possible difference vs. Line. **: likely difference vs. Line. ***: very likely difference vs. Line. ††: likely difference vs. 45°. †††: very likely difference vs. 45°. ###: very likely difference vs. 90°.*

Otro de los asuntos en controversia con respecto a la RSA con cambios de dirección es la consideración de esta como una capacidad general. En este sentido, otra vez Buchheit et al. (2012) observaron una serie de datos: por un lado, se produjo una correlación significativa entre esprín lineal de 30 metros y el de 30 metros con 45°. Esto indica que los esprines lineales con cambio de dirección no correlacionan, por lo que no se debería utilizar como una capacidad general siempre y cuando sean ángulos mayores de 45°. Sin embargo, analizando las correlaciones de las variables de las RSA ajustadas con los esprines lineales, la secuencia de RSA con cambio de dirección de

45°, 90° y 135° en la variable RS_{mean} y %dec en la RSA ajustada de 45°, correlacionan significativamente con la prueba de esprín lineal de 30 metros. Por lo que se puede considerar que las presentes secuencias RSA ajustadas confirman que la capacidad de repetir esprines pueden incluir cambios de dirección y así ser consideradas como una cualidad general y no separada, observándose estos datos en la siguiente tabla (Buchheit et al., 2012).

Tabla 7. Relaciones entre la realización durante un esprín de 30 metros y secuencias RSA realizadas con o sin cambios de dirección en ángulos diferentes. (Adaptado de Buchheit et al., 2012)

	Line	45°	90°
30-m sprint			
45°	0.76 (0.42°; 0.91)**		
90°	0.63 (0.19°; 0.86)*	0.45 (-0.06°; 0.78)	
135°	0.68 (0.27°; 0.88)*	0.56 (0.08°; 0.83)*	0.54 (0.06°; 0.83)
Repeated-sprint sequences			
RS_{mean}			
45°	0.84 (0.59°; 0.94)***		
90°	0.71** (0.33°; 0.89)	0.69** (0.29°; 0.88)	
135°	0.78 (0.46°; 0.92)**	0.76 (0.42°; 0.91)**	0.73** (0.36°; 0.90)
%Dec			
45°	0.75 (0.40°; 0.91)**		
90°	0.46 (-0.05°; 0.78)	0.33 (-0.20°; 0.71)	
135°	0.47 (-0.04°; 0.79)	0.42 (-0.10°; 0.76)	0.40 (-0.12°; 0.72)

*Correlation coefficients (90% confidence limits) between 30-m sprint times and mean sprint time (RS_{mean}) and percentage of speed decrement (%Dec) during repeated-sprint sequences including either no (Line), 45-(45°), 90-(90°) or 135-(135°) degrees changes of direction. *: P < 0.05. **: P < 0.01. ***: P < 0.001.*

En conclusión, se puede considerar, que los cambios de dirección durante el esprín, el ángulo seleccionado influirá en el rendimiento. Y también, mediante un ajuste de los metros recorridos y en función del ángulo del cambio de dirección, se podrá considerar una capacidad general (Buchheit et al., 2012; Arjol y Gonzalo, 2012).

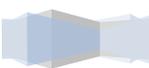


En contraposición a la postura de considerar los RSA y los cambios de dirección como una capacidad general, respaldada por Buchheit et al. (2012) se puede nombrar el estudio de Wong et al. (2012, p.2324) los cuales, consideran a ambas capacidades independientes, definiendo cada concepto por separado: por un lado los RSA como “ la capacidad de realizar esprines repetidos rectos con una mínima recuperación entre las series de esprín” y por otro lado los cambios de dirección (COD), definidos como “movimientos rápidos de todo el cuerpo previamente planificado con cambios de velocidad o dirección”.

Los cambios de dirección (COD) es una habilidad importante en muchas disciplinas de los deportes de equipo, en especial en el fútbol. Estos se repiten a lo largo de los encuentros, por lo que se puede decir surge otro concepto, en este caso la repetición de cambios de dirección (RCOD) (Wong et al., 2012).

Con el fin de examinar la relación entre los RSA y RCOD Wong et al. (2012) realizaron un estudio, con un total de 59 personas: 25 personas físicamente activas (ACTs); 16 jugadores de fútbol amateur (COL); y 18 jugadores profesionales de fútbol (PRO). Gracias a la variedad de perfiles deportivos de los sujetos, también se comparó el rendimiento de estos en los diferentes test y por último se desarrollo el ratio RSA/RCOD con el objetivo de ayudar a los preparadores físicos y entrenadores para periodizar el trabajo individual dirigido más a mejorar los RSA o los RCOD de los futbolistas.

Los sujetos realizaron un test RSA lineal (6x20 metros con 25 segundos de recuperación activa); y un test RCOD (6x20 metros con 25 segundos de recuperación activa) con cambios de dirección cada 4 metros de 100°. De cada test se analizaron las siguientes variables: el tiempo más rápido (FT); el tiempo medio (AT); el tiempo total (TT) y el % de decrecimiento del rendimiento de los sprints (%Dec) (Wong et al., 2012).



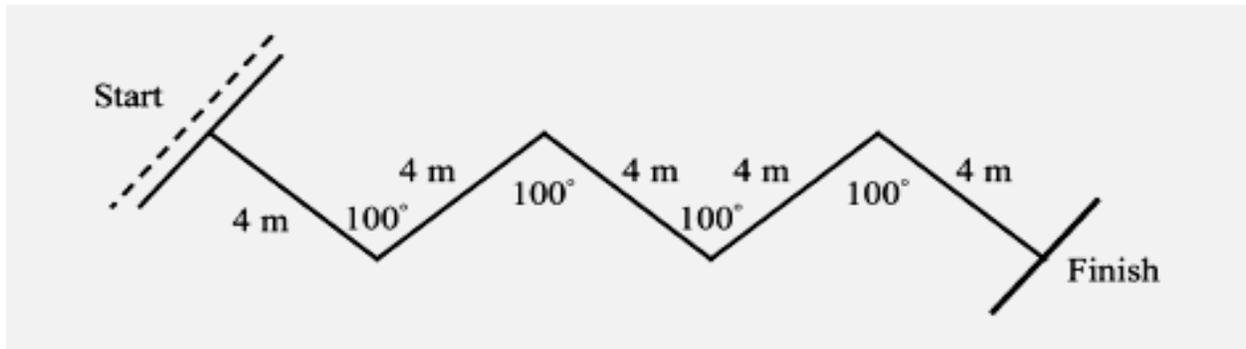


Figura 22. Test de cambios de dirección repetidos (RCOD) (Wong et al., 2012).

A la hora de analizar la relación entre los RSA y RCOD, se mostraron relaciones significativas entre RSA-FT, RCOD-FT, RCOD-AT y también RCOD-TT. Y del mismo modo RSA-AT y RSA-TT con RCOD-FT, RCOD-AT y RCOD-TT. Por lo que se puede considerar, que los RSA y RCOD tienen similares demandas metabólicas (Wong et al., 2012).

Tabla 8. Matriz de correlación de las medidas antropométricas, RSA y RCOD.* (Adaptado de Wong et al., 2012)

	Age	Height	Body mass	BMI	RSA-FT	RSA-AT	RSA-TT	RSA-% Dec	RCOD-FT	RCOD-AT	RCOD-TT	RCOD-% Dec
Age	1	0.19	0.28†	0.17	0.08	0.03	0.03	-0.17	0.09	0.04	0.05	0.13
Height		1	0.40‡	-0.22	-0.27†	-0.30†	-0.30†	-0.14	-0.21	-0.22	-0.22	-0.10
Body mass			1	0.81‡	0.33†	0.28†	0.28†	-0.14	0.41‡	0.41‡	0.41‡	0.11
BMI				1	0.53‡	0.49‡	0.49‡	-0.06	0.57‡	0.58‡	0.58‡	0.18
RSA-FT					1	0.96‡	0.96‡	-0.02	0.70‡	0.69‡	0.69‡	0.07
RSA-AT						1	1.00‡	0.26	0.71‡	0.71‡	0.71‡	0.12
RSA-TT							1	0.24	0.71‡	0.71‡	0.71‡	0.12
RSA-% Dec								1	0.13	0.16	0.16	0.20
RCOD-FT									1	0.99‡	0.99‡	0.15
RCOD-AT										1	1.00	0.29†
RCOD-TT											1	0.29†
RCOD-% Dec												1

*RSA = repeated-sprint ability; RCOD = repeated change-of-direction; FT = the fastest time; AT = average time; TT = total time; %Dec = percentage decrement.
 †p < 0.05.
 ‡p < 0.01.

Los datos también indican que la varianza compartida entre RSA y RCOD estuvo entre un 48 y 50 %, al igual que en otros estudios, debido a que el entrenamiento en línea recta no tiene efecto de transferencia en COD, ya que los cambios de dirección son tareas más complejas, con técnicas de carrera diferentes, requiriendo adaptaciones neuromusculares distintas. Por lo tanto, se puede llegar a la conclusión de que los RSA

y RCOD tienen habilidades motoras diferentes, por lo que se tienen que entrenar específicamente de forma separada (Wong et al., 2012).

Comparando los diferentes grupos, mediante los datos obtenidos en los test, se puede observar que tienen mejor rendimiento los jugadores de primera división (PRO), que jugadores amateur (COL), y los amateur mejor que las personas físicamente activas (ACT) respectivamente. Por lo que se puede considerar que el test RSA y el test RCOD utilizado en este estudio, pueden ser utilizados para diferenciar a jugadores amateurs de profesionales, al igual que de jugadores profesionales de nivel nacional e internacional (Wong et al., 2012).

Tabla 9. La media (SD) de todas las medidas en los 3 grupos. * (Adaptado de Wong et al., 2012)

Group	Mass (kg)	Height (m)	BMI (kg·m ⁻²)	Age (y)	RSA-FT (%)	RSA-AT (%)
ACT	71.44 [†] (6.43)	1.75 [‡] (0.05)	23.23 [†] (1.56)	24.76 [†] (2.26)	3.33 ^{†‡} (0.17)	3.43 ^{†‡} (0.18)
COL	63.19 ^{‡§} (3.55)	1.74 [‡] (0.04)	20.83 [§] (1.38)	21.75 ^{‡§} (1.48)	3.21 [§] (0.12)	3.30 [§] (0.13)
PRO	69.56 [†] (6.33)	1.79 ^{†§} (0.05)	21.70 [§] (2.22)	24.61 [†] (5.48)	3.14 [§] (0.09)	3.22 [§] (0.08)
Group	RSA-TT (s)	RSA-%Dec (s)	RCOD-FT (s)	RCOD-AT (s)	RCOD-TT (s)	RCOD-%Dec (s)
ACT	20.59 ^{†‡} (1.09)	2.98 (1.55)	6.22 ^{†‡} (0.55)	6.41 ^{†‡} (0.55)	38.47 ^{†‡} (3.28)	3.09 (1.81)
COL	19.82 [§] (0.77)	3.03 (1.31)	5.49 [§] (0.26)	5.62 [§] (0.27)	33.70 [§] (1.60)	2.38 (0.63)
PRO	19.31 [§] (0.47)	2.59 (1.02)	5.39 [§] (0.18)	5.52 [§] (0.17)	33.09 [§] (1.00)	2.40 (1.03)

*RSA = repeated-sprint ability; RCOD = repeated change-of-direction; FT = the fastest time; AT = average time; TT = total time; %Dec = percentage decrement; ACT = physically active individuals; COL = college soccer players; PRO = professional soccer players; BMI = body mass index.
[†]Significantly different from COL, $p < 0.05$.
[‡]Significantly different from PRO, $p < 0.05$.
[§]Significantly different from ACT, $p < 0.05$.

Otra de las aportaciones interesantes del estudio de Wong et al. (2012) es la creación del ratio RSA/RCOD. Este índice se creó para ayudar en la planificación de los profesionales del fútbol para orientar el entrenamiento o a la mejora de la RSA o para la mejora de la RCOD en función de las carencias individuales del futbolista al respecto.

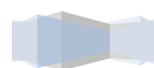


RSA/RCOD index†	<0.59	>0.59
Priority of training	More RCOD training	More RSA training

*RSA = repeated-sprint ability; RCOD = repeated change-of-direction.
 †The RSA/RCOD index is only applicable to the fastest time, average time, and total time but not to the percentage decrement score.

Figura 23. Aplicación del índice RSA/RCOD.* (Wong et al., 2012).

En conclusión, el entrenamiento de la RSA con cambios de dirección, se puede utilizar para dar una mayor especificidad al entrenamiento de los futbolistas ya que es un patrón de movimiento que se produce de forma continua durante los encuentros. No obstante, existe controversia al respecto, ya que algunos autores dicen que se puede entrenar la RSA con cambios de dirección como una capacidad general, es decir de forma conjunta, si al menos incluyen un ángulo ($<45^\circ$) y los metros recorridos durante la prueba están ajustados. No obstante, otros autores, dicen que se deben entrenar de forma separada, surgiendo otro método llamado esprines con cambios de dirección (RCOD), debido a que las RSA lineales no se pueden transferir a las carreras con cambios de dirección, porque tienen aspectos motores y neuromusculares diferentes. Otro aspecto importante es el grado del ángulo utilizado en los cambios de dirección, ya que en función del grado de este, el entrenamiento será más intenso o no, como ocurre con la utilización de cambios de dirección de ángulos de 180° . Por último, el desarrollo por parte de Wong et al. (2012) del índice RSA/RCOD, permite saber si los jugadores de fútbol necesitan entrenar más los RSA o los RCOD de forma individual para mejorar su rendimiento, obteniéndose así una buena herramienta para los profesionales del deporte para priorizar un entrenamiento u otro.



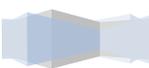
2.3.2.7 Entrenamiento de la Resistencia a la Velocidad en el fútbol relacionado con la RSA

La resistencia a la velocidad es una manifestación integral que sustenta los ejercicios o esfuerzos máximos intermitentes. Es una capacidad compleja que solicita la concatenación de diferentes procesos metabólicos, ya que como bien dicen Sánchez, Blázquez, Gonzalo y Yagüe (2005) se utiliza el metabolismo anaeróbico aláctico en las acciones breves e intensas y el metabolismo aeróbico en los esfuerzos moderados, desencadenándose las vías anaeróbicas lácticas cuando el metabolismo aeróbico no puede mantener las acciones alácticas por la reiteración de estas durante el encuentro. Entonces se puede considerar que el concepto de la RSA se puede relacionar con esta zona de entrenamiento, y las técnicas y sistemas de entrenamiento utilizadas en esta se pueden transferir a la hora de mejorar la RSA.

Como se ha descrito anteriormente, el futbolista además de desplazarse, realiza saltos, cambios de dirección, enfrentamientos directos, es decir acciones intensas máximas que constituyen el momento de gasto energético más elevado, mezclándose con acciones tuteladas por procesos aeróbicos. Por ello, se puede observar que los futbolistas realizan acciones alácticas, acciones que demandan exigencias aeróbicas y ocasionalmente esfuerzos anaeróbicos lácticos. Ante este espectro de exigencias energéticas, los entrenamientos deben recoger el trabajo de este tipo de esfuerzos de forma integral, combinándolos racionalmente para convertirlos en un ensayo imitando lo que ocurre en la competición (Sánchez et al., 2005).

Existen diferentes propuestas de entrenamiento de la resistencia a la velocidad en el fútbol. En este sentido Sánchez et al. (2005) proponen dos tipos de entrenamiento para, por un lado el entrenamiento de “Resíntesis” y por otro el de “Acumulación”.

El entrenamiento de “Resíntesis” tiene la finalidad de acostumbrar al jugador a realizar acciones decisivas máximas y reconstituirse de éstas para estar en disposición



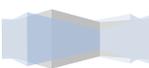
de volver a repetirlas en un momento próximo inesperado. Por ello, se constituyen de esfuerzos repetidos de entidad aláctica, combinados con acciones aeróbicas dirigidas a la recuperación de los fosfágenos y a la eliminación de productos de fatiga. Se utilizan fundamentalmente dos medios de trabajo para su práctica:

- Tareas con/sin balón sin oposición: volumen de 10 minutos con esfuerzos de hasta 8 segundos y recuperación variable (Sánchez et al., 2005).
- Medios competitivos/formas jugadas: constituido de 2 a 4 series haciendo 3 a 7 repeticiones de 30 a 90 segundos con recuperaciones de 30 a 90 segundos y entre serie de 3 a 5 minutos (Sánchez et al., 2005).

Por otro lado, el entrenamiento de “Acumulación” tiene el objetivo principal de rendir en condiciones de exigencia metabólica alta, simulando situaciones de juego con niveles de acidez elevada. Si bien algunas de las propuestas poco tienen que ver en su forma con la realidad del fútbol, su sentido es transferir los efectos que provocan en el juego real. Se utiliza dos medios de trabajo para su práctica:

- Tareas con/sin balón sin oposición: se utiliza 2 a 4 series haciendo de 12 a 18 repeticiones de 5 a 30 segundos de duración. Las recuperaciones irán principalmente de 15 a 30 segundos entre repeticiones y de 4 a 5 minutos entre series (Sánchez et al., 2005).
- Medios competitivos/formas jugadas: se utilizaran 3 a 4 series haciendo de 3 a 5 repeticiones de duración entre 60 y 90 segundos. Las recuperaciones irán de los 60 a 90 segundos entre repeticiones y de 3 a 4 minutos entre series (Sánchez et al., 2005).

La relevancia de cada estrategia de intervención dependerá del momento en que se plantee y de los objetivos que se persigan con su utilización. Cada entrenamiento tendrá unos índices, los cuales, habrá que respetar y tenerlos en cuenta a la hora de la planificación durante toda la temporada (Sánchez et al., 2005).



Biológicos	Parámetros de trabajo					
	Lactato	Sustrato	Deuda O ₂	FC		
Entrenamiento de resíntesis	2-4 mmol/l	Fosfatos	89-95%	180 ppm (esporádica/repetida)		
Entrenamiento de tolerancia	+4 mmol/l	Glucógeno Al. residual	50-80%	170-200 ppm (mantenida)		
Físicos		Tiempo de w/rep	N.º series	N.º rep.	R'	r'
Entrenamiento de resíntesis	Analítico	8-10''	1-3	6-10	3-5'	x 5-8
	Juego	30-90''	1-5	3-7	3-5'	30-90''
Entrenamiento de tolerancia	Analítico	10-15''	3-5	4-12	5-7'	x 1/2-1
	Juego	1-2'	1-3	1-3	2-4'	30-90''

Figura 24. Índices de esfuerzo del entrenamiento de Resistencia a la Velocidad (Sánchez et al., 2005).



2.3.2.8 Relación de la capacidad de repetir esprines (RSA) y suplementación ergogénica

En la actualidad la suplementación ergogénica en el alto rendimiento de los deportes de equipo está cobrando cada vez más importancia. Por la naturaleza intermitente de estos, se busca principalmente la recuperación de los depósitos de fosfocreatina (PCr) y también producir una alcalosis metabólica contrarrestando la acidosis producida por la reducción del pH muscular, con el objetivo de mejorar el rendimiento de los deportistas. En este sentido se buscan estrategias que no sobrepasen los límites del dopaje deportivo. Dentro de las estrategias utilizadas y nombradas por los diferentes estudios, podemos considerar tal y como explica Barbero et al. (2006b) la ingesta de Monohidrato de Creatina para aumentar los niveles iniciales de PCr; y la ingestión de bicarbonato sódico (NaHCO₃), para inducir alcalosis metabólica y contrarrestar la acidosis por la disociación del lactato en iones de hidrógeno (H⁺).

El consumo de monohidrato de creatina se está consumiendo actualmente en forma de suplementación deportiva en el fútbol. En este sentido Mujika, Padilla, Ibañez, Izquierdo y Gorostiaga (2000) realizaron un estudio con 17 jugadores de fútbol, los cuales con una separación de 7 días, completaron un “Test de rendimiento” que incluía un test de salto (CMJT), un test RSA, un test de resistencia intermitente (IET), y después otros 3 saltos (Recovery CMJT) para medir los saltos después de la realización del “Test de rendimiento”. El croquis del Test completo se puede observar en la siguiente gráfica.

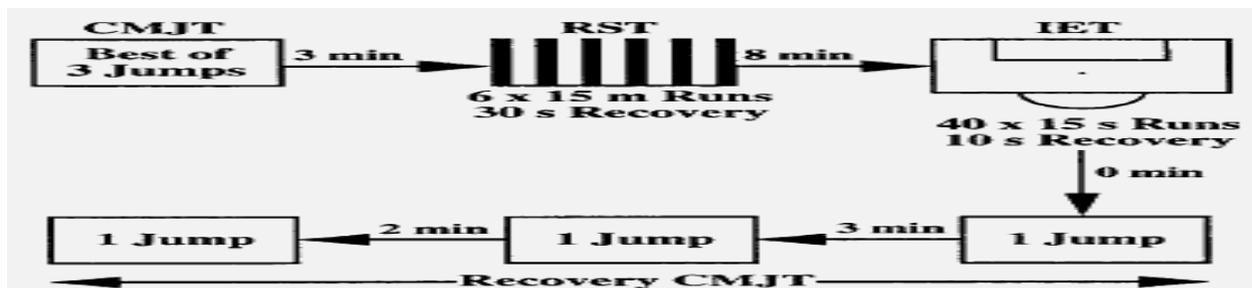


Figura 25. Diseño esquemático del protocolo de pruebas de rendimiento. CMJT, test de salto contra-movimiento; RST, test de esprines repetidos; IET, prueba de resistencia intermitente (Mujika et al., 2000).

Posteriormente, para ver el efecto de la suplementación de creatina se dividió a los sujetos en 2 grupos: el grupo de suplementación de creatina (CREATINE), el cual ingirió Monohidrato de creatina, en dosis de 5 gramos cada día durante 6 días; y el grupo placebo (PLACEBO), el cual ingirió un polímero de glucosa (maltodextrina). También se les analizó mediante análisis sanguíneo, el amoniaco y lactato sanguíneo (Mujika et al., 2000).

Los resultados muestran que después de la suplementación, el grupo CREATINE, fue más rápido después del tratamiento tanto en los 5 y 15 metros de los 6 esprines, viéndose mejoras significativas tanto en el esprint 1 de los 5 metros, y en el esprint 2 de los 15 metros, obteniendo mejoras en la suma de los tiempos como en la media de estos. El grupo PLACEBO por otro lado, también se mantuvo rápido, pero solo se observó una mejora significativa en el esprint 3 de los 15 metros, sin provocar cambios significativos ni en la suma de los tiempos ni en la media de estos (Mujika et al., 2000).

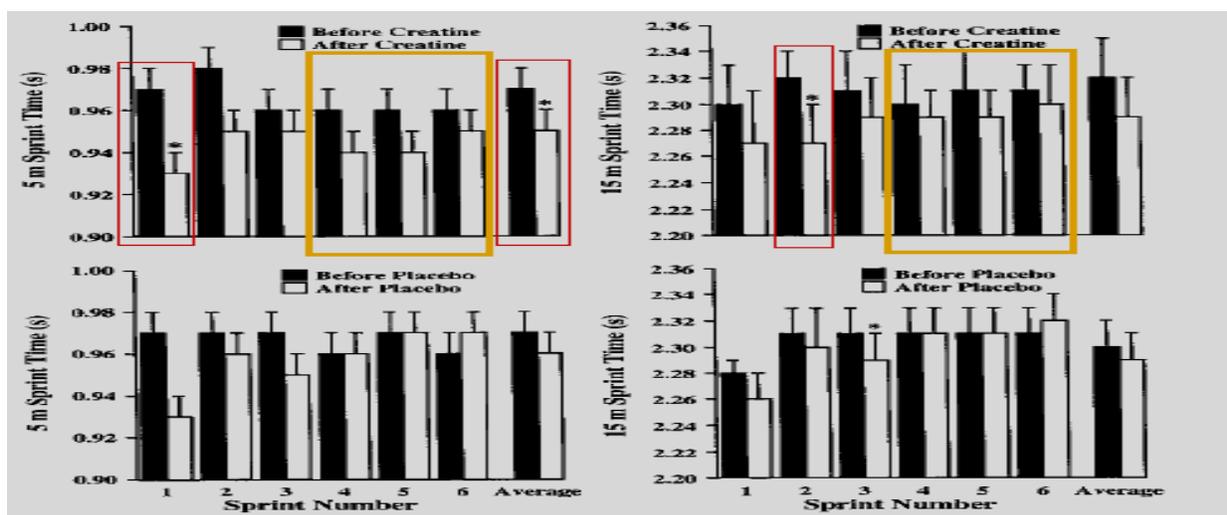


Figura 26. Tiempos de rendimiento de 5 y 15 m durante la prueba de esprines repetidos antes y después del periodo de suplementación con creatina y placebo. *Indica una diferencia significativa entre presuplementación y postsuplementación. Los valores son medias \pm SE. (Adaptado de Mujika et al., 2000)

Se puede concluir, que la suplementación con creatina (Cr) puede mejorar el rendimiento en la capacidad de repetir esprines, ya que aunque en ambos grupos se producen mejores tiempos en el postentrenamiento (posiblemente porque la investigación se realizó después del último partido de liga y los jugadores se encontraban descansados), solo en el grupo CREATINE mantuvo tiempos de esprín más rápido en los tres esprines restantes. Esto se puede explicar analizando los datos sobre los análisis de amoniaco en sangre y lactato respectivamente (Mujika et al., 2000).

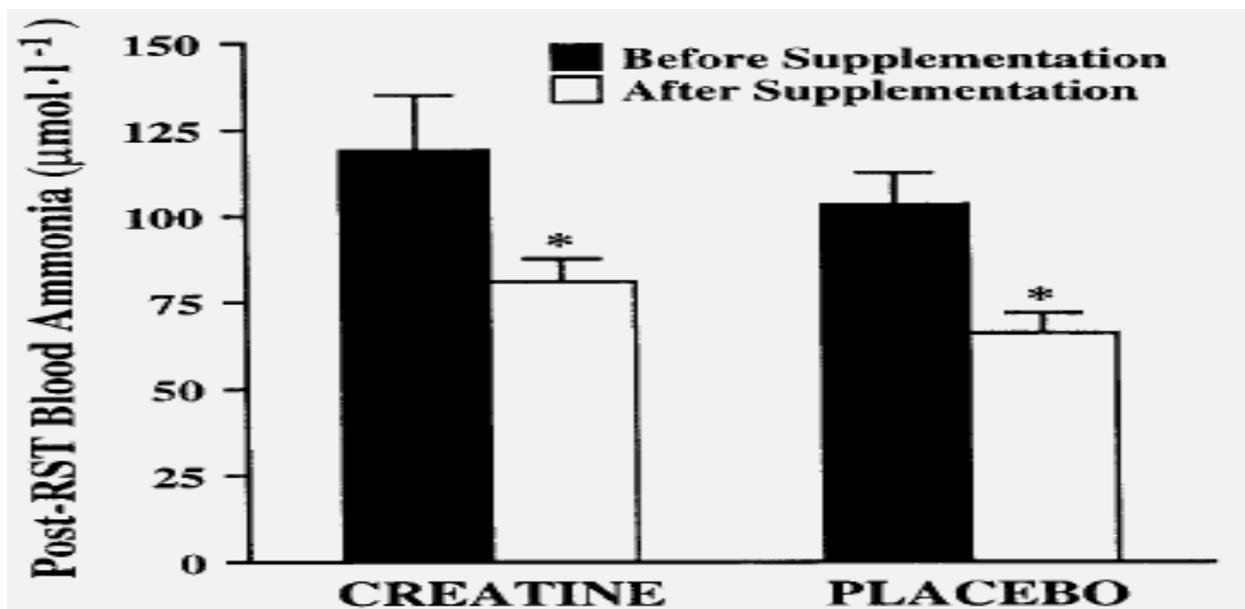
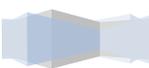


Figura 27. Postest de la prueba de repetición de esprines (RST) de las concentraciones de amoniaco antes y después del periodo de suplementación de creatina y el placebo. * Indica diferencia significativa entre la presuplementación y la postsuplementación. Los valores son medias \pm SE (Mujika et al., 2000).

El amoniaco se redujo significativamente en ambos grupos. Pero por otro lado, la suplementación con creatina (Cr) no alteró la respuesta del lactato de la sangre en la prueba de esprines repetidos, a pesar de un rendimiento mejorado en esta prueba, como se ha podido observar anteriormente (Mujika et al., 2000).



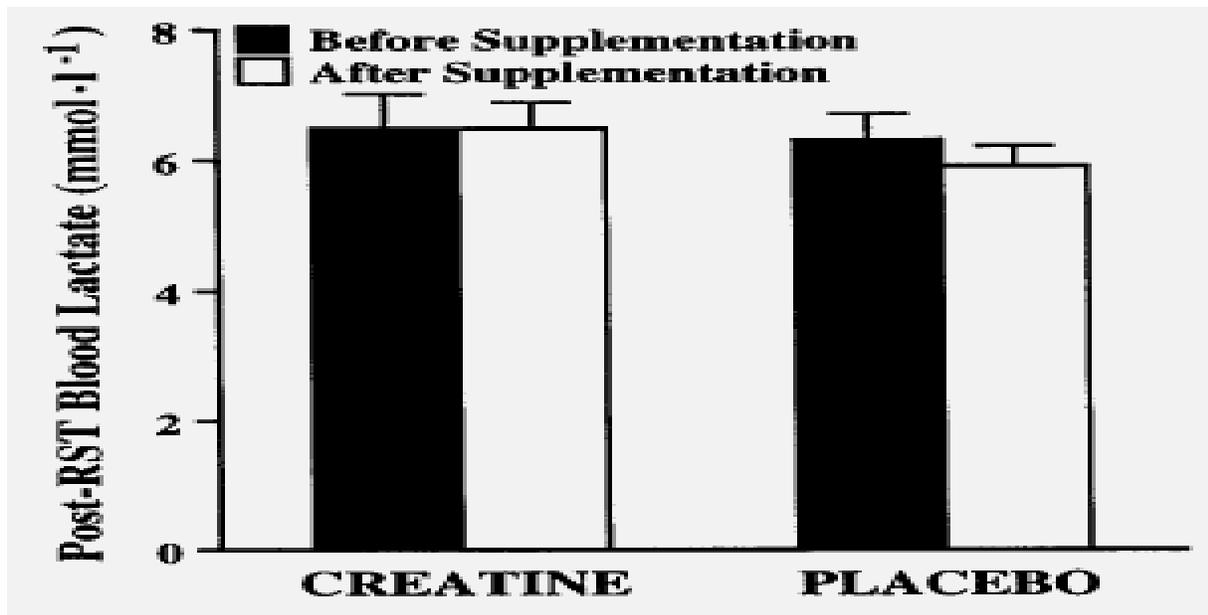


Figura 28. Postest de la prueba de repetición de esprines (RST) de las concentraciones de lactato antes y después del periodo de suplementación de creatina y el placebo. * Indica diferencia significativa entre la presuplementación y la postsuplementación. Los valores son medias \pm SE (Mujika et al., 2000).

Las mayores tasas de resíntesis de ATP que se alcanzaron para permitir realizar el tiempo más rápido, indican que se lograron sin una mayor dependencia de la glucólisis anaeróbica. Por lo tanto, se puede considerar un aumento en la resíntesis de ATP provenientes de la fosfocreatina (PCr) en el grupo CREATINE durante la segunda parte de la prueba de esprines repetidos (RST), gracias a la suplementación de monohidrato de creatina, sin necesidad de obtener más energía de la glucólisis anaeróbica reservándola durante más tiempo (Mujika et al., 2000).

Estos datos observados representan una ventaja en el fútbol competitivo, ya que la media de 0,02 s mejorados en los 5 metros, y los 0,03 s mejorados en los 15 metros, se podría traducir en una distancia de 10,3 cm y 19,3 cm respectivamente, lo que sería más que suficiente para dejar atrás a un adversario y así poder por ejemplo, conseguir la posesión del balón (Mujika et al., 2000).



En conclusión, se puede considerar que los resultados indican que la suplementación con monohidrato de creatina (20 gr/día durante 6 días) tiene un potencial ergogénico para jugadores de fútbol altamente entrenados, ya que mejoran el rendimiento en la capacidad de repetir esprines o RSA, posiblemente en respuesta a un aumento en los niveles iniciales de PCr (Mujika et al., 2000; Arjol y Gonzalo, 2012; Barbero et al., 2006b).

2.3.3 RECOMENDACIONES PARA EL ENTRENAMIENTO EN LA MEJORA DE LA RSA

La evidencia científica, destaca que no hay un tipo de entrenamiento que se pueda llegar a recomendar con gran certeza para la mejora de la RSA. Es un sistema complejo de componentes que dependen de ambos sistemas metabólicos (capacidad oxidativa, recuperación de los depósitos de fosfocreatina, capacidad tampón), y también de factores neurales (activación muscular y estrategias de reclutamiento). Por ello, se pueden utilizar diferentes estrategias para mejorar cada uno de estos factores limitantes del rendimiento de la RSA. La ejecución simultánea de diferentes formas de entrenamiento puede ser la mejor estrategia para mejorar la RSA (Bishop et al., 2011).

Dentro de las posibles estrategias, existen 2 recomendaciones clave expuestas en la literatura. Por un lado, es importante incluir entrenamientos que mejore el esprín individual, mediante las técnicas de entrenamiento en velocistas (coordinación, agilidad, velocidad de reacción, movimientos pliométricos, multisaltos verticales y horizontales, carreras lastradas etc.), provocando adaptaciones neurales; entrenamiento de fuerza (Fuerza Máxima con cargas en torno al 90% de 1RM) y potencia; y el uso de métodos fraccionados de resistencia con duraciones de 30 segundos separados con periodos de recuperación completos, en torno a los 10 minutos, utilizando el “*Sprint Interval Training*”, para mejorar la capacidad anaeróbica del deportista. Por otro lado, la incorporación de entrenamientos que mejoren el proceso de recuperación entre esprines mediante la utilización de entrenamientos Intervalados “*Interval Training*” con

series de 2 minutos intercalados con descansos de 1 minuto con una intensidad entre el 80-90% del VO_{2MAX} , con el objetivo de aumentar consumo máximo de oxígeno, el Umbral Anaeróbico (Lactate Threshold), la resíntesis de fosfocreatina y la capacidad tampón (Bishop et al., 2011; Arjol y Gonzalo, 2012).

El entrenamiento similar al test utilizado para evaluar la RSA, ha sido últimamente cuestionado, como se ha explicado anteriormente, ya que podría deberse a mejoras de los patrones motores y coordinativos que influyen en el test más que a la mejora de la capacidad de repetir esprines. De ahí que no aparezca en las recomendaciones a la hora de mejorar la capacidad para repetir esprines.

Se puede concluir, que la RSA es una mezcla única de potencia (velocidad del sprint) y resistencia (recuperación entre sprints), siendo importante planificar de forma correcta estas cualidades, algunas juntas y otras de forma separada para producir su desarrollo sin interferencias negativas (Bishop et al., 2011).

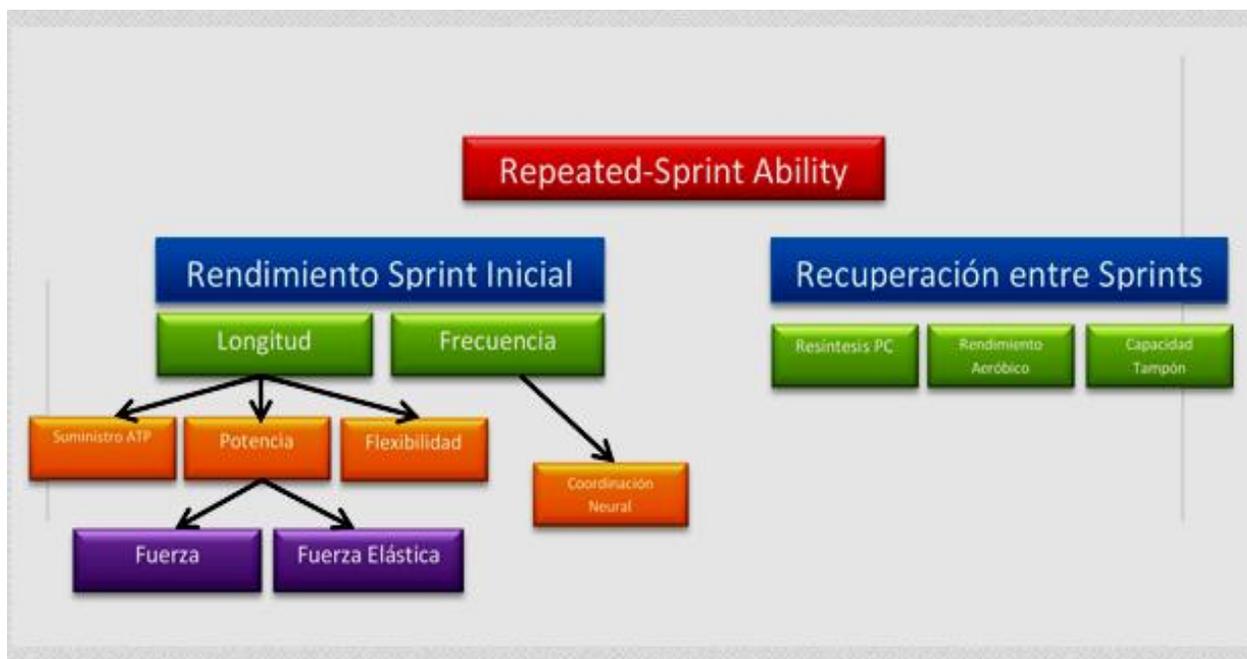


Figura 29. Resumen de los factores que deben ser objetivo del entrenamiento para mejorar la capacidad de repetir esprines (RSA). ATP = trifosfato de adenosina; PCr = fosfocreatina. (Adaptado de Bishop et al., 2011)

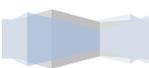
2.4 PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LA RSA

El entrenamiento de calidad es el que mantiene una estrecha sintonía con la competición. Los programas de preparación deportiva deben admitir una mezcla entre elementos secundarios o facilitadores y otros aspectos que permitan o aseguren el rendimiento óptimo en la competición (Sánchez et al., 2005).

La planificación de forma correcta de estos contenidos es importante para que no haya transferencia negativa entre ellos durante la temporada. En este sentido Sánchez et al. (2005) describen que la planificación por bloques concentrados (Modelo ATR), es el que se debería utilizar en futbolistas en el entrenamiento de la RSA, para la mejora de la resistencia a la velocidad.

El modelo ATR (Acumulación, Transformación y Realización) en el ámbito del fútbol, se utiliza para concentrar una determinada orientación de carga con el fin de influir más eficazmente en la estimulación condicional del futbolista. Por ello, se dispondrá de manera sucesiva los contenidos de entrenamiento, empezando por los de mayor efecto residual y finalizando por los más específicos (Sánchez et al., 2005).

A la hora de planificar, la temporada se podrá dividir en dos Macrociclos, y a su vez en tres periodos distribuidos en estos Macrociclos. Por un lado, se empezará con el Periodo de preparación (Pretemporada); luego con un periodo de competición (temporada); y por último se ubicará el periodo de transición al finalizar la temporada. También es importante amoldar las cargas durante los microciclos competitivos, con el objetivo de saber en qué día de la semana es más óptimo entrenar la resistencia a la velocidad en función de la localización del partido, y en qué momento se deberá utilizarla en una sesión con otros componentes condicionales, con el fin de mejorar el rendimiento en la RSA.



PERIODO DE PREPARACIÓN

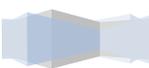
Dentro de este periodo se busca el trabajo principalmente de la potencia aeróbica, el cual se utiliza para asegurar la eficiente recuperación de los esfuerzos máximos, construyendo en sí una base aeróbica. Esta base aeróbica, se construirá en el Mesociclo Acumulación, comenzando con un trabajo de la capacidad aeróbica, a través de la carrera continua, para después incrementar la intensidad de la carga hasta el umbral anaeróbico a través de carreras intermitentes que avancen desde esfuerzos extensivos hasta los de mayor intensidad y menor recuperación. Por consiguiente, una vez entrado ya el final del periodo de preparación, comenzará ya el Mesociclo de Realización construido en un bloque de 3 semanas, con el objetivo de elevar los umbrales de tolerancia al ácido láctico (Sánchez et al., 2005).

PERIODO DE COMPETICIÓN

Este ciclo se abre con el **Mesociclo de Realización** de lo conseguido durante el final del periodo de preparación. Tendrá una duración de unas 3 o 4 semanas, en los que se trabajen todos los aspectos que afiancen el rendimiento deportivo. Las tareas tendrán un alto grado de especificidad, predominando el entrenamiento de resíntesis láctica sobre trabajos de acumulación. Después en los siguientes Mesociclos se alternarán los bloques de Acumulación, Transformación y Realización, estableciendo una duración de 6 semanas para los dos últimos y otorgándoles un sentido muy similar a lo descrito anteriormente (Sánchez et al., 2005).

PERIODO DE TRANSICIÓN

Debido a la ausencia de elementos de carácter competitivo dentro de este periodo, cabe destacar que no se establece ningún tipo de intervención sobre la resistencia a la velocidad (Sánchez et al., 2005).



MICROCICLOS DEL PERIODO COMPETITIVO

El trabajo sobre las cualidades específicas queda reservado a los días centrales de la semana. Por ello, durante los miércoles y los jueves se desarrollara un intenso trabajo sobre la resistencia específica, siempre y cuando se haya asegurado el suficiente tiempo de recuperación, para que el rendimiento en la competición no quede afectado. Por otro lado, cuando la resistencia a la velocidad comparta tiempo de sesión con otros contenidos de condición física, esta se colocará después de un entrenamiento que demande o solicite el componente nervioso (velocidad) e inmediatamente después de las que se refieren al sistema muscular (fuerza). Por otro lado, cuando toque con el componente condicional de la resistencia, el metabolismo anaeróbico láctico sucederá a las acciones regentadas por los fosfatos y precederá a los procesos energéticos aeróbicos. Con respecto a las sesiones físico-técnicas, el aprendizaje de las habilidades coordinativas irá antes que cualquier trabajo condicional, a no ser que sea una sesión orientada específicamente a los gestos técnicos en condiciones de fatiga (Sánchez et al., 2005).



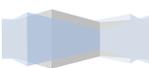
2.5 VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD RSA (TESTS)

Como se ha explicado anteriormente, durante el partido los jugadores tienen que realizar esfuerzos máximos con periodos de recuperación entre ellos. Por ello, la habilidad de repetir esprines a alta velocidad es un factor importante del rendimiento de los jugadores de fútbol. De ahí, surge la idea de construir diferentes test que imiten este patrón de movimiento, para poder evaluar la RSA, agrupando varios esprines intercalados con periodos de descanso, similares estructuralmente a las acciones de muy alta intensidad, que se producen durante los encuentros (Impellizzeri, Rampinini, Castagna, Ferrari Bravo, Tibaudi y Wisloff, 2008; Barbero-Álvarez, Pedro y Nakamura, 2013).

A la hora de valorar la capacidad de repetir esprines (RSA), los diferentes estudios recogen propuestas diversas, correspondiéndose la mayoría con el concepto propuesto de RSA. El formato que se utiliza en la mayoría de los estudios contiene entre 5 y 6 esprines a intensidad máxima “*all out*”, en algunos casos con ida y vuelta o cambios de dirección, y recuperaciones breves alrededor de 20 a 25 segundos, de forma pasiva o activa a baja intensidad (Arjol y Gonzalo, 2012).

2.5.1 PRODUCTOS Y VARIABLES DE ESTUDIO

La aplicación de pruebas para evaluar la RSA, permite evaluar diferentes parámetros y obtener información relevante implicando la realización de pocos cálculos. En la literatura se puede apreciar que se han aplicado diferentes protocolos, tanto de carrera como en cicloergómetro para la valoración de la RSA (Barbero et al., 2006b).

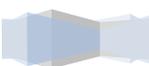


2.5.1.1 Variables de los test RSA en carrera

- Mejor tiempo: Es el menor tiempo conseguido en los esprines efectuados. Es un indicador de la potencia del sujeto, pudiendo calcular a partir de este valor la máxima velocidad y, si se conoce el peso, el pico de potencia total y relativa.

$$(Pot = (m \cdot a) \times \frac{e}{t}; Pot_{relativa} = \frac{(m \cdot a) \times \frac{e}{t}}{m}) \text{ (Barbero et al., 2006b).}$$

- Tiempo total o sumatorio de tiempos: Suma de todos los tiempos obtenidos en la prueba. Se trata del resultado global del test y puede ser considerado como un indicador de la capacidad para realizar ejercicio intermitente de máxima intensidad (Barbero et al., 2006b).
- Tiempo Medio: Media del sumatorio de todos los tiempos.
- Índice de fatiga: En la literatura se pueden encontrar diferentes procedimientos para el cálculo del índice de fatiga. Básicamente, pretenden aportar información relacionada con el porcentaje de pérdida o disminución en el rendimiento durante la ejecución de esprines repetidos y sirven para representar el grado de fatiga y la capacidad individual para recuperarse tras el esfuerzo:
 - Índice de Bangsbo: el método aplicado por este autor consiste en obtener la diferencia entre el peor y el mejor tiempo (Barbero et al., 2006b).
 - Índice de Wragg: proponen calcular la diferencia entre la media de los dos peores y los dos mejores tiempos (Barbero et al., 2006b).
 - Índice de Fitzsimons: es uno de los métodos más utilizados en estudios de la RSA, ya que aporta información sobre cómo se produce la disminución del rendimiento a lo largo de la prueba. No obstante, es necesario señalar que al tratarse de un índice relativo el error aleatorio aumenta. Para calcular dicho índice de fatiga se emplea la siguiente fórmula:
 - $IFF = \left(\frac{\sum \text{tiempos}}{t_{mejor} \times n^{\circ} \text{ sprints}} \times 100 \right) - 100 = \% \text{ (Barbero et al., 2006b).}$



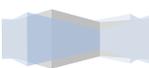
2.5.1.2 Variables de los test RSA en cicloergómetro

- Potencia pico y potencia media desarrollada en cada esprín (Barbero et al., 2006b).
- Trabajo total: suma del trabajo realizado en cada uno de los esprines (Barbero et al., 2006b).
- Índice de fatiga: Porcentaje de disminución del trabajo realizado durante la prueba (Barbero et al., 2006b).

Por consiguiente, se puede observar, un método empleado para calcular las variables en un test RSA en cicloergómetro, además del porcentaje que indica la disminución del rendimiento en los consecutivos esprines (Barbero et al., 2006b).

Tabla 10. Ejemplo del método empleado para calcular el índice de fatiga para 5 esprines de 6 segundos en cicloergómetro (Barbero et al., 2006b).

5 sprints de 6 s en Repetición	Cicloergómetro Trabajo (W = kJ)
1	6.7
2	6.4
3	6.2
4	5.9
5	5.7
Trabajo total (TT)	30.9
Trabajo ideal (TI)	Mejor resultado x5 = 6.7x5 = 33.5
Disminución rendimiento (%)	100 - ((TT/TI) x 100) 100 - 92.2 = 7.8%



2.5.2 VALIDACIÓN DE LOS TEST DE LA CAPACIDAD DE REPETIR ESPRINES (RSA)

La validación de los test RSA se realiza a través de la obtención de altos índices de fiabilidad de las pruebas de campo con respecto a los patrones de actividad durante un partido. En este sentido, se obtiene una alta correlación de las distintas variables de un test RSA con las diferentes variables de carrera medidas durante la competición. Por ello, se puede observar en varios protocolos correlaciones de forma moderada y significativa con determinados valores del rendimiento en competición, obtenidos mediante la realización de un “*match-analysis*” con programas deportivos como el “AMISCO”.

Los diferentes tests propuestos en las fuentes de información, se utilizan según los autores, como instrumento para predecir el rendimiento físico en jugadores de alto nivel, mostrar las posibles diferencias físicas que puedan existir en función de la demarcación de los jugadores de fútbol (valores superiores en delanteros respecto a centrocampistas, apareciendo en último lugar los defensores) así como también diferenciar el nivel futbolístico de los sujetos (mejores valores en futbolistas profesionales respecto a semi-profesionales y en último lugar aficionados) (Arjol y Gonzalo, 2012; Barbero-Álvarez et al., 2013; Aziz, Mukherjee, Chia y Teh, 2008; Rampinini, Bishop, Marcora, Ferrari Bravo, Sassi y Impellizzeri, 2007).

Existen una serie de criterios a seguir que deben cumplir los tests RSA. Entre estos se pueden destacar: que la suma de los esfuerzos repetidos no debe superar el volumen de trabajo de 300 metros; la duración de cada esfuerzo repetido debe ser de 4 a 6 segundos; la recuperación de cada esfuerzo repetido debe ser incompleta, por ello, se debe establecer una proporción correcta entre trabajo y recuperación en torno 1:5 (6 segundos de trabajo, 30 de recuperación); y en el recorrido de los esfuerzos máximos debe incluirse carrera con cambios de dirección, ya que el desplazamiento en línea recta no es muy habitual en la práctica del fútbol (Sánchez et al., 2005).



2.5.2.1 Protocolos válidos de los test RSA en jugadores de fútbol

Las fuentes de información científicas muestran en sus estudios diferentes protocolos para medir las variables RSA en los futbolistas. Estos protocolos se construyen, como bien se ha explicado antes, en base a los patrones de movimiento de los jugadores en el partido, para rendir la mayor especificidad posible a la prueba. En la siguiente figura se puede observar el espacio recorrido en forma de esprín, por diferentes modalidades deportivas.

Sport	Sprint distance [yards (meters)]	Intervals between sprints [seconds]
Baseball, softball	30 (27)	30 - 60
Basketball	20 (18)	10 - 15
Football	10 - 40 (9 - 37)	25 - 30
Soccer, lacrosse, rugby, field hockey	10 - 40 (9 - 37)	5 - 15
Tennis	5 - 10 (5 - 9)	3 - 5 (same point) 20 - 30 (between points) 60 (between games)

Figura 30. Promedio de las distancias de los sprints y intervalos de descanso (Dintiman y Ward, 2003).

Como bien se puede observar en la tabla, todos los protocolos validados en la bibliografía, utilizan las distancias que Dintiman y Ward (2003) han señalado para el deporte del fútbol, donde se puede observar que realizan distancias a esprín de 9 a 40 yardas (9 a 37 metros) con intervalos de descanso que van de los 5 a los 30 segundos. Los datos aportados respecto a los esprines por estos autores, se van a plasmar en los diferentes protocolos de las fuentes científicas, como se ha descrito a continuación.



Test RSA de 40 m (20 m ida + 20 de vuelta con giro de 180°)

Este RSA consiste en realizar 6 esprines de 40 metros (20 m de ida y 20 m de vuelta), realizando un cambio de orientación de 180°. El sujeto tendrá que recorrer la distancia de 20 m tocar la línea con un pie y volverá al punto de partida (los conos), lo más rápido posible. Tras cada repetición el sujeto tendrá una recuperación pasiva de 20 segundos (Impellizzeri et al., 2008; Rampinini et al., 2007).

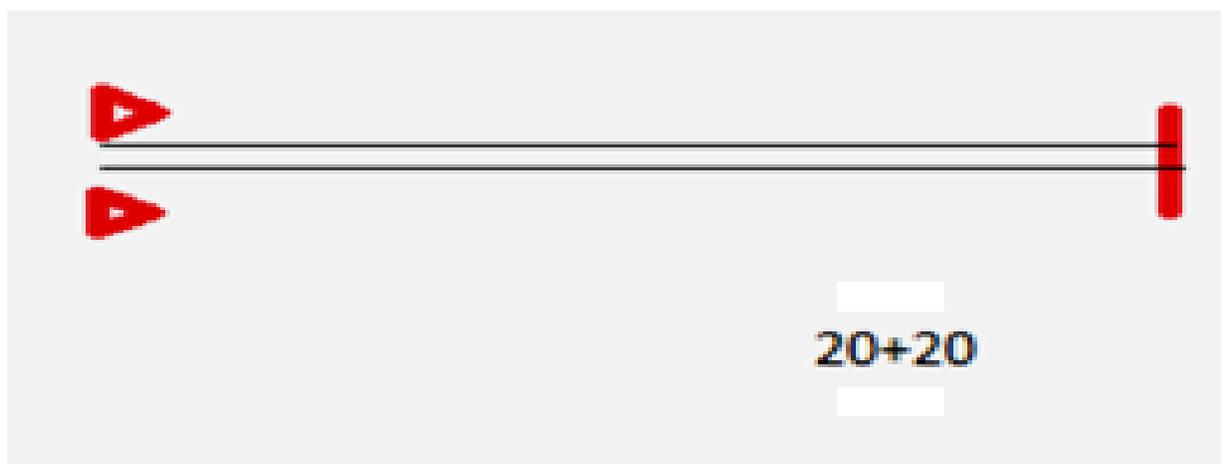


Figura 31. Test *RSA* de 40 metros (20 metros ida más 20 metros vuelta).



Test RSA de Bangsbo con cambio de dirección

El protocolo del RSA de Bangsbo consiste en la realización de 7 esprines máximos de 34,2 metros desde el cono A al cono D, ubicando un cambio de dirección a una distancia de 5 metros hacia la izquierda, entre los puntos B y C. La recuperación entre cada sprint es de 25 segundos, siendo de carácter activo realizando trote suave pasando por el punto D y dirigiéndose hasta el punto inicial A, para reanudar otra vez la carrera (Wragg, Maxwell y Doust, 2000; Abrantes, Maçãs y Sampaio, 2004).

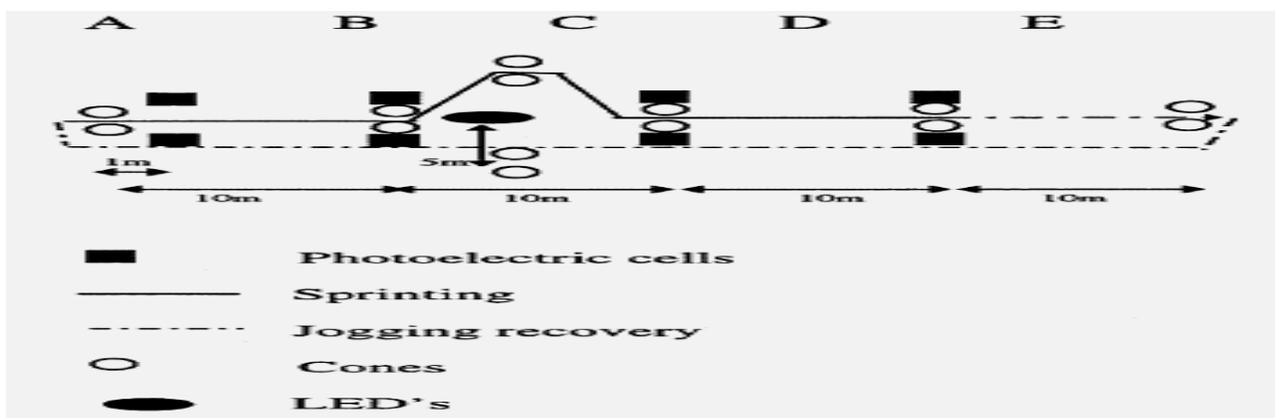
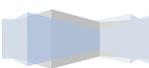


Figura 32. Diagrama del test de esprint de Bangsbo. Para la explicación de A, B, C, D, E véase la sección Métodos, Prueba sprint de Bangsbo. LED Diodos emisores de luz (Wragg et al., 2000).



Test de Balsom

Este test, consiste en recorrer a la mayor velocidad posible un triángulo (A-B-C) de 9,1 metros de lado. Posteriormente se dispone de 42 segundos de descanso activo realizado en un circuito de recuperación ubicado en el perímetro de área del penalti. Este circuito será repetido 20 veces consecutivas por el jugador (Sánchez et al., 2005).

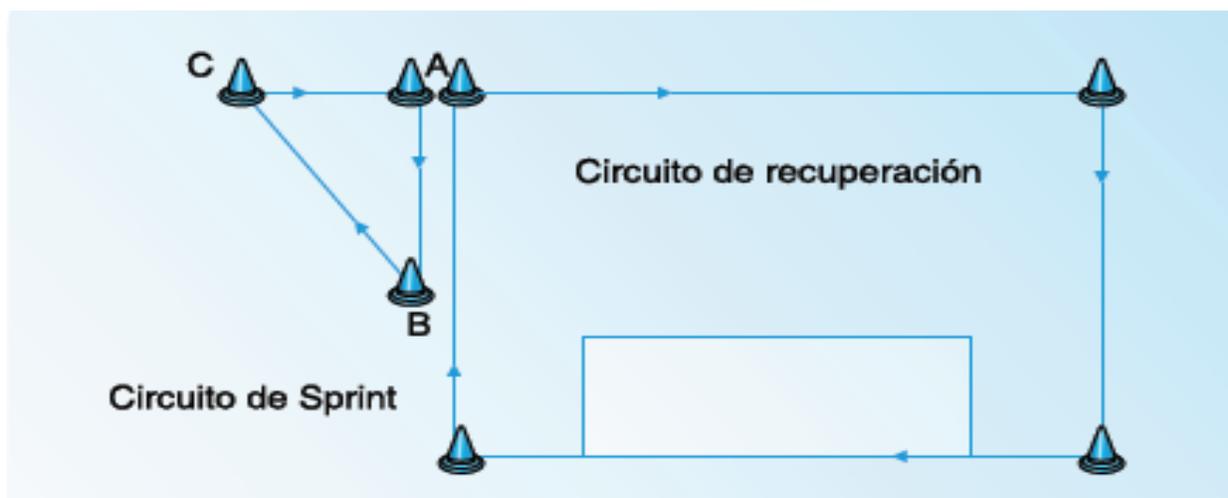
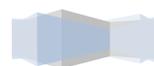


Figura 33. Espacio para el desarrollo del Test de Balsom (Sánchez et al., 2005).



Test RSA de 20 metros lineal

Este Test consiste en la realización de entre 6 y 8 esprines de 20 metros, con recuperaciones entre series de 20 a 25 segundos. Los 20 metros se delimitan por la colocación de un cono tanto al principio de la prueba como al final. A la señal, los jugadores saldrán a 0,5 m del sensor y recorrerán el recorrido. Una vez finalizada la carrera volverán trotando suavemente hasta la línea de salida del test (Wong et al., 2012; Aziz et al., 2008).

En otros estudios, como el de Owen et al. (2012) utilizan el mismo protocolo, pero a su vez también se colocan células fotovoltaicas a la distancia de 10 metros para medir el mejor tiempo en esta distancia y utilizarla de análisis.

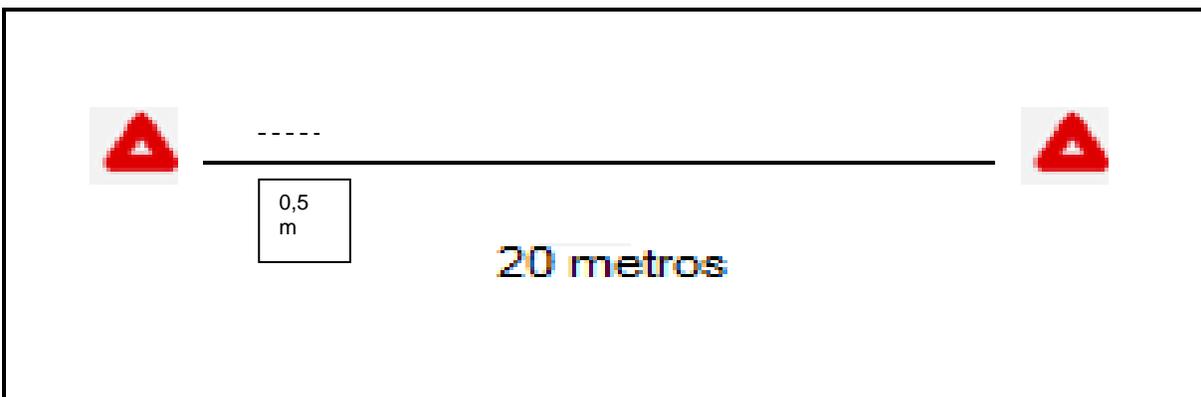
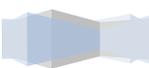


Figura 34. Test RSA de los 20 metros lineal



Test RSA de 30 metros lineal

El protocolo de este test RSA, contiene entre 6 y 7 repeticiones, completando 30 metros a esprín con periodos de descanso entre 20 y 24 segundos. Los jugadores empiezan la carrera a 0,5 metros de la línea de salida. Una vez terminada la carrera tendrán que desacelerar hasta el cono y volver a la línea de salida desde la línea que antes era la de meta, para volver a reanudar después del tiempo de descanso el siguiente esprín (Barbero-Álvarez et al. 2013; Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt y Sheehan, 2008).

En el estudio realizado por Pyne et al. (2008) se puede observar el diagrama de la estructura del test.

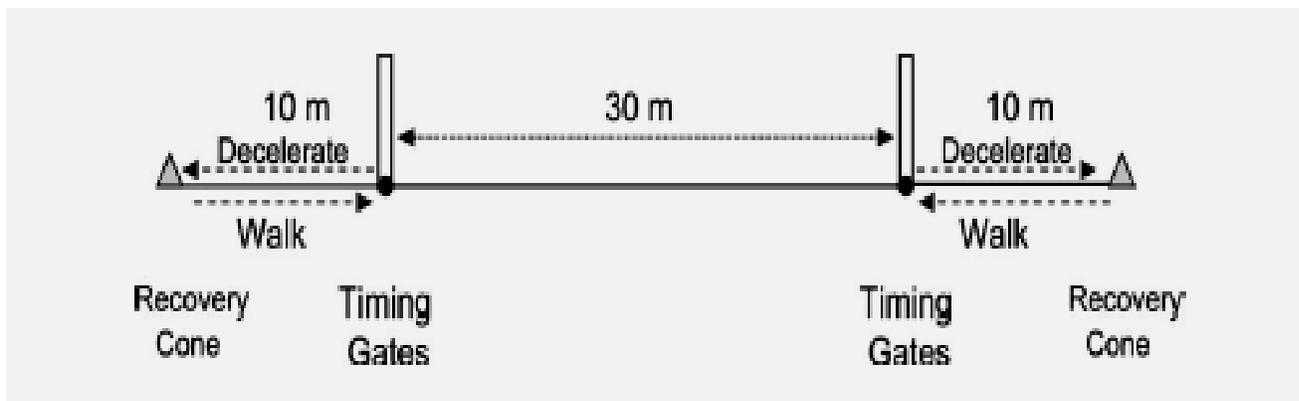


Figura 35. Diagrama esquemático del protocolo del test de esprín repetidos 6 x 30 m. Los jugadores comienzan los esprines consecutivos desde los extremos (timing gates) (Pyne et al., 2008).



Test RSA adaptados a las características del jugador

Con estos test se intenta buscar la máxima especificidad en el esfuerzo a evaluar del jugador, realizando esfuerzos a máxima velocidad correspondiente a su puesto específico. En la realización de estos test se han tenido en cuenta, como se ha explicado anteriormente, los esfuerzos que se llevan a cabo en los diferentes test de RSA ya validados. Por ello, los test incorporan 5 acciones de alta intensidad, con diferentes distancias, nunca llegando a superar los 20 metros y con algunos tramos corriendo a menor intensidad (*Jogging*). El tiempo de recuperación irá acorde al puesto específico también, ya que un central realiza mayor número de tiempos de recuperación en el juego real, que un mediocentro por ejemplo, sin pasarse de 30 segundos, ya que es el valor estándar de recuperación para que se considere RSA.



Lateral

Comienza con una carrera a esprín de 10 metros. Por consiguiente una vez que ha llegado al cono golpeará el balón entre los dos conos rojos. Después realizará otro esprín de 15 metros y al llegar al cono, realizará un cambio de dirección hacia el otro realizando una carrera de baja intensidad. Después realizará otro esprín de 10 metros hasta el siguiente cono, cambio de dirección realizando otro esprín de 10 metros y realizará un centro hacia la portería, donde acabará con 20 metros a máxima intensidad realizando un repliegue terminando el test en sí.

Como se puede observar, el test tiene una serie de acciones características de esta demarcación (pase al medio centro, centro desde la zona del córner al área, repliegue para anular el contraataque posible del equipo contrario etc.) realizadas en la zona del campo donde su demarcación va a demandar todo este tipo de acciones.

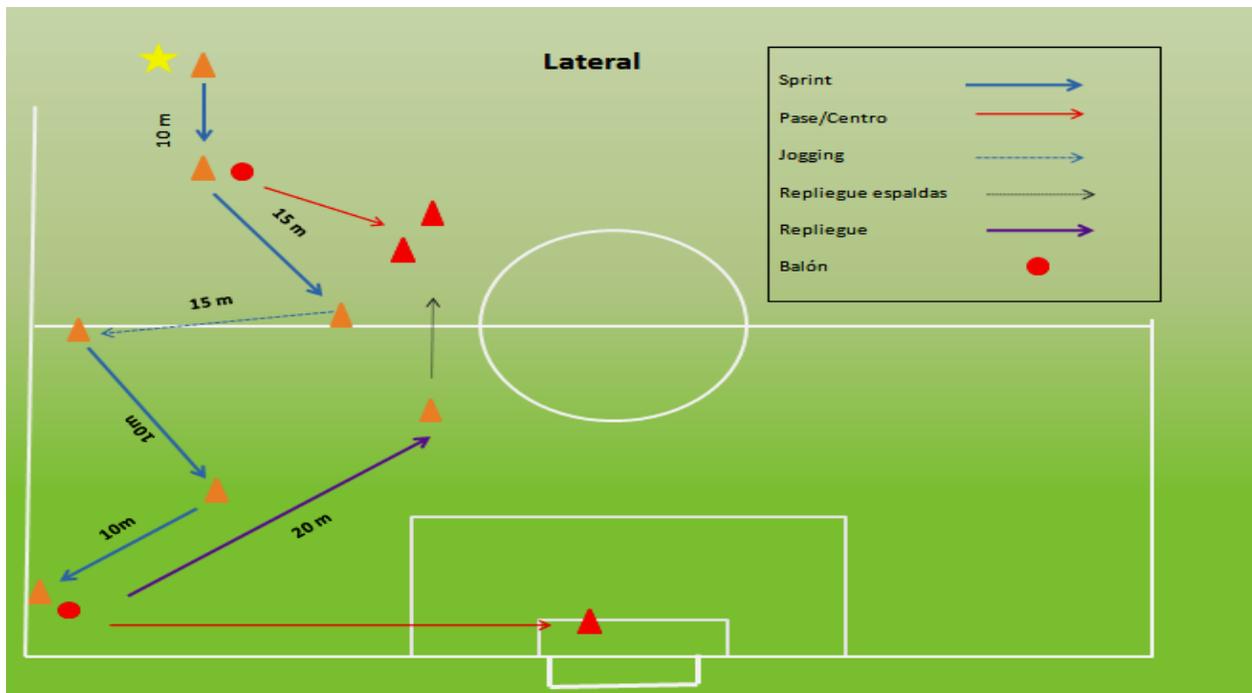
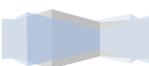


Figura 36. Test RSA adaptado para la demarcación del lateral.



Central

Comienza con un esprín de 5 metros hasta el cono de en frente donde realiza un salto de cabeza realiza un repliegue hasta el otro cono y realiza otro esprín lineal de 5 metros realizando otro salto de cabeza y después realiza otro esprín de 20 metros donde al llegar al cono realizará un golpeo a la zona delimitada, después realizará otro repliegue de 15 metros hacia la zona donde hay un balón y realizará otro golpeo hasta la zona rectangular, concluyendo con otro esprín de 5 metros.

Como se puede observar, el test tiene una serie de acciones características de esta demarcación (acción específica de salto de cabeza disputando con el delantero repliegues, golpeo de balón en largo a zonas laterales etc.) realizadas en la zona del campo donde su demarcación va a demandar todo este tipo de acciones.

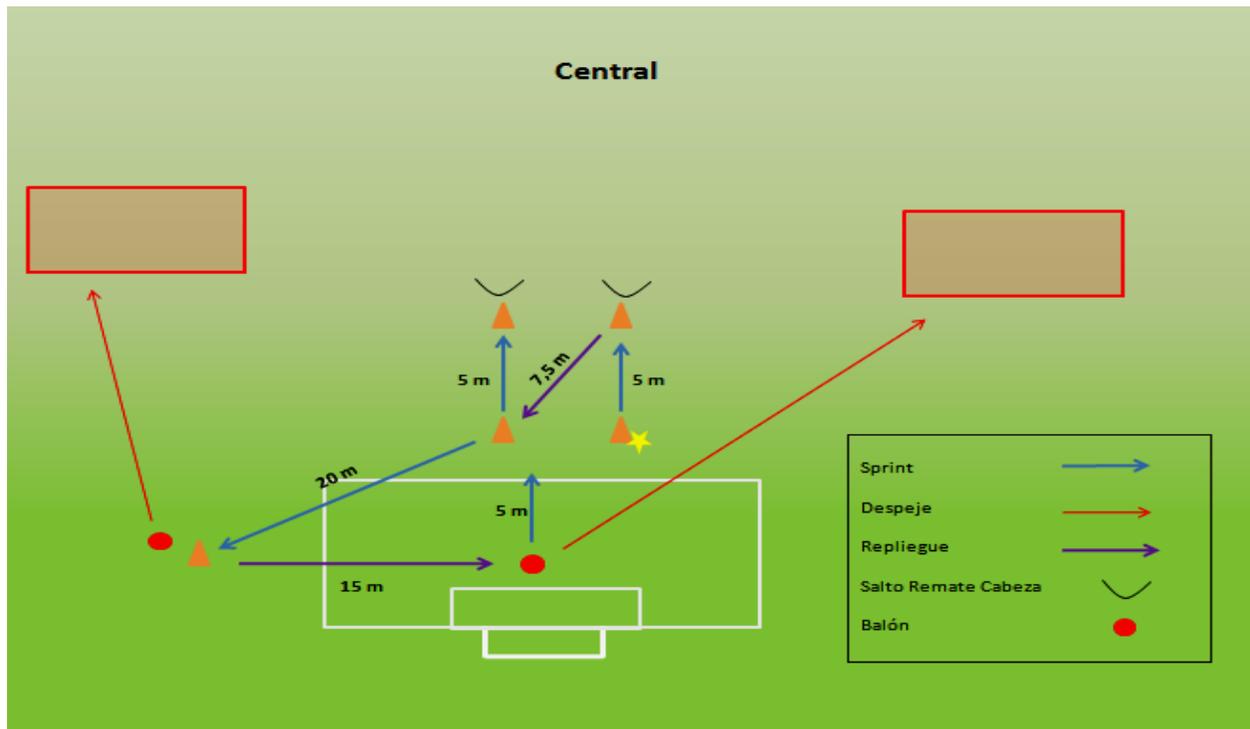
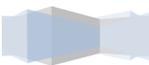


Figura 37. Test RSA adaptado para la demarcación del central.



Mediocentro

Realiza 6 esprines de 10 metros cada uno en el centro del campo tal y como lo describe la imagen. Se puede observar que tiene bastante golpeo de balón por las características de su posición ya que durante un encuentro esta posición está altamente necesitada al respecto.

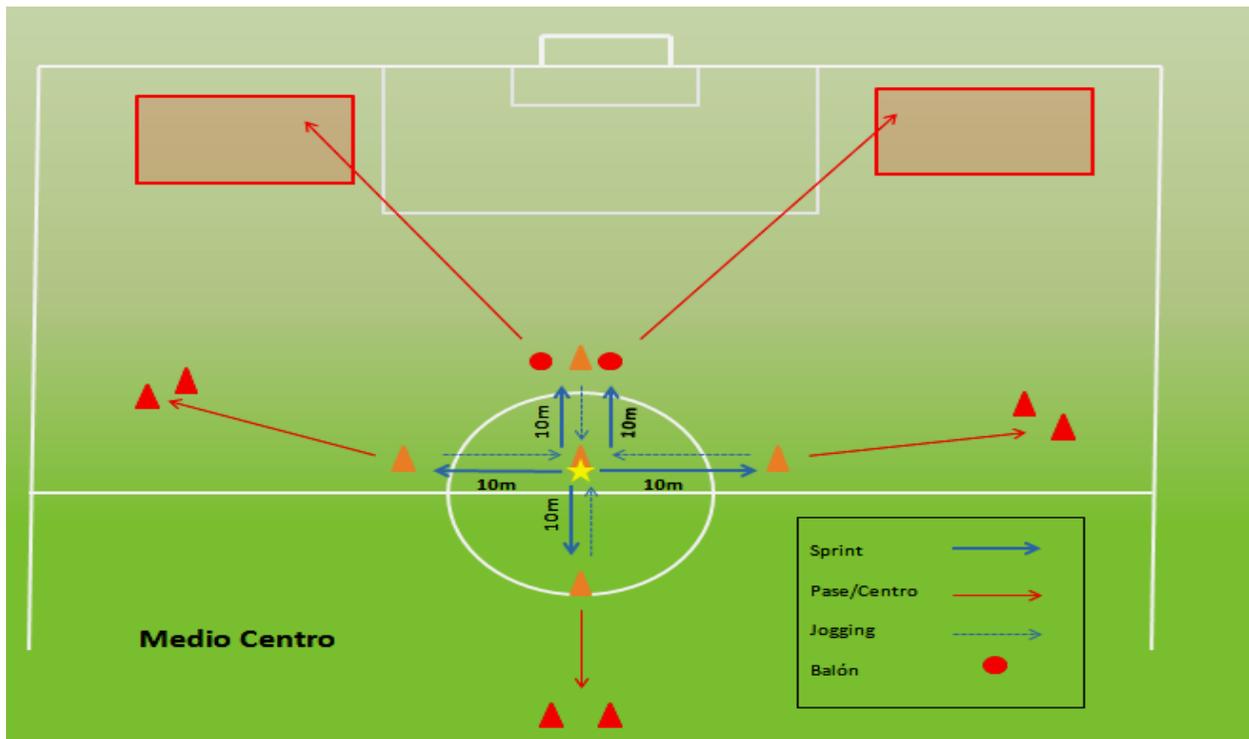
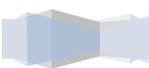


Figura 38. Test RSA adaptado para la demarcación del Medio Centro.



Delantero

Comienza realizando un esprín de 15 metros, y posteriormente otra carrera a baja intensidad hasta el cono del medio, donde realiza un salto de cabeza y posteriormente un pase entre los dos conos. Por consiguiente, realizará un esprín de 15 metros, donde se localizará un balón y tendrá que realizar un golpeo a puerta.

El test RSA en esta demarcación contiene características, ya sea el salto para el golpeo de cabeza, arrancadas, pase de cara al medio punta, desmarque y lo más importante golpeo a portería al final del test, acción principal que puede decantar el partido.

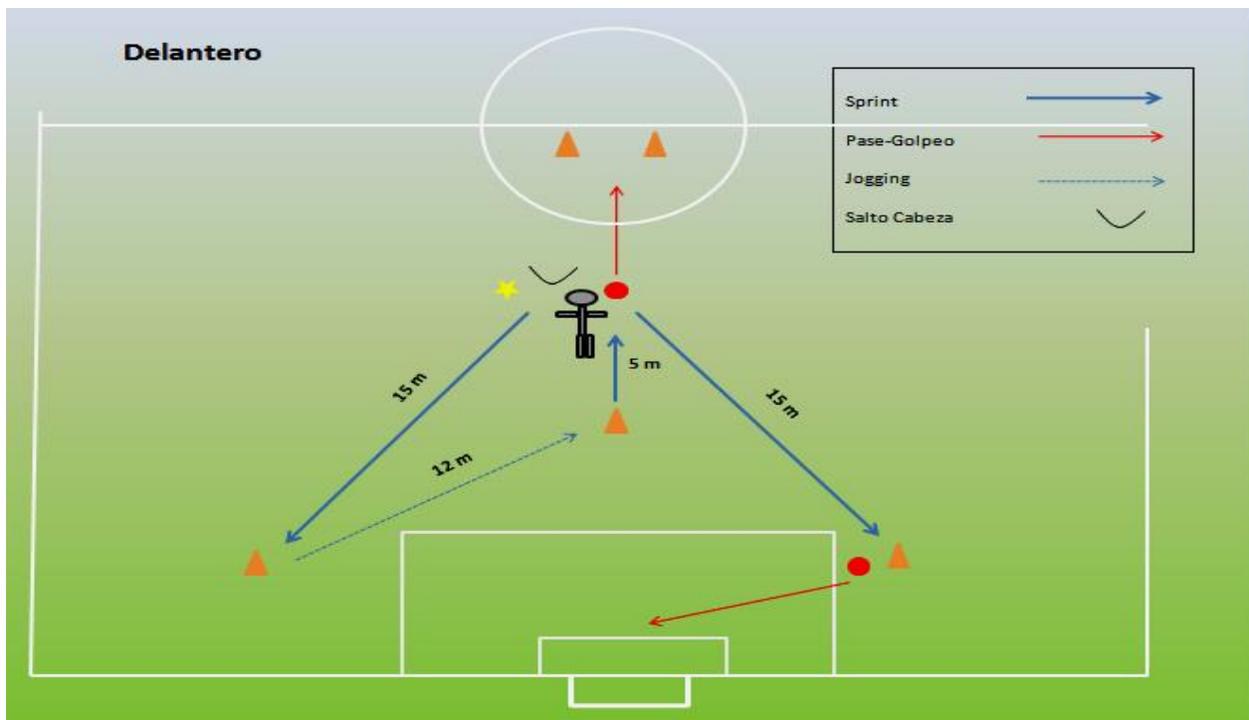
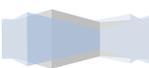


Figura 39. Test RSA adaptado para la demarcación del delantero.



Test RSA con cicloergómetro en futbolistas

Los Test RSA en cicloergómetro utilizados en futbolistas consisten principalmente en la realización de 5 y 10 esprines máximos de 6 segundos de duración con periodos de 24 segundos de recuperación pasiva (Hill Haas et al., 2007; Bogdanis et al., 2011).

Tabla 11. Método utilizado para calcular el trabajo absoluto (trabajo total) y relativo (% de decremento) de las calificaciones del test RSA (Hill Haas et al., 2007).

Repetition	Work done (kJ)
1	6.7
2	6.4
3	6.2
4	5.9
5	5.7
Total work (kJ) = 30.9 Ideal work (kJ) = highest 6-s score × 5 = 6.7 × 5 repetitions = 33.5 Decremental (%) = 100 – (Total/Ideal × 100) = 100 – (30.9/33.5 × 100) = 100 – 92.2 = 7.8%	

Parece obvio, que los protocolos RSA deben ser específicos tal y como explican Sánchez et al. (2005) debiendo simular el patrón de actividad de cada especialidad deportiva. A pesar de ello Barbero et al. (2006b) explican, que muchos de los estudios de RSA en jugadores de deportes de equipo están realizados con cicloergómetros en condiciones de laboratorio, ya que este tipo de protocolo permite un mayor control de las variables del objeto de estudio e incluso analiza variables que en la actualidad es imposible en condiciones de campo. No obstante, es importante subrayar que pueden surgir diferencias en la modalidad de ejercicio (carrera, contra pedaleo), teniendo influencia en los resultados.



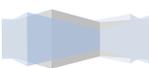
3. CONCLUSIONES

La capacidad de repetís sprints o RSA se caracterizan por estar diseñadas para valorar la capacidad de los deportistas en la ejecución de una serie de esfuerzos máximos intermitentes con duraciones entre 3 y 10 segundos, con recuperaciones incompletas, normalmente menos de 30 segundos.

Los RSA representan el patrón de movimiento que caracteriza a los deportes intermitentes de alta intensidad (DIAI). De ahí que la elección de pruebas se tienen que asemejar a la realidad de la competición, respetando el perfil de actividad (esfuerzo-pausa) característico de los encuentros.

Los aspectos fisiológicos de la RSA permanecen en gran medida sin esclarecer. No obstante, la participación metabólica durante una actividad de esprines repetidos solicita una combinación tanto de la vía anaeróbica como de la vía aeróbica, siendo principalmente el metabolismo anaeróbico aláctico (depósitos de ATP-PCr muscular en torno a un 50 %) y láctico (glucólisis anaeróbica del glucógeno en torno a un 44 %) las vías predominantes en la obtención de energía durante el ejercicio máximo intermitente. Lo que representa que un mayor potencial de las mismas propiciaría un mejor rendimiento en la RSA. Por otro lado, la participación aeróbica, ha sido criticada, ya que para ciertos autores, el consumo máximo de oxígeno o VO_{2MAX} no tiene relación significativa con esta capacidad, no obstante, según otros, si que tiene relación, sobre todo, a medida que aumenta la duración del esfuerzo o disminuye el tiempo de recuperación entre los esprines (aumentando su participación en un 40 %), y en su contribución en el proceso de resíntesis de la PCr y la mejora en la capacidad tampón, mejorando considerablemente el rendimiento en la RSA, donde los sucesivos esprines llevan a una mayor contribución del metabolismo aeróbico.

Dentro del entrenamiento para la mejora de la RSA, existen dos recomendaciones principales, por un lado el entrenamiento del sprint único o individual donde se busca



principalmente la mejora de velocidad y potencia del jugador, el cual incluye métodos de entrenamiento de velocidad tradicional en velocistas (pliometría, multisaltos, carreras con lastres etc.); entrenamiento de fuerza, especialmente de fuerza máxima con media sentadilla, (entrenamiento con bajas repeticiones entorno a 5 repeticiones al 90 % de 1RM con descansos completos alrededor de 3 minutos); y la utilización de métodos fraccionados de resistencia para mejorar la glucólisis anaeróbica con periodos de trabajo fraccionados cortos de muy alta intensidad (20-30 segundos con descansos completos alrededor de 10 minutos). Y por otro lado la mejora en la recuperación entre esprines, donde según los autores el mejor método es el de entrenamientos Intervalados "Interval Training" con una intensidad entre el 80-90 % del VO_{2MAX} con repeticiones de 2 minutos y descansos de 1 minuto, con los cuales, pueden mejorar la resíntesis de fosfocreatina y la capacidad tampón. También, cabe destacar que la ingestión de monohidrato de creatina (20 gr/día) en jugadores profesionales junto al entrenamiento matutino de estos, en un principio puede mejorar la reposición de los depósitos de PCr en su conjunto aumentando el rendimiento en los sucesivos sprints.

Sin embargo, es importante describir que los autores no recomiendan el entrenamiento similar al test utilizado de repetir esprines, ya que la mejora de RSA del test aplicado, podría deberse a la mejora de los patrones motores y coordinativos que se provocan en los jugadores dentro de la prueba que a la mejora de los parámetros que mejoran el RSA.

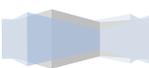
También existen otros métodos de entrenamiento más específicos. Por un lado, cabe considerar el entrenamiento mediante juegos reducidos "Small-Sided Games" (3 contra 3 jugadores; 2 contra 2 etc.), los cuales dan un sentido más específico y competitivo al entrenamiento de la capacidad para repetir esprines, observándose mejoras en todas las variables RSA. Junto a este tipo de entrenamiento también destacan la capacidad de repetir esprines mediante cambios de dirección, donde algunos autores dicen que es un método diferentes al de RSA ya que contiene patrones de movimiento diferentes a los RSA tradicionales, llamados en sí RCOD (capacidad de repetir esprines con cambios de dirección), no obstante, otros autores dicen que con un

ajuste del espacio y la atribución de al menos un cambio de dirección los tiempos correlacionan con las variables de la RSA. En conclusión, la utilización también de estos métodos de entrenamiento para la mejora de la RSA en el fútbol, dan un sentido más específico al contenido de entrenamiento ya que se asemeja a las acciones que se producen durante la competición, porque incluyen otro tipo de acciones como aceleraciones, deceleraciones, movimientos laterales, cambios de sentido etc.

No existe un tipo de entrenamiento recomendado en este sentido, sin embargo, las mayores mejoras hasta la fecha en lo que se refiere a la mejora de la capacidad para repetir esprines, vienen con una combinación de las 2 estrategias ya mencionadas anteriormente, junto con la utilización de juegos reducidos y la realización de esprines con cambios de dirección, realizando una planificación y una serie de estrategias adecuadas para combinar los diferentes métodos de entrenamiento de forma correcta y sin transferencias negativas.

Con respecto a los tests propios en la valoración de la RSA, estos son validados por su relación con acciones de alta intensidad que se realizan durante los partidos. Además de esto, son utilizados para diferenciar jugadores de fútbol profesionales, semi-profesionales y amateurs, además de poder clasificar a estos en función de su rendimiento en una demarcación dentro del terreno de juego y por supuesto para realizar un seguimiento del rendimiento de los futbolistas a lo largo de la temporada. Dentro de los test más nombrados por la bibliografía se encuentra el test RSA de 40 metros (20 metros ida más 20 metros vuelta).

En conclusión, se puede observar que la capacidad para repetir esprines es importante para el rendimiento en competición del futbolista y del equipo, y a su vez, el entrenamiento de esta capacidad es complejo, por lo que se tendrá que realizar una adecuada planificación y secuenciación de los diferentes contenidos a abordar.

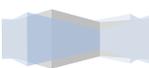


4. LÍNEAS DE FUTURO

Son necesarias futuras investigaciones, en lo que respecta a los aspectos fisiológicos, en las que se podría incluir otras evaluaciones de metabolitos (lactato, ácido úrico, piruvato); otras técnicas de valoración del sistema aeróbico a parte del consumo máximo de oxígeno, ya que este método no correlaciona o correlaciona levemente con la RSA, con el objetivo de poder esclarecer mejor los mecanismos fisiológicos de la capacidad para repetir esprines en los jugadores de fútbol.

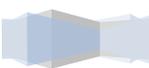
Es necesario estudios sobre la implementación más adecuada de los diferentes contenidos de entrenamiento a nivel general y específico para la mejora del RSA del futbolista, por la existencia de gran controversia al respecto. Ya que las investigaciones ponen su punto de mira más en los métodos de entrenamiento de resistencia fraccionados para producir adaptaciones en el sistema aeróbico y anaeróbico láctico con el objetivo de mejorar la recuperación entre esprines, y no en la utilización de métodos de velocidad para mejorar el esprín individual, con métodos de entrenamiento en velocistas de 100, 200 y 400 metros (entrenando la Potencia Aláctica, Capacidad Aláctica y Potencia Láctica) indicando que intensidades son óptimas en el entrenamiento del sistema anaeróbico aláctico (por ejemplo, al 90 %, 95 %, 100 % de la velocidad máxima) en cada periodo de la planificación a lo largo de la temporada para transferirlo en el fútbol, ya que las formas de entrenar en estos atletas, aunque sean de deportes individuales, están muy desarrolladas y podrían ser útiles de cara a la mejora en el componente físico en los futbolistas. Por ello, cabe destacar que existe evidencia muy escasa al respecto y se necesita más investigación en el futuro.

Cabe considerar, que hay evidencia científica escasa de como planificar la RSA a lo largo de la temporada en los jugadores de fútbol, dejándose un poco al libre albedrío de los profesionales. Por lo que, los profesionales deberían publicar como distribuirían las diferentes capacidades condicionales y coordinativas físicas relacionadas con la mejora



en la RSA, para contrastar estas ideas con otros profesionales, y así poder mejorar de una forma óptima la RSA.

Y por último, se necesita la realización de otros protocolos en pruebas de campo, y no en situaciones de laboratorio utilizando el cicloergómetros en futbolistas, ya que es un método que implica movimientos no característicos del fútbol. Por otro lado, se necesita también más protocolos con modificación de los diferentes parámetros (duración, tiempo de recuperación, ratios trabajo-recuperación y número de descansos), para buscar mejores correlaciones con las variables medidas en competición y así poder crear protocolos más fiables que se adapten de forma óptima a las necesidades de los futbolistas con respecto a la capacidad de repetir esprines durante la competición.

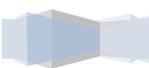


5. LA EVALUACIÓN: APRENDER A APRENDER

El tema elegido sobre la capacidad de repetir esprines o RSA en jugadores de fútbol ha sido una elección óptima ya que he podido aprender, fortalecer y utilizar una serie de habilidades que he ido adquiriendo durante los años lectivos en la universidad, y más aún porque lo he podido realizar en el ámbito del rendimiento deportivo, contexto dentro de la actividad física y el deporte donde el día de mañana quisiera dedicarme por el interés y dedicación que ha despertado en mí.

Con este proyecto he podido aprender una serie de conceptos nuevos dentro del ámbito del fútbol. En el área fisiológica, he fortalecido mis conocimientos acerca de la utilización de las vías metabólicas en las acciones intensas que se producen en el fútbol por su carácter intermitente (en este caso los esprines), y las complejas relaciones que existen entre ellas. Por otro lado, he podido aprender una serie de recomendaciones y metodologías de entrenamiento para la mejora de la capacidad de repetir esprines, que como se ha explicado anteriormente es un factor limitante muy importante en lo que respecta al rendimiento físico del fútbol. Y sobre todo el proceso de desaprender una serie de aspectos válido en otros deportes, y que sin embargo en el fútbol, tienen poca importancia y son insignificantes.

Y por último, en lo que respecta a la adquisición de habilidades, ya que gracias a este trabajo he mejorado en la búsqueda bibliográfica de las diferentes bases científicas de datos, consiguiendo mayor eficiencia en el sondeo y también a la hora de realizar la lectura y observación de los datos. No obstante, en lo que corresponde a la lectura de artículos en inglés, debo mejorar mi comprensión lingüística en este idioma, cosa que consideraré en el futuro, adquiriendo una nueva habilidad tan importante en el área del rendimiento deportivo.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrantes, C., Maçãs, V., Sampaio, J. (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *Journal of Sports Science & medicine*, 3(1), 44-49.

Arjol, J. L., Gonzalo, O. (2012, 10 de Mayo). Reflexiones sobre el entrenamiento de la RSA (Repeated Sprint Ability) en el fútbol. *Revista de Preparación Física en el fútbol*. Recuperado de: <http://futbolpf.com/revista/index.php/fpf/article/view/51>

Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. H., Teh, K. C. (2008). Validity of the Running Repeated Sprint Ability Test Among Playing Positions and Level of Competitiveness in Trained Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 29(10), 833-838. doi: 10.1055/s-2008-1038410

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. doi: 10.1080/02640410500482529

Barbero, J. C., Méndez, A., Bishop, D. (2006). La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: aspectos fisiológicos (I). *Archivos de Medicina del Deporte*, 23(114), 299-303. Recuperado de: http://femede.es/documentos/Revision_La%20capacidad_299_114.pdf

Barbero, J. C., Méndez, A., Bishop, D. (2006). La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: aspectos fisiológicos (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 23(115), 379-389. Recuperado de: http://femede.es/documentos/Revision_la%20capacidad%20II_379_115.pdf



Barbero-Álvarez, J. C., Pedro, R. E., Nakamura, F.Y. (2013). Validity of a repeated-sprint ability test in young soccer players. *Science & Sports*, 28(5), 127-131. doi: 10.1016/j.scispo.2012.12.003

Bishop, D., Girard, O., Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-Sprint Ability-Part II. Recommendations for Training. *Sports Medicine*, 41(9), 741-756. doi: 10.2165/11590560-000000000-00000

Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., Maridaki, M. (2011). Effects of two different half-squat training programs on fatigue during Repeated cycling sprints in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1849-1856. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e83a1e.

Buchheit, M., Haydar, B., Ahmaidi, S. (2012). Repeated sprints with directional changes: do angles matter?. *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 555-562. doi: 10.1080/02640414.2012.658079

Dintiman, G. Ward, B. (2003). *Sports Speed*. Estados Unidos: Human Kinetics

Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Wisloff, U. (2008). Sprint vs. Interval Training in Football. *Journal of Sports Medicine*, 29(8), 668-674. doi: 10.1055/s-2007-989371

Ferrer, G. (2012). Adaptaciones Aeróbicas y Alta Intensidad, y su relación con los Deportes de Equipo: ¿Continuos, Intervalados, Intermitentes, Sprints Intermitentes o Sprint Repetidos (RSA)? *G-SE*. Recuperado de: <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/adaptaciones-aerobicas-y-alta-intensidad-y-su-relacion-con-los-deportes-de-equipo-continuos-intervalados-intermitentes-sprints-intermitentes-o-sprints-repetidos-rsa--1437>



Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 75(2), 712-719.

Gavira, P. Muñoz, D. Moya, A. Navarro, M. (n.d.). Test de Resistencia a la Velocidad. Obtenida el 13 de Junio de 2014, de: <http://www.slideshare.net/asj87/test-resistencia-a-la-fatiga#>

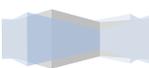
Girard, O., Mendez-Villanueva, A., Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability-Part I. Factors Contributing to Fatigue. *Sports Medicine*, 41 (8), 673-694. doi: 10.2165/11590550-000000000-00000.

Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., Edge, J. (2007). Effects of rest Interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 619-628. doi: 10.1080/02640410600874849

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., 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. doi: 10.1055/s-2008-1038491

Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., Fiorentini, F. (2011). Effects of Speed, Agility, Quickness Training Method on Power Performance in Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1285-1292. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d67c65.

Mujika, I., Padilla, S., Ibañez, J., Izquierdo, M., Gorostiaga, E. (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Medicine and Science in sports and exercise*, 32(2), 518-525.



Owen, L. A., Wong, D. P., Paul, D., Dellal, A. (2012). Effects of a Periodized Small-Sided Game Training Intervention on Physical Performance in Elite Professional Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2748-2754.

Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., Sheehan, K. (2008). Relationships Between Repeated Sprint Testing, Speed, and Endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1633-1637. doi: 10.1519/JSC.0b013e318181fe7a.

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), 228-235. doi: 10.1055/s-2006-924340

Sánchez, J., Blázquez, F., Gonzalo, A., Yagüe, J. M. (2005). La resistencia a la velocidad como factor condicionante del rendimiento del futbolista. *Apunts educación física y deportes*, 3(81), 47-60.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. (2005). Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities: specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044.

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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2324-2330. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823daeab.

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.

