



UNIVERSIDAD DE LEÓN

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y DEL DEPORTE**

INSTITUTO DE BIOMEDICINA (IBIOMED)

**RELACIÓN ENTRE LA CUALIDAD AERÓBICA, LA
RECUPERACIÓN AL ESFUERZO Y LA RESISTENCIA A LA
VELOCIDAD EN FUTBOLISTAS: INFLUENCIA DEL TIPO DE
ENTRENAMIENTO Y DEL DESENTRENAMIENTO**

Memoria que presenta para la obtención del grado de Doctor:
D. Alejandro Rodríguez Fernández

Director de la tesis Doctoral:
Dr. José Gerardo Villa Vicente. Catedrático de Educación Física y Deportiva de la
Universidad de León.

A mis abuelos, por todo lo que han hecho por mí, sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A toda mi familia, padres, hermanos, tíos, primos...

Y en especial y sobre todo lo demás, a ti.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una forma desinteresada, han participado en esta Tesis Doctoral, y de manera especial:

A mi director de Tesis, Dr. **José Gerardo Villa Vicente**, por todo ese tiempo y dedicación empleados en esta Tesis Doctoral y sobre todo en mi formación como investigador, ya que sin él no hubiese sido posible y sobre todo su amistad y ayuda en los momentos difíciles.

Al Dr. **Javier Sánchez Sánchez**, con quien he compartido parte del proceso investigador de esta Tesis Doctoral, por su ayuda, sus conocimientos, su amistad y su predisposición al trabajo.

Al Grupo de Investigación VALFIS (Valoración de la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo) del Departamento de Educación Física y Deportiva, y adscrito al Instituto de Biomedicina (IBIOMED) de la Universidad de León, y especialmente al **Dr. José Antonio Rodríguez Marroyo** por haberme ayudado y solucionado tantas dudas, y en particular a los compañeros del “despacho 86-VALFIS”: Jorge, Belén, David...

A todas aquellas personas que han participado en las distintas fases experimentales derivadas de esta Tesis Doctoral.

A la Universidad de León, y más concretamente a la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y al Dpto. de Educación Física y Deportiva por su formación y por facilitarme recursos para la realización de esta investigación, así como al Instituto de Biomedicina, responsable del excelente Máster en Innovación e Investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, por su orientación y formación necesaria para presentar este trabajo.

Parte de los resultados obtenidos en esta investigación han sido objeto de las siguientes publicaciones y comunicaciones.

Publicaciones:

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez, J., Rodríguez-Marroyo, J.A., Villa, J.G. (2015). Effects of seven weeks of static hamstring stretching on flexibility and sprint performance in young soccer players according to their playing position. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, [EPUB ahead of print] ISSN 0022-4707. Online ISSN 1827-1928
Indexed/Abstracted in: Chemical Abstracts, CINAHL, Current Contents/Clinical Medicine, EMBASE, PubMed/MEDLINE, Science Citation Index Expanded (SciSearch), Scopus
Impact Factor JCR: 0.972

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez-Sánchez, J., Villa, J.G. (2014) Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol. *Cultura Ciencia y Deporte*, 9, 251-259.

Indexed: Scopus, Ebsco, In-Recs, Dice, Latindex, Redalyc, Dialnet, Resh, Compludoc, Recolecta, Cedus, Redinet, Sportdiscus, Miar, Psicodoc, Circ, Doaj, Isoc, DULCINEA, SCIRUS, WORLDCAT, LILACS, GTBib, research gate, Safetylit, Rebiun, Universal Impact Factor, Index Copernicus, Genamics, e-Revistas, Cabell's Directory, SJIF, ERIH PLUS

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez-Sánchez, J., Villa, J.G. (2013). Evolución del rendimiento en la habilidad de repetir sprints (RSA) según el momento de la temporada y en función de la demarcación en jóvenes futbolistas. *Revista preparación Física en Fútbol*, 10, 13-23.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez-Sánchez, J., Casamichana Gómez, D., Rodríguez-Marroyo, J.A., Villa Vicente, J.G. Enviado a *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Effect 5-weeks pre-season training with small-sided game in RSA according to physical fitness. *Proceso de revisión*. ISSN 0022-4707. Online ISSN 1827-1928
Indexed/Abstracted in: Chemical Abstracts, CINAHL, Current Contents/Clinical Medicine, EMBASE, PubMed/MEDLINE, Science Citation Index Expanded (SciSearch), Scopus
Impact Factor JCR: 0.972

Comunicaciones en congresos

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Rodríguez Marroyo, J.A., & Villa Vicente, J.G. (2013). Evaluation of exercise program: high interval aerobic training combined with small sided games. En N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, J. Cadefau, R. Tarragó, E. Tsolakidis, (Ed.) *Book of abstracts 18th Annual Congress of the European College of Sport Science*. (p. 426) Congreso llevado a cabo en: National Institute of Physical Education of Catalonia Barcelona, Spain.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Rodríguez Marroyo, J.A., Morante-Rábago, J.C., Ogueta Alday, A. & Villa Vicente, J.G. (2013). Influence of aerobic capacity in recovery and influence of recovery capacity in RSA test. En N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, J. Cadefau, R. Tarragó, E. Tsolakidis, (Ed.), *Book of abstracts 18th Annual Congress of the European College of Sport Science*. (p. 579) Congreso llevado a cabo en: National Institute of Physical Education of Catalonia Barcelona, Spain.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2013). Influencia del desentrenamiento en el rendimiento en test RSA, en función del nivel competitivo y la capacidad de aceleración. . En V. Arufe, *IX Congreso de Ciencias del Deporte y Educación Física*. Congreso llevado a cabo en Pontevedra, Galicia, España.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2013). *Influencia del tipo de estímulo de entrenamiento en el rendimiento en test RSA, en periodos con ausencia de competición*. En V. Arufe, *IX Congreso de Ciencias del Deporte y Educación Física*. Congreso llevado a cabo en Pontevedra, Galicia, España.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2013). Influencia del número de horas semanales de actividad físico-deportiva y de la composición corporal en el rendimiento en test RSA. En J.A. González Badillo, y J.A. López Calbet, *II Simposio Internacional en Avances en Ciencias del Deporte*. Simposio llevado a cabo en Sevilla, Andalucía, España.

Sánchez Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, A., Manuel Carretero, M., y Villa Vicente, J.G. (2014). Efecto de un entrenamiento de pretemporada con juegos reducidos sobre la habilidad para repetir sprint. En F. del Villar Álvarez, F. Claver Rabaz, y J. Fuentes García (Ed.), *Libro de actas VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*. (pp. 377-341). Congreso llevado a cabo en Cáceres, España.

Sánchez Sánchez, J., Bores, A., Rodríguez-Fernández, A., García, D., Guillen, L., Romo, D., y Paz, A. (2014). Evaluación de la relación entre la habilidad de repetir sprints (RSA) tanto en línea recta como con cambios de dirección, y la fuerza explosiva del tren inferior de jugadores de élite de fútbol sala. En F. del Villar Álvarez, F. Claver Rabaz, y J. Fuentes García (Ed.), *Libro de actas VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*. (pp. 353-356) Congreso llevado a cabo en Cáceres, España.

Hernández, H., Valiente, J., Martín, A., Rodríguez-Fernández, A., Carretero, M., y Sánchez Sánchez, J. (2014). Influencia del comodín en la carga física de una tarea 4 vs. 4 en fútbol. En F. del Villar Álvarez, F. Claver Rabaz, y J. Fuentes García (Ed.), *Libro de actas VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*. (pp. 359-363) Congreso llevado a cabo en Cáceres, España.

Sánchez Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, J., Carretero, M., y Villa Vicente, J.G. (2014). Evolución de la flexibilidad durante el período de preparación de un equipo de fútbol. En V. Arufe, *10th International Congress on Sport Science and Physical Education*. Congreso llevado a cabo en Pontevedra, Galicia, España.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Barrueco García, J., Rodríguez Guillen, J., García Martín, D., Romo Martín, D., y Bores Cerezal, A. (2014). Efecto del entrenamiento de la fuerza excéntrica en la mejora del RS lineal y con cambios de dirección en jugadores de fútbol sala. En V. Arufe, *10th International Congress on Sport Science and Physical Education*. Congreso llevado a cabo en Pontevedra, Galicia, España.

Rodríguez-Fernández, A., Carretero, M., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2015). Influencia de la edad y relación entre cualidad aeróbica, recuperación y RSA en jóvenes futbolistas. En S. Sedano, *I Congreso Nacional de preparación física en fútbol*. Congreso llevado a cabo en Valladolid, Castilla y León, España.

Marcos, V., González, A., Hernández, C., Rodríguez-Fernández, A., Carretero, M., y Sánchez Sánchez, J. (2015). *Efecto de un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la habilidad para repetir sprints de futbolistas con diferente cualidad aeróbica*. En S. Sedano, *I Congreso Nacional de preparación física en fútbol*. Congreso llevado a cabo en Valladolid, Castilla y León, España.

Hernández, C., Marcos, V., González, A., Rodríguez-Fernández, A., Carretero, M., y Sánchez Sánchez, J. (2015) *Efecto de un programa interválico de alta intensidad con esfuerzos lineales y con cambio de dirección sobre la capacidad para repetir sprints*. En S. Sedano, *I Congreso Nacional de preparación física en fútbol*. Congreso llevado a cabo en Valladolid, Castilla y León, España.

ÍNDICE



Foto con el cuerpo técnico de la selección Española de Fútbol realiza en una ponencia del el Máster de Preparación Física en Fútbol de la RFEF, Las Rozas, Madrid 2014, a partir de los datos obtenidos en la realización de esta tesis doctoral. De izquierda a derecha: Vicente del Bosque (entrenador), Alejandro Rodríguez (autor de esta tesis), Javier Miñano Espín (Preparador físico) y José Antonio Grande Cereijo (Segundo entrenador).

ÍNDICE	1
1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES.....	9
2.1. CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS (RSA).....	11
2.1.1. CONTEXTUALIZACION Y DEFINICIÓN.	11
2.1.2. TIPOS DE RSA.	12
2.1.3. FACTORES LIMITANTES DEL RSA.....	16
2.1.4. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO.	20
2.2. INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO EN EL RSA.....	23
2.2.1. ENTRENAMIENTO DE LOS FACTORES LIMITANTES.....	23
2.2.2. TIPOS DE ENTRENAMIENTO E INCIDENCIA EN EL RSA.....	26
2.3. RELACIÓN RSA Y CUALIDAD AERÓBICA.....	32
2.3.1. CONTRIBUCIÓN DEL METABOLISMO AERÓBICO Y ANAERÓBICO AL RSA.....	32
2.3.2. CONTRIBUCION DE FACTORES PERIFÉRICOS Y CENTRALES DEL VO ₂ AL RSA.....	36
2.3.3. CONTRIBUCION DEL TIPO DE ENTRENAMIENTO “AERÓBICO” AL RSA.....	37
2.3.4. CONTRIBUCION DE LA MADURACIÓN AL RSA.....	39
2.4. INFLUENCIA DE LA RECUPERACIÓN EN EL RSA.....	40
2.4.1. DEFINICIÓN DE RECUPERACIÓN.	40
2.4.2. RECUPERACIÓN Y RSA.	42
2.5. DESENTRENAMIENTO.....	46
3. OBJETIVOS	49
4. METODOLOGÍA.....	53
4.1. DISEÑO ESPERIMENTAL	55
4.2. SUJETOS	56
4.3. PROCEDIMIENTOS	57
4.3.1. ANÁLISIS CINEANTROPOMÉTRICO Y COMPOSICIÓN CORPORAL.	57
4.3.2. TEST PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINT (RSA).	58
4.3.3. PRUEBA EROGESPIROMETRICA MÁXIMA EN TAPIZ RODANTE.	61
4.3.4. TIVRE-FÚTBOL®.....	63
4.3.5. YO-YO TEST DE RECUPERACIÓN INTERMITENTE.	69
4.3.6. COURSE NAVETTE.	71
4.3.7. TEST DE SALTO.....	72
4.3.8. REGISTRO DE LA FRECUENCIA CARDIACA MEDIANTE LA UTILIZACION DE LOS PULSOMETROS.....	72
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DE LA CUALIDAD AERÓBICA, ENTRENAMIENTOS ESPECÍFICOS Y EL DESENTRENAMIENTO EN LA CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS (RSA) EN FÚTBOL.....	77
5.1 RELACIÓN ENTRE LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y EL RENDIMIENTO EN LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS EN FUTBOLISTAS.....	83
5.2 EFECTO DE LA EDAD EN LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y LA CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS EN JUGADORES DE FÚTBOL DE UNA MISMA CATEGORIA.....	107
5.3 INFLUENCIA DEL NÚMERO DE HORAS SEMANALES DE ACTIVIDAD FISICO-DEPORTIVA Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN EL RENDIMIENTO EN TEST RSA.....	131
5.4 EFECTOS DE COMBINAR LOS SMALL SIDED GAMES Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO DE ALTA INTENSIDAD EN LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS.....	145

5.5	<i>EVOLUCIÓN EN EL RENDIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS (RSA) SEGÚN EL MOMENTO DE LA TEMPORADA Y EN FUNCIÓN DE LA DEMARCACIÓN EN JÓVENES FUTBOLISTAS.</i>	173
5.6	<i>EFFECTOS DE SIETE SEMANAS DE ESTIRAMIENTO ESTÁTICO DE LOS ISQUIOTIBIALES, EN LA FLEXIBILIDAD Y LA CAPACIDAD DE ACELERACIÓN EN JÓVENES FUTBOLISTAS EN FUNCIÓN DE SU DEMARCACIÓN.</i>	189
5.7	<i>EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE 5 SEMANAS DE DURACIÓN MEDIANTE JUEGOS REDUCIDOS (SSGs) EN EL RSA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONDICIÓN FÍSICA.</i>	203
5.8	<i>EFFECTOS DE DOS TIPOS DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN LA CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS (RSA) DURANTE UNA PRETEMPORADA EN FÚTBOL.</i>	225
5.9	<i>EFFECTOS DEL DESENTRENAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS EN FUNCIÓN DEL NIVEL COMPETITIVO Y LA CAPACIDAD DE ACELERACIÓN EN FUTBOLISTAS.</i>	243
5.10	<i>INFLUENCIA DEL DESENTRENAMIENTO VS ENTRENAMIENTO EN UN CORTO PERIODO COMPETITIVO CON AUSENCIA DE COMPETICIÓN EN LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS.</i>	267
6.	CONCLUSIONES	287
7.	BIBLIOGRAFÍA	291
8.	ANEXOS	309

1. INTRODUCCIÓN



Jugador de fútbol preparado para realizar uno de los sprints que conforman el test RSA. Se observan la línea de salida previa (0.5 m) a la primera fotocélula y la recogida de datos mediante el software Sport test (Ver. 3.2.1)

La concepción de este trabajo se llevó a cabo en un aula de la facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, de la Universidad de León, al despertar el interés una capacidad determinante en el rendimiento de los deportes colectivos, concretamente en el fútbol: la capacidad para repetir sprints o "*repeat sprint ability*" (RSA) en una de las clases del Máster de Innovación e Investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León, concretamente en la asignatura: Monitorización en valoración funcional de la condición física. Tras analizarlo con el profesor de la asignatura, y actual director de este trabajo, el Dr. José Gerardo Villa Vicente realizamos una revisión bibliográfica comprobando que quedaban muchas cuestiones por responder a cerca de esta capacidad, su relación con la velocidad y flexibilidad, su posible relación con la cualidad aeróbica ($VO_2\text{max}$ y umbrales aeróbico y anaeróbico) y con la capacidad de recuperación, la influencia que iban a tener sobre ella diferentes programas de entrenamiento, tanto generales (HIT), como específicos (SSGs), e incluso el efecto que iba a tener el desentrenamiento sobre este factor determinante del rendimiento.

El fútbol es un deporte que ha sufrido un gran cambio en las demandas físicas competitivas, manifestado por la tendencia a incrementar los registros de la carga externa analizados durante las competiciones oficiales (distancia recorrida, número de acciones realizadas, distancias recorridas a máxima velocidad ...) y al cambio en la consideración de los denominados factores de rendimiento, pasando de una consideración tradicional basada en la cualidad aeróbica, a una más moderna y actual donde la capacidad para repetir sprints se considera uno de los más importantes factores de rendimiento.

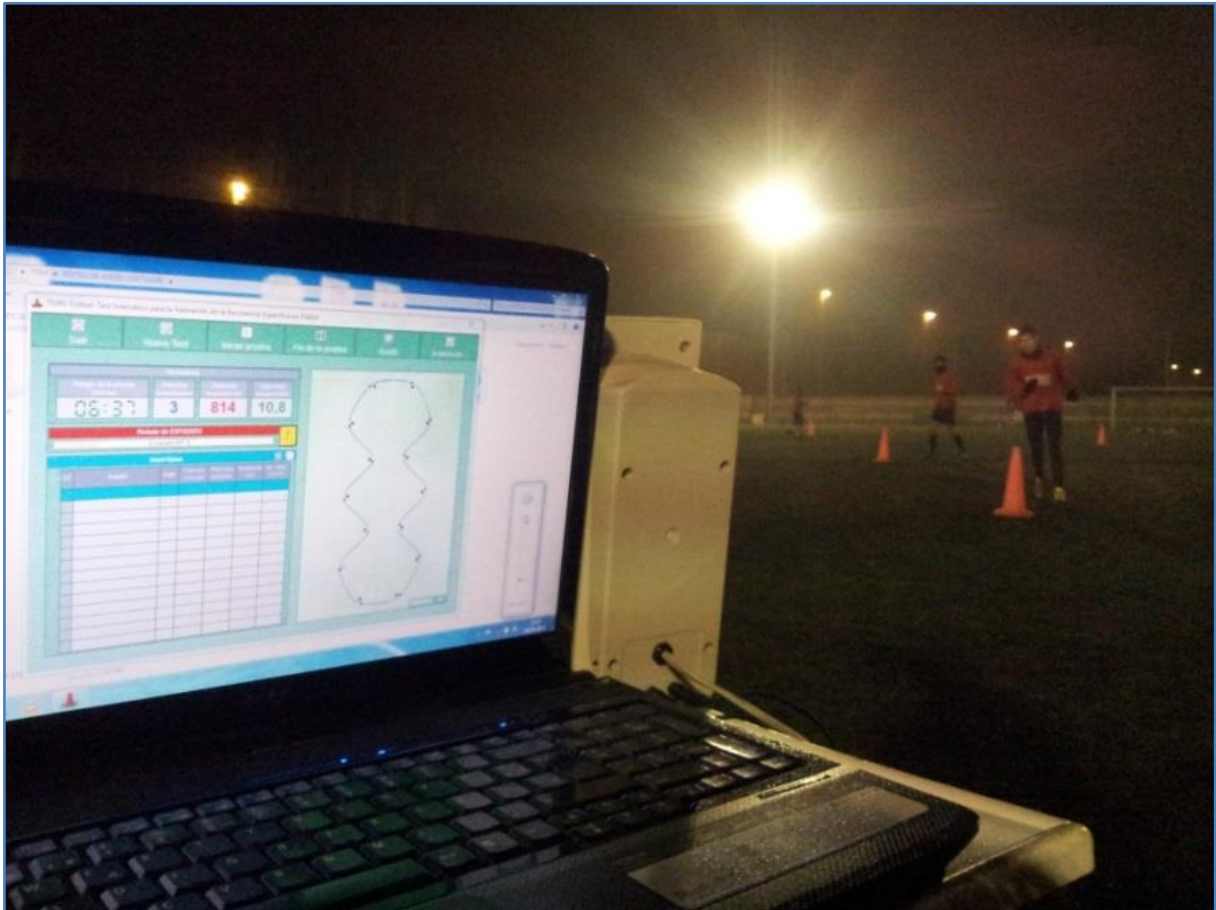
La literatura muestra una controversia no solo en cuanto la relación entre el RSA con el resto de capacidades físicas, como puede ser la capacidad y/o potencia aeróbica ($VO_2\text{max}$), la resistencia aeróbica (umbral anaeróbico) y la capacidad de recuperación, con lo que nos planteamos la hipótesis de que aquellos sujetos que tengan un mejor nivel de condición física aeróbica, presentarán una mejor recuperación y por lo tanto un mejor rendimiento en la capacidad de repetir sprints. En la actualidad se desconoce cuál es el mejor programa de entrenamiento para mejorar el rendimiento de esta capacidad. Por lo que en el desarrollo de este trabajo se analizarán diferentes programas de entrenamiento, tanto generales como específicos, para evaluar los efectos en el RSA. Paralelo al concepto de entrenamiento nos encontramos con el concepto de desentrenamiento, y si diversos estudios han mostrado ciertas mejoras en el rendimiento tras la aplicación de un estímulo de entrenamiento, nos planteamos la hipótesis de que el cese del mismo o un estímulo

insuficiente (desentrenamiento) puede ocasionar pérdidas o desadaptaciones que conlleven una disminución en el rendimiento, asociadas a este cese del entrenamiento.

Se formularon una serie de objetivos generales, en función de los cuales se articularon objetivos más específicos para la comprobación de estas hipótesis, llevándose a cabo el diseño experimental de diferentes estudios, mediante los cuales se trataba de resolver los objetivos planteados. Para comprobar los efectos de los diferentes programas de entrenamiento administrados (tanto los diseñados como los ya referenciados en la literatura) se utilizaron tanto test de laboratorio (prueba ergoespirométrica máxima) como test de campo (TIVRE-Futbol®, Yo-Yo de recuperación intermitente Nivel 1, Course Navette), y de flexibilidad, además de realizar cineantropometría, y diseñar un test específico para valorar el rendimiento en la capacidad de repetir sprints.

Los sujetos reúnen características de especificidad ya que eran componentes de equipos de fútbol, tanto jugadores de categorías de élite de base (juvenil Nacional y División de Honor), como amateur (3ª división) y profesionales (2ªb), así como estudiantes de Ciencias de la actividad Física y del Deporte.

2. ANTECEDENTES



Jugadores de fútbol realizando el test de campo TIVRE-Fútbol® para determinar la resistencia específica en fútbol y la capacidad de recuperación, en su campo habitual de entrenamiento, con su indumentaria y calzado habitual, utilizando el software TIVRE-Fútbol® modificado.

2.1. CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS (RSA).

2.1.1. CONTEXTUALIZACION Y DEFINICIÓN.

Actualmente los deportes de equipo son muy populares y cuentan con millones de participantes en todo el mundo (Girard et al., 2011). Los deportistas que participan en estas disciplinas necesitan producir repetidamente esfuerzos máximos o submáximos intercalados con breves periodos de recuperación (Carling, Le Gall, & Dupont, 2012). Concretamente estudios que han analizado las demandas competitivas han demostrado que el fútbol exige la repetición de esfuerzos máximos o submáximos de corta duración, entre los que se intercalan breves períodos de recuperación (Bradley et al., 2013; Buchheit, Mendez-villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010; Buchheit, Simpson, & Mendez-Villanueva, 2013; Carling et al., 2012).

Si está en duda que capacidades físicas pueden actualmente afectar y determinar el rendimiento en un partido de fútbol (Rampinini et al., 2007), no hay duda de que la capacidad para repetir esfuerzos de alta intensidad es un importante componente del rendimiento en este deporte (Girard et al., 2011; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005). La capacidad para reproducir sprints de corta duración con cortos periodos de recuperación se ha denominado “*repeat-sprint ability*” (RSA) (Girard et al., 2011; Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009), siendo uno de los principales factores de rendimiento (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009). Durante estos ejercicios de esfuerzos repetidos con breves periodos de recuperación la imposibilidad para mantener el rendimiento en cada sprint (fatiga) se manifiesta por medio del descenso en la velocidad de desplazamiento (incrementando el tiempo invertido en cubrir una distancia) (Buchheit et al., 2008), siendo este, el indicador del rendimiento utilizado en los test RSA para evaluar dicha capacidad (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2008). A pesar de que estas acciones solamente se corresponden con un pequeño porcentaje del tiempo total de competición (2-8%), han sido asociados con momentos cruciales del partido (Oliver, Armstrong, & Williams, 2007), ya que determinará que un jugador alcance o no la posesión del balón. Por lo tanto, es necesario la medición y evaluación de esta capacidad (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011).

2.1.2. TIPOS DE RSA.

Cuando los esfuerzos son repetidos, es útil definir los dos tipos de ejercicios existentes, *Intermittent-sprint* y *Repeat-Sprint Exercise* (RSE) o *Repeat Sprint Ability* (RSA). Ambos están caracterizados por esfuerzos de corta duración (≤ 10 s) pero *intermittent-sprint* tiene recuperaciones suficientemente largas (60-300 s) para permitir una recuperación casi completa (Duffield, King, & Skein, 2009). Mientras que RSA está caracterizado por cortos periodos de recuperación (≤ 60 s). La principal diferencia es que en *intermittent-sprint* hay un mínimo o inexistente decrecimiento en el rendimiento (Bishop & Claudius, 2005), mientras que en RSA hay un marcado decrecimiento del rendimiento (Bishop, Edge, Davis, & Goodman, 2004) (Figura 1).

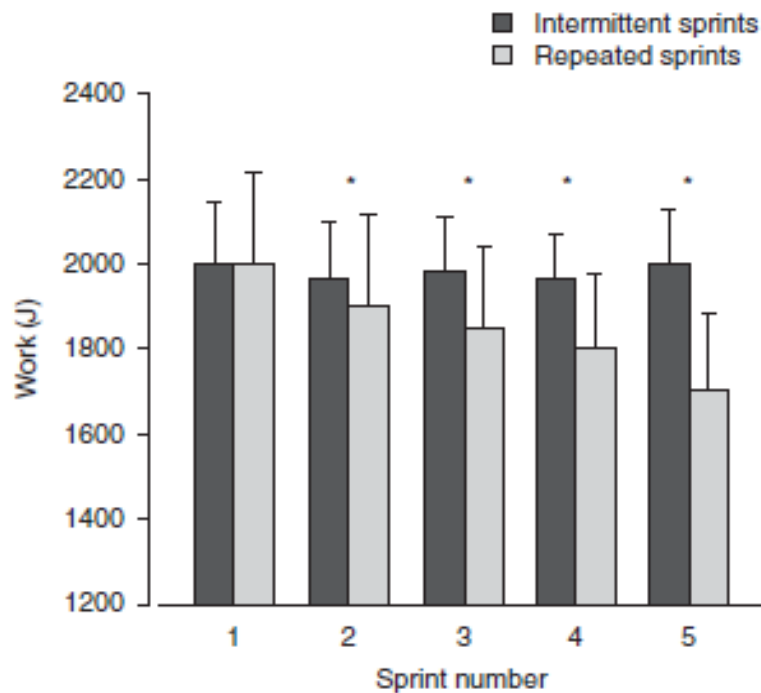


Figura 1. Efectos de la recuperación en la habilidad para repetir sprints (5 x 4 s) *Intermittent Sprint* (RSE) con recuperación de 2 min y *Repeat Sprint Ability* (RSA) con una recuperación de 30 s entre sprints (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011)

En términos generales la literatura nos muestra básicamente tres tipos de test RSA para evaluar esta capacidad (Dawson, 2012):

- **Pruebas de una sola serie (corta duración 3-5 min):** 5-15 repeticiones de 3-6 s / < 40 m de duración intercalando una recuperación activa o pasiva de 24-30 s entre cada esfuerzo (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, Ahmaidi, 2010; Impellizzeri et al., 2008; Mujika et al., 2009; Oliver et al., 2007; Rampinini et al., 2009; Spencer et al., 2005; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000).
- **Pruebas de series múltiples (duración media 15-40 min):** 3-5 series de 5-10 repeticiones de 3-6 s / < 40 m de duración, intercaladas con 60-120 s de recuperación (Beckett, Schneiker, Wallman, Dawson, & Guelfi, 2009; Carr, Dawson, Schneiker, Goodman, & Lay, 2008; Pontifex, Wallman, Dawson, & Goodman, 2010).
- **Pruebas de simulación de la competición o de series múltiples (de duración larga 45-90 min):** 6-10 series de 3-6 s / < 40 m repeticiones, intercaladas con caminar o trotar, saliendo cada 60-120 s, a menudo divididas en 4 x 15-20 min cuartos, o 2 x 30-45 min mitades (Beckett et al., 2009; Duffield, Dawson, Bishop, Fitzsimons, & Lawrence, 2003; Oliver, 2009; Preen et al., 2001; Stone et al., 2011).

Tener una gama tan amplia de protocolos RSA dificulta la utilización, aplicación y comparación de resultados. A la hora de seleccionar el test para estudios experimentales se deben de considerar cuidadosamente cuáles son los objetivos, para seleccionar el protocolo más adecuado (Dawson, 2012):

- ✓ Si el objetivo es un análisis puro del RSA o una evaluación de un programa de ejercicio se recomienda el uso de pruebas de una sola serie (Spencer, Fitzsimons, Dawson, Bishop, & Goodman, 2006).
- ✓ Si por el contrario el objetivo es una simulación de la competición donde se modificaran parámetros como la temperatura ambiental (Ball, Burrows, & Sargeant, 1999; Duffield et al., 2003), suplementaciones con cafeína (Carr et al., 2008) creatina (Preen et al., 2001) o bicarbonato (Gaitanos, Nevill, Brooks, & Williams, 1991), estiramientos antes del esfuerzo (Beckett et al., 2009) o procesos de recuperación tras el esfuerzo (King & Duffield, 2009) se evaluará mediante pruebas de series múltiples de duración media o larga (Dawson, 2012).

Además de estos tipos de test RSA, en la actualidad se están utilizando otro diferente tipo de test RSA como son los test RSA con cambio de dirección (RSA COD). Diferentes RSA COD han sido utilizados y están en continua evolución por parte de los investigadores (Brughelli, Cronin, Levin, & Chaouachi, 2008; Hader, Mendez-Villanueva, Ahmaidi,

Williams, & Buchheit, 2014). Una posible clasificación es la propuesta por Brughelli et al., 2008 quienes clasifican los RSA COD en función de los requerimientos energéticos (duración), el número de cambios de dirección y el tipo de fuerza de aplicación (horizontal o lateral).

La complejidad de cada tipo de test puede ser modificada por el número de cambios de dirección y por el tipo de movimientos y fuerzas de aplicación implicadas (Brughelli et al., 2008). Cada cambio de dirección implica una fuerza de ruptura, seguida de una fuerza de propulsión, lo que pone de manifiesto la importancia del mecanismo excéntrico-concéntrico. Es importante analizar la correlación entre los test RSA COD y el sprint en línea recta por diferentes motivos: primero para saber si la velocidad de sprint es determinante en el rendimiento en RSA COD (Young, James, & Montgomery, 2002), en segundo lugar porque si esta correlación existe, diferentes cualidades pueden ser evaluadas por un solo test, optimizando el tiempo y, tercero porque el entrenamiento que mejore la velocidad puede mejorar también el RSA COD. Además se ha estudiado correlaciones con otro tipo de cualidades como son la fuerza (Castillo-Rodriguez, Fernandez-Garcia, Chinchilla-Minguet, & Carnero, 2012), la potencia (Nimphius, McGuigan, & Newton, 2010; Young et al., 2002), y la potencia de piernas, salto horizontal y salto vertical (Sassi et al., 2009; Swinton, Lloyd, Keogh, Agouris, & Stewart, 2013). En resumen podemos decir que la correlación entre el sprint en línea recta y el RSA COD es moderada ($r = 0.3-0.5$), generalmente, entre más cambios de dirección la transferencia entre el sprint en línea recta y el RSA COD será menor (Young et al., 2002).

Dentro de los RSA COD los más utilizados en el fútbol son dos test, los RSA “*shuttle run test*” (Impellizzeri et al., 2008) que consisten en realizar un RSA de ida y vuelta, con un cambio de dirección de 180° , donde se han utilizado distancias de 15 m (Buchheit et al., 2010; Ruscello et al., 2013) o 20 m (Impellizzeri et al., 2008; Rampinini et al., 2007) y los RSA con cambios de dirección hacia ambos lados (Ruscello et al., 2013).

Rampinini et al., 2007, examinaron la validez de constructo, como indicador de rendimiento en un partido de fútbol, de un test RSA shuttle-sprint (RSSA) demostrando que en futbolistas profesionales, existen correlaciones moderadas pero significativas ($r = -0.65$ y $r = -0.60$) entre carreras de sprint ($>19.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) y carreras de alta intensidad ($>25.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que los jugadores completaron durante un partido oficial y el rendimiento medio durante un test RSSA (6x40-m (20+20), intercalado con 20 s de recuperación pasiva). Estas

relaciones han confirmado la implicación de las capacidades físicas específicas que participan durante los periodos de alta intensidad del juego. Teniendo en cuenta que varios factores pueden influir en el rendimiento físico real del partido, estas correlaciones apoyan la validez de constructo de la prueba RSSA investigada (Impellizzeri et al., 2008). Basándonos en la correlación obtenida, es posible que jugadores de diferentes demarcaciones, que se caracterizan por requerimientos físicos diferentes durante un partido (Buchheit, Mendez-villanueva, Simpson, Bourdon, 2010; Buchheit et al., 2013; Carling et al., 2012; Di Salvo et al., 2007) muestren diferentes resultados tanto en un test RSA en línea recta como en un test RSA COD. Varios estudios han analizado el rendimiento en test RSA en función de la posición ocupada en el terreno de juego (Impellizzeri et al., 2008; Rampinini et al., 2007) obteniendo que los defensas son los jugadores con un rendimiento más bajo en RSA pero sin llegarse a obtener diferencias significativas en el rendimiento entre posiciones (Kaplan, 2010).

Uno de los primeros test RSA con cambios de dirección (RSA COD) utilizados fue el test de Bangsbo, que consistía en realizar un sprint con tres cambios de dirección (Wragg et al., 2000). Sin embargo en la actualidad estos tipos de test, están compuestos por más cambios de dirección (Brughelli et al., 2008; Chaouachi et al., 2012; Dellal et al., 2010; Ruscello et al., 2013; Wong, Chan, & Smith, 2012) que se realizan tanto hacia la derecha como hacia la izquierda. A pesar de la aparente gran aplicación de estos RSA COD, un estudio que analizó todas las acciones previas al principal objetivo del fútbol, concluyó que el sprint en línea recta es la acción significativamente más frecuente en situaciones de gol, independientemente de si el futbolista tiene o no la posesión del balón (Faude, Koch, & Meyer, 2012) (Figura 2).

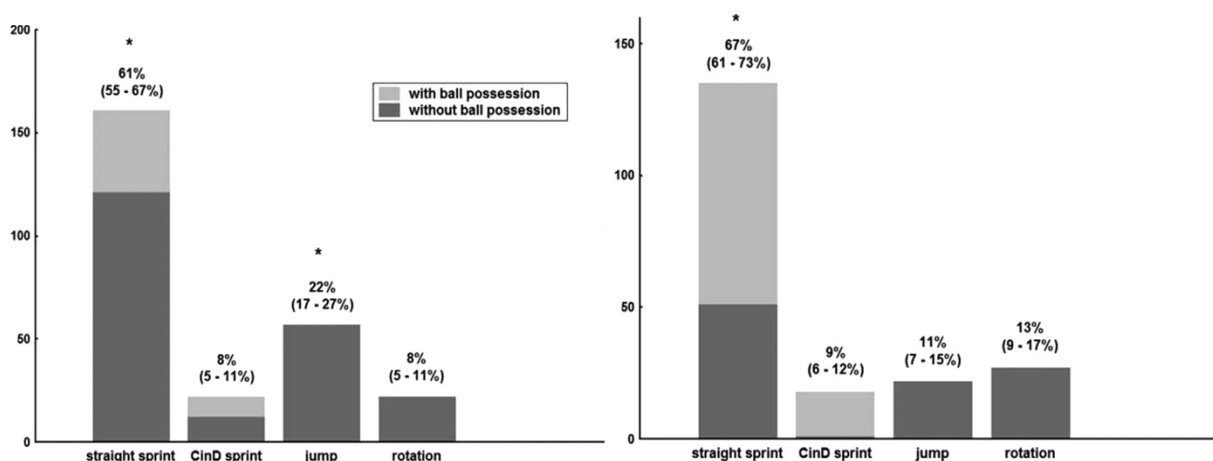


Figura 2. Frecuencia de las acciones con y sin la posesión del balón en situaciones de gol, tanto en el jugador que consigue el gol (lado izquierdo) como en el asistente (lado derecho).

* Diferencias significativas con otras categorías. $p < 0.05$ (Faude et al., 2012).

2.1.3. FACTORES LIMITANTES DEL RSA

Podemos asociar los mecanismos responsables del rendimiento en RSA con factores de tipo muscular, factores de tipo neural y con factores adicionales como son las perturbaciones ambientales y *stiffness* muscular.

2.1.3.1. FACTORES DE TIPO MUSCULAR:

Los factores de tipo muscular podemos dividirlos a su vez en:

❖ **Excitabilidad muscular.**

Después de intensas contracciones dinámicas, se han observado a nivel del músculo esquelético trastornos en los marcadores iónicos, derivados secundarios de la reducción de sodio (Na^+), potasio (K^+) y actividad de adenosina trifosfato (ATPasa) (Fraser et al., 2002). En tales casos, la bomba de Na^+/K^+ no puede fácilmente volver a acumular la salida de K^+ de las células musculares, provocando por lo menos el doble de concentración de K^+ extracelular (Juel, Pilegaard, Nielsen, & Bangsbo, 2000). Estas modificaciones deterioran la excitabilidad de la membrana celular y disminuyen el desarrollo de la fuerza, probablemente por la inactivación lenta de los canales de Na^+ (Ruff, Simoncini, & Stuhmer, 1988), y se manifestará indirectamente por una reducción en la amplitud del potencial de acción y una disminución de la conducción del impulso (Fuglevand, Zackowski, Huey, & Enoka, 1993). Mediante una aplicación de estímulos eléctricos a los nervios periféricos, el estudio en vivo del potencial de acción compuesto (M-wave) ha sido usado para determinar si la fatiga inducida por el ejercicio altera la excitabilidad (Girard et al., 2011). Una disminución de la amplitud de la M-wave, pero no de la duración, se ha obtenido después de un protocolo de repetir sprints (12 x 40 m con 30 s de recuperación) lo que sugiere que el potencial de acción de la transmisión sináptica, en lugar de la propagación (velocidad de conducción del impulso a través del sarcolema), puede verse afectada durante dicho ejercicio (Perrey, Racinais, Saimouaa, & Girard, 2010). Sin embargo, que una pérdida de la excitabilidad de la membrana contribuya a la fatiga en RSA es equivoco, desde que una respuesta de potenciación de la M-wave se ha obtenido seguida de un ejercicio de repetir sprints (Racinais et al., 2007).

❖ Limitaciones en el aporte energético:

- **Disponibilidad de fosfocreatina.** La fosfocreatina representa la más inmediata reserva para la refosforilación de adenosin trifosfato (ATP). Durante un sprint de 6 s de duración la fosfocreatina se puede reducir a niveles del 35-55% (Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks, 1993) y la recuperación completa de los niveles requiere de al menos 5 minutos (Bogdanis, Nevill, Boobis, Lakomy, & Nevill, 1995). Como los periodos de recuperación en el RSA generalmente no exceden los 60 s el ATP/fosfocreatina solo puede ser recargado parcialmente antes del siguiente sprint (Dawson et al., 1997). Varios autores (Bogdanis et al., 1995; Sahlin & Ren, 1989) han propuesto que el rendimiento durante este tipo de trabajo puede llegar a ser cada vez más limitado por la disponibilidad de fosfocreatina. En línea con esta propuesta se han obtenido correlaciones significativas ($r = 0.84$; $p < 0.05$) entre la resíntesis de fosfocreatina y la recuperación de la potencia de salida entre el primer (30 s) y segundo sprint (10 s) con 4 min de recuperación (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996a). Como los tiempos breves de recuperación entre series no permiten una recuperación completa de los niveles de fosfocreatina (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996b), se ha argumentado que la capacidad para resintetizar fosfocreatina puede ser un determinante importante en el RSA (Bogdanis et al., 1995). Este mismo estudio mostro que un incremento del metabolismo aeróbico compensa parcialmente la reducción del aporte de energía anaeróbica del segundo sprint, además el nivel de capacidad aeróbica ($VO_2\text{max}$) parece ser determinante en la magnitud de la contribución del metabolismo aeróbico y en la recuperación de la potencia de salida durante el RSA.
- **Glucolisis anaeróbica.** La glucolisis anaeróbica aporta aproximadamente el 40% del total de la energía en un único sprint de 6 s de duración, con una inhibición progresiva de la glucolisis cuando el sprint se repite (Figura 3) (Gaitanos et al., 1993). Se ha obtenido una disminución de la aportación de ATP mediante la glucolisis anaeróbica entre el primer y último sprint en un RSA de 10 x 6 s con 30 s de recuperación (Gaitanos et al., 1993). Sin embargo, no está claro si el aumento de la tasa glucogenolítica y glucolítico anaeróbica máxima, originarán mejoras en el RSA (Girard et al., 2011). Por ejemplo, se podría argumentar que el entrenamiento que aumenta la capacidad de suministro de

ATP mediante la glucólisis anaeróbica, sería perjudicial para RSA, ya que individuos con mayor decrecimiento en los test RSA tienen mayor tasa glucolítica durante el primer sprint (Bishop, Edge, & Goodman, 2004).

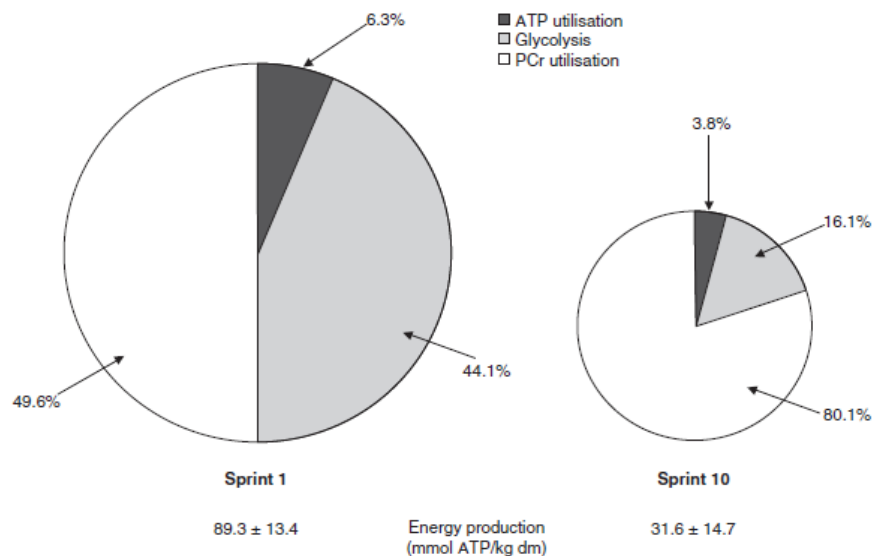


Figura 3. Cambios en el metabolismo durante el primer (Sprint 1) y el último (Sprint 10) sprint en un test RSA (10 x 6 s con 30 s de recuperación). ATP = Adenosín trifosfato; PCr = fosfocreatina. (Gaitanos et al., 1993)

- **Metabolismo oxidativo.** La contribución de la fosforilación oxidativa al total de la energía gastada durante un sprint corto es limitada, <10% (Parolin et al., 1999). Sin embargo, cuando los sprints son repetidos, el nivel de provisión aeróbica de ATP incrementa progresivamente de tal manera que el metabolismo aeróbico puede contribuir hasta el 40% del total de la energía en las últimas repeticiones (Girard et al., 2011).
- ❖ **Acumulación de metabolitos.** Se ha argumentado que los considerables aumentos en el músculo (Bishop & Edge, 2006) y en la sangre (Bishop, Lawrence, & Spencer, 2003) de hidrogeniones (H^+), que se producen durante el RSA, pueden afectar al rendimiento del sprint a través de efectos adversos sobre la maquinaria contráctil y/o a través de la inhibición del ATP derivado de la glucólisis, posiblemente a través de efectos negativos sobre la fosfofructoquinasa y la glucógeno fosforilasa (Spriet, Lindinger, McKelvie, Heigenhauser, & Jones, 1989). De acuerdo con este argumento, se han obtenido correlaciones entre el decrecimiento, la capacidad de taponamiento y cambios en el pH sanguíneo (Bishop & Edge, 2006; Bishop, Edge, & Goodman, 2004).

2.1.3.2. FACTORES NEURALES

- ❖ **Transmisión de estímulos nerviosos.** Un sprint máximo demanda altos niveles de impulso neural (Ross, Leveritt, & Riek, 2001). El fracaso para activar completamente la musculatura contráctil, evaluada mediante electromiografía de superficie (EMG), ocasionará teóricamente una disminución de la producción de fuerza y por lo tanto reducirá el RSA (Girard et al., 2011). Aunque esto no es un descubrimiento universal (Billaut & Basset, 2007; Perrey et al., 2010), una disminución simultánea de las puntuaciones mecánicas y de la amplitud de la señal de EMG se ha obtenido en varios estudios (Mendez-Villanueva, Edge, Suriano, Hamer, & Bishop, 2012; Racinais et al., 2007); por otra parte, otros estudios no han obtenidos disminuciones en la EMG en el último sprint con respecto al primero (Hakkinen & Komi, 1983; Hautier et al., 2000), pudiendo deberse estas diferencias, a cuestiones relativas a la duración e intensidad del esfuerzo y a cuestiones metodológicas (Billaut, Basset, & Falgairette, 2005).
- ❖ **Estrategias de reclutamiento muscular.** Un factor neuronal adicional que puede contribuir a la fatiga durante el RSA es una modificación de las estrategias de reclutamiento muscular (Girard et al., 2011). Además la coordinación intermuscular puede ocasionar una disminución del rendimiento. Billaut et al., 2005, han informado de que la fatiga induce una modificación en el retardo del tiempo de activación del vasto lateral y bíceps femoral, el cual fue reducido en el último sprint mientras que EMG permaneció estable, disminuyendo el rendimiento debido a una activación antagonista precipitada, con la aparición de fatiga, sin modificaciones en la EMG durante los sprints repetidos. Esto sugiere que cambios en la coordinación muscular podría contribuir a que la reducción de la potencia de salida en situaciones de fatiga (Girard et al., 2011). La baja activación de los músculos antagonistas después de la fatiga ha sido interpretada como una eficiente adaptación de coordinación intermuscular (Hautier et al., 2000).

2.1.3.3. FACTORES ADICIONALES

- ❖ **Regulación del *stiffness*.** Cambios en el comportamiento mecánico (regulación del *stiffness*) pueden alterar indirectamente la resistencia a la fatiga durante un test RSA (Ross & Leveritt, 2001). En general se cree que un sistema más rígido permite una contribución más eficiente de la energía elástica, lo que podría aumentar la producción

de fuerza durante la fase concéntrica del movimiento (Farley, Blickhan, Saito, & Taylor, 1991). Se ha argumentado que la regulación del *stiffness* es un componente fundamental en la frecuencia de la zancada (Farley et al., 1991). En la realización de sprint repetidos se ha obtenido una disminución en la amplitud de la zancada acompañada a la aparición de la fatiga (Buchheit et al., 2009; Ratel, Williams, Oliver, & Armstrong, 2006).

- ❖ **Factores ambientales.** El enfoque experimental utilizando un estrés ambiental adicional que perturba la homeostasis es también potencialmente útil, para obtener conocimientos acerca de la naturaleza de los mecanismos de limitantes en el RSA.
 - *Temperatura ambiental:* Se han obtenido mejores picos y media de potencia (~25% y 15% respectivamente) en 30 s de sprint cuando se realizaban con una temperatura de 30°C vs 19°C (Ball et al., 1999).
 - *Ritmo circadiano:* Influye en algunos de los parámetros del RSA, así se ha obtenido una mayor potencia pico por la tarde (17:00-19:00) que por la mañana (8:00-10:00), junto con un mayor decrecimiento o disminución del rendimiento (Racinais, Perrey, Denis, & Bishop, 2010). Este decrecimiento está asociado a factores matemáticos como consecuencia de la alta potencia del sprint inicial (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007).
 - *Disponibilidad de oxígeno:* La influencia de la disponibilidad de oxígeno también parece incidir en el rendimiento durante 10 x 6 s sprints en cicloergómetro con 30 s de recuperación, siendo la cadencia de pedaleo más baja durante los 2 segundos finales de los dos últimos sprints en situación de hipoxia que en situaciones de FiO_2 normal (Balsom, Gaitanos, Ekblom, & Sjodin, 1994).

2.1.4. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO.

Los test RSA permiten evaluar cualidades neuromusculares y metabólicas como el tiempo total empleado en realizar todos los esfuerzos que componen el test (RSA_{total}), el tiempo medio (RSA_{media}) o el mejor sprint (RSA_{mejor}). Para cuantificar la capacidad para resistir a la fatiga en los test RSA, los investigadores han usado dos términos, índice de fatiga (FI) y porcentaje de decrecimiento (Girard et al., 2011). La literatura actual nos muestra multitud de fórmulas para calcular la fatiga en estos test (Tabla 1).

Tabla 1. Variables utilizadas para determinar el rendimiento en los test RSS

Valores absolutos		
Mejor tiempo (RSA _{mejor})	Mejor sprint del test	(Buchheit et al., 2010; Campos-Vazquez et al., 2015; Impellizzeri et al., 2008; Kaplan, 2010; Rampinini et al., 2009)
Tiempo total (RSA _{total})	Σ tiempos de cada sprint	(Chaouachi et al., 2010; Meckele et al., 2014)
Tiempo medio (RSA _{media})	Σ tiempos de cada sprint/n° sprints	(Buchheit et al., 2010; Campos-Vazquez et al., 2015; Ferrari Bravo et al., 2008; Impellizzeri et al., 2008; Kaplan, 2010; Rampinini et al., 2009)
Índices de fatiga		
<i>Change</i> : porcentaje que aumenta el tiempo entre el primer y último sprint	$((\text{sprint último} - \text{sprint primero}) / \text{sprint primero}) \times 100$	(Brooks et al., 1990; Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008)
<i>Sdec</i> : porcentaje que incrementa el tiempo entre el mejor y peor sprint	$(\text{tiempo total} / (\text{mejor sprint} * n^{\circ} \text{sprint}) * 100) - 100$ $(\text{Tiempo medio} / \text{mejor tiempo} * 100) - 100$	(Buchheit & Ufland, 2011; Castagna et al., 2007; Chaouachi et al., 2010; Fitzsimmons et al., 1993; Impellizzeri et al., 2008; Kaplan, 2010; Lopez-Segovia et al., 2015; Meckel et al., 2014; Mendez-Villanueva et al., 2008; Mujika et al., 2009; Oliver et al., 2009; Rampinini et al., 2009)
Disminución del RSA El porcentaje de aumento en el tiempo entre la media de los dos más lentos y más rápidos	Tiempo medio/mejor tiempo. $((\text{Dos sprints más lentos} / 2) - (\text{dos sprints más rápidos} / 2)) / (\text{dos sprints más rápidos} / 2) \times 100$	(Impellizzeri et al., 2008) (Baker et al., 1993)
La diferencia de velocidad entre la media de los dos primeros sprints y la media de los dos últimos.	$((\text{Sprint 1} + \text{sprint 2}) / 2) - ((\text{sprint 11} + \text{sprint 12}) / 2) / ((\text{sprint 1} + \text{sprint 2}) / 2) \times 100$	(Psotta et al., 2011)
La relación de la velocidad media, con la media de los dos primeros sprints	$((\text{Total sprint speed} / \text{last}) / ((\text{sprint 1} + \text{sprint 2}) / 2)) \times 100$	(Psotta et al., 2005)
La transformación de la pendiente de la recta de mejor ajuste para los tiempos de sprint de transformar a todos los sprints	$(100 \times \text{EXP}^{(\text{slope}/100)}) - 100$ where Slope = (The slope of the line of best fit for: $100 \times \text{natural logarithm of sprint data} \times (\text{number of sprints} - 1)$)	(Patonet et al., 2001)

Existe una controversia en la literatura acerca del mejor indicador del rendimiento de estos test, ya que algunos estudios consideran el RSA_{total} (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008), otros el RSA_{mean} (Ferrari Bravo et al., 2008; Impellizzeri et al., 2008), correlacionado con la distancia total recorrida a alta velocidad durante un partido (Rampinini et al., 2007). Para otros autores el mejor indicador de rendimiento es el Decrecimiento o *Sdec* (Glaister, 2005), teniendo como principal ventaja que tiene en

cuenta todos los sprints (Girard et al., 2011). Sin embargo este valor ha sido criticado debido a la fuerte relación encontrada con el sprint o esfuerzo inicial (Mendez-Villanueva et al., 2008) que condicionaría el rendimiento durante todo el test. Esto puede ser probablemente atribuido a la observación de que los sujetos con un mejor rendimiento en el sprint inicial, tendrán mayores cambios en la acumulación de metabolitos musculares, derivado de una mayor contribución anaeróbica (Gaitanos et al., 1993), en consecuencia una mayor fatiga y un mayor decrecimiento en el rendimiento en el test.

A menudo se equipara un buen RSA con un índice de fatiga bajo (es decir, con poca disminución en el rendimiento desde el primer al último sprint); si bien es importante tener en cuenta que un buen RSA se describe mejor por un alto rendimiento en la media de sprints (RSA_{media}), con o sin un índice de fatiga bajo (Bishop et al., 2011). Por lo tanto, el único parámetro que muestra una fiabilidad absoluta y relativa aceptable para el seguimiento de jugadores de fútbol es RSA_{media} . El decrecimiento ha mostrado una fiabilidad más pobre (absoluta y relativa) lo que indica que este parámetro no debe ser utilizado exclusivamente para evaluar a los jugadores de fútbol (Impellizzeri et al., 2008).

En resumen podemos decir que es absolutamente necesario contextualizar el cálculo de los diferentes parámetros mencionados cuando evaluamos el RSA, porque un mejor o peor índice de fatiga no siempre equivale a un mejor o peor rendimiento en el test (Mohr et al., 2007).

A pesar de que existen innumerables combinaciones de características de sprints para realizar un test RSA y evaluar la capacidad de repetir sprints en jugadores de fútbol, no hay un protocolo estándar disponible para ser utilizado en condiciones de campo (Glaister, 2008). Sin embargo, actualmente parece existir un acuerdo, en que la distancia a utilizar en el RSA sea la de 30 m (Krustrup et al., 2003). Por otra parte se ha demostrado que esta distancia es relevante para el juego real actual y conlleva el suficiente tiempo para inducir a la fatiga provocando un deterioro en el rendimiento (Krustrup, Soderlund, Mohr, & Bangsbo, 2004; Mohr, Krustrup, Nybo, Nielsen, & Bangsbo, 2004), y parece que induce a la fatiga si se combina con periodos cortos de recuperación. En la actualidad se está analizando este tipo de test con cambios de dirección (Ruscello et al., 2013) y en diferentes deportes (Brughelli et al., 2008; Castagna, Impellizzeri, Bizzini, Weston, & Manzi, 2011; Stojanovic, Ostojic, Calleja-Gonzalez, Milosevic, & Mikic, 2012).

No hay duda de que el grado de fatiga experimentado estará directamente determinado por las características de la tarea a realizar (Enoka & Stuart, 1992). Así el decrecimiento obtenido en los protocolos de repetir sprints en cicloergómetro es típicamente mayor (10-25%) que el obtenido en los protocolos corriendo (5-15%) (Girard et al., 2011). Por otra parte la resistencia a la fatiga depende de la distribución y duración de los sprints (Little & Williams, 2005), del patrón de recuperación (Buchheit et al., 2009; Castagna et al., 2008; Spencer et al., 2006), de la duración (Billaut & Basset, 2007; Glaister, 2005; Ratel, Williams, Oliver, & Armstrong, 2004) y la intensidad (Spencer, Dawson, Goodman, Dascombe, & Bishop, 2008) de la recuperación entre sprints, y del tipo de trabajo previo, ya sean estiramientos (Sim, Dawson, Guelfi, Wallman, & Young, 2009) o ejercicios de alta intensidad (Mendez-Villanueva et al., 2007).

Este tipo de ejercicio produce unas respuestas metabólicas similares a las que se producen en un partido de fútbol, tales como la disminución del pH muscular, la fosfocreatina y el ATP, la activación de la glucólisis y una participación significativa del metabolismo aeróbico (Rampinini et al., 2007; Spencer et al., 2005; Wragg et al., 2000). Por esta razón el uso de los test RSA, tanto como forma de evaluación, como un protocolo de entrenamiento, está aumentado considerablemente (Spencer et al., 2005).

Recientemente, una gran cantidad de investigaciones se han llevado a cabo sobre diversos aspectos de este deporte relacionados con el RSA (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011; Glaister, 2008). Sin embargo, la mayoría de los estudios pertinentes se han basado en jugadores de fútbol de élite o profesionales, y hay poca investigación acerca de los jóvenes jugadores de fútbol (Gil, Gil, Ruiz, Irazusta, & Irazusta, 2007).

2.2. INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO EN EL RSA.

2.2.1. ENTRENAMIENTO DE LOS FACTORES LIMITANTES.

La capacidad para repetir sprints es un importante requisito físico en los deportes colectivos, siendo importante su análisis para entender mejor las estrategias de entrenamiento que pueden mejorar este componente. Sorprendentemente, hay pocas investigaciones sobre los mejores métodos de entrenamiento para mejorar el RSA (Bishop et al., 2011) y en la actualidad aún no se ha descrito el mejor programa para incrementar el rendimiento de esta capacidad. Como hemos visto anteriormente existen una serie de factores limitantes en el rendimiento en test RSA, por lo que las estrategias de

entrenamiento que sean capaces de minimizar estos factores limitantes, deberían de mejorar el rendimiento en un test RSA.

Se han obtenido importantes correlaciones entre la resíntesis de fosfocreatina y la recuperación del rendimiento al repetir sprint de 30 s all-out (Bogdanis et al., 1996), sugiriendo que el rendimiento en RSA se puede mejorar con programas de entrenamiento que mejoren la resíntesis de la fosfocreatina (Bishop et al., 2011). El metabolismo oxidativo es esencial para la resíntesis de fosfocreatina durante la recuperación tras un ejercicio de alta intensidad (Haseler, Hogan, & Richardson, 1999) por lo tanto, podría pensarse que sujetos con un mejor $VO_2\text{max}$ tendrían un mejor rendimiento en RSA, sin embargo la literatura se muestra contradictoria en esta relación (Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008). Diferentes programas de entrenamiento de alta intensidad se han mostrado útiles para mejorar la resíntesis de la fosfocreatina (Bishop, Edge, Thomas, & Mercier, 2008); pero otros programas similares basados en el entrenamiento de alta intensidad (Mohr et al., 2007) o en protocolos basados en el entrenamiento de sprints (Stathis, Febbraio, Carey, & Snow, 1994) no obtienen estos beneficios, sugiriéndose que esta ausencia de mejora puede ser atribuida a que estos programas no ocasionaron mejoras en la cualidad aeróbica. Hasta que no se establezca la intensidad óptima de entrenamiento que mejore la resíntesis de fosfocreatina, la literatura sugiere que estas mejoras requieren de un incremento en el rendimiento en el componente aeróbico.

Por otra parte se ha argumentado que el entrenamiento que mejore la resíntesis de ATP mediante la glucólisis anaeróbica podría ir en detrimento del rendimiento en RSA, debido a la correlación negativa existente entre la producción de ATP anaeróbica en el primer sprint y el *Sdec* (decrecimiento) del rendimiento durante un test RSA (Gaitanos et al., 1993; Mendez-Villanueva et al., 2008), debido a que los sujetos con un gran sprint inicial, presentan una gran tasa glucolítica (Gaitanos et al., 1993) y un peor *Sdec*.

Sin embargo, el rendimiento en estos test no solo depende del *Sdec* sino que es una cuestión multifactorial (Mohr et al., 2007), y en estos sujetos con un gran sprint inicial se han obtenido buenas correlaciones con el RSA_{total} (Bishop et al., 2003; Pyne et al., 2008) y RSA_{mean} (Gaitanos et al., 1993). Por lo tanto la glucólisis anaeróbica será determinante en función de que parámetros utilicemos para evaluar el rendimiento en RSA, aspecto que la literatura no ha establecido claramente (Bishop & Schneiker, 2007).

Se ha demostrado el considerable incremento de H^+ en el músculo (Bishop & Edge, 2006; Edg, Bishop, Hill-Haas, Dawson, & Goodman, 2006) y en la sangre (Ratel et al., 2006) después de realizar un test RSA. La literatura muestra una correlación significativa entre el *Sdec* y la capacidad de taponamiento muscular y el pH sanguíneo (Bishop & Edge, 2006; Bishop, Edge, & Goodman, 2004; Bishop & Spencer, 2004). Esto sugiere que el rendimiento en RSA puede ser mejorado por intervenciones que mejoren la eliminación de H^+ desde el músculo (Bishop et al., 2004; Mohr et al., 2007). Esta capacidad de eliminar H^+ durante las intensas contracciones musculares se realiza mediante la vía intracelular de taponamiento y por diferentes sistemas de transporte de la membrana, especialmente el monocarbosilato (MCTs) (Spriet et al., 1989). Para incrementar el taponamiento intracelular hay que realizar entrenamientos interválicos de alta intensidad, con periodos de recuperación menores que los periodos de trabajo, ya que se requiere que el músculo se contraiga mientras se reducen los H^+ . Mientras que el óptimo entrenamiento para incrementar el taponamiento intracelular ha sido definido (entrenamiento interválico al 80-90% del VO_{2max} , 2-3 veces a la semana durante 3-5 semanas) (Edge, Bishop, & Goodman, 2006; Gibala et al., 2006; Weston et al., 1997), es más difícil establecer el protocolo ideal para mejorar el MCTs, ya que se han obtenido mejoras con programas de alta (Juel et al., 2000) y baja intensidad (Bonen et al., 1998; Dubouchaud, Butterfield, Wolfel, Bergman, & Brooks, 2000).

La capacidad de activar voluntariamente la musculatura y mantener el reclutamiento muscular puede afectar a la fatiga en RSA (Mendez-Villanueva et al., 2007; Racinais et al., 2007). Esto sugiere que bajo condiciones de considerable fatiga, el fracaso para activar totalmente la musculatura implicada, podrá convertirse en un factor limitante en el RSA (Bishop et al., 2011). Diferentes métodos de entrenamiento se han usado para mejorar la activación muscular (Gabriel, Kamen, & Frost, 2006). Se ha postulado que la capacidad para el desarrollo rápido depende entre otros factores del torque y la habilidad específica para activar rápidamente el músculo (contracción rápida de las unidades motoras grandes, incrementar la sincronización y la tasa de combustión de la unidad motora) (Van Cutsem, Duchateau, & Hainaut, 1998), estos argumentos han sido corroborados por varios estudios (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002; Del Balso & Cafarelli, 2007).

2.2.2. TIPOS DE ENTRENAMIENTO E INCIDENCIA EN EL RSA.

Se han evaluado diferentes programas de entrenamiento para mejorar el RSA en diferentes deportes, tanto colectivos (Buchheit, et al., 2010; Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Quesnel, & Ahmaidi, 2010; Castagna et al., 2008; Edge et al., 2006) como individuales (Fernandez-Fernandez, Zimek, Wiewelhove, & Ferrauti, 2012) utilizando metodologías más tradicionales o genéricas (Ferrari Bravo et al., 2008) u otras más actuales y específicas del deporte en cuestión (Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2009).

2.2.2.1. Programas basados en el entrenamiento mediante sprints repetidos.

El entrenamiento más específico que puede realizarse es aquel en el que el propio protocolo de evaluación sea utilizado como programa de entrenamiento, así el RSA se ha utilizado como entrenamiento en los deportes colectivos (Bishop et al., 2011; Ferrari Bravo et al., 2008). Esta metodología de entrenamiento se ha mostrado útil en la mejora del mejor sprint (RSA_{mejor}) de los diferentes sprint que componen el test (Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, et al., 2010; Mohr et al., 2007), y en el tiempo medio RSA_{media} (Buchheit, et al., 2010; Ferrari Bravo et al., 2008; Mohr et al., 2007). Sin embargo, no se han obtenido mejoras en los índices de fatiga S_{dec} (Ferrari Bravo et al., 2008; Mohr et al., 2007). Es difícil interpretar estos resultados, debido a la relación obtenida entre el RSA_{mejor} y el S_{dec} (Billaut & Bishop, 2009). Como regla general la literatura nos dice que el entrenamiento mediante protocolos RSA mejorará los valores absolutos del test (RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{total}), mientras que el entrenamiento interválico mejorará el S_{dec} (Bishop et al., 2011). Al utilizar la propia metodología de evaluación como metodología de entrenamiento podemos sobreestimar los resultados del protocolo evaluado ya que se produciría familiarización de los sujetos (Buchheit, 2012b) aunque otros estudios han demostrado escaso grado de influencia del aprendizaje en estos test (Glaister et al., 2007).

2.2.2.2. Programas basados en entrenamientos específicos.

A pesar de los efectos comprobados que el entrenamiento interválico tiene en el rendimiento en fútbol (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001), en la actualidad se están proponiendo tareas específicas, como los juegos reducidos (SSGs), como una alternativa para el entrenamiento aeróbico (Drust, Reilly, & Cable, 2000; Impellizzeri et al., 2006; Reilly & Gilbourne, 2003). Utilizando esta metodología es posible reproducir las intensidades que han mostrado ser efectivas para optimizar el rendimiento aeróbico en fútbol (90-95%

HRmax) (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002), además, este tipo de tareas provoca una activación de los grupos musculares que participan durante el partido (Bangsbo, 1998) reproduciendo situaciones técnicas y tácticas en situaciones similares a las de la competición, que deberían de promover una transferencia efectiva hacia la competición (Impellizzeri et al., 2006).

Además de analizar los efectos de este tipo de entrenamiento en la cualidad aeróbica, se han comprobado los efectos de este entrenamiento específico en el RSA. Este tipo de entrenamiento realizado durante la segunda parte de la pretemporada y el inicio de la temporada, durante 7 semanas, con variaciones en las características de la tarea, no ha ocasionado cambios en el RSA_{total}. La falta de cambio en RSA_{total} sugiere que estrategias de entrenamiento más específicas que la empleada en este estudio son requeridas para mejorar esta capacidad (Hill-Haas et al., 2009). Por otra parte Owen et al., 2012, analizaron los efectos de un programa progresivo de SSGs durante la propia competición (4 semanas con 2 sesiones semanales), obteniendo mejoras significativas en el RSA_{total} y en el *Sdec* (Tabla 2). En este estudio también analizaron los efectos en el componente aeróbico, obteniendo un incremento significativo del VO₂max (11%), argumentando que esta mejora aeróbica sería la causa del incremento en el *Sdec* y el RSA_{total}. Investigaciones anteriores han mostrado que la alta capacidad aeróbica se correlaciona con el RSA (Bishop, Edge, & Goodman, 2004) y el éxito del equipo (Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998).

Tabla 2. Efectos del entrenamiento mediante SSGs en el rendimiento en RSA (6x20 m 25 s recuperación)

	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

FSF = sprint más rápido; RSA = habilidad de repetir sprints; TST = tiempo total en el test; %Decre = decrecimiento **p*<0.05 (Owen et al., 2012)

2.2.2.3. Programas basados en el entrenamiento de fuerza.

Si bien existe una fuerte evidencia para sugerir que el entrenamiento de fuerza podría ser beneficioso para el rendimiento en un único sprint (Delecluse, 1997; Delecluse et al., 1995; Newman, Tarpenning, & Marino, 2004), el impacto del entrenamiento de fuerza en el RSA es menos claro. El entrenamiento de fuerza produce un similar incremento en la media de trabajo (~12%) (RSA en cicloergómetro) (Edge, Hill-Haas, Goodman, & Bishop, 2006; Hill-Haas, Bishop, Dawson, Goodman, & Edge, 2007) que el entrenamiento interválico de alta intensidad (~13%) o el entrenamiento de sprint (~12%) (Ortenblad, Lunde, Levin, Andersen, & Pedersen, 2000). El entrenamiento de fuerza también mejora el rendimiento en el primer sprint (~8-9%) y en el *Sdec* (~20%) (Edge, Hill-Haas, et al., 2006; Hill-Haas et al., 2007).

Los aumentos en el rendimiento en el RSA obtenidos en estos estudios, pueden explicarse al menos en parte, por las ganancias de fuerza. Sin embargo, otros factores además de la mejora de la fuerza también pueden estar implicados. Se obtiene una mayor mejora en RSA cuando en el entrenamiento de fuerza se utilizan recuperaciones durante 20 s, en comparación con las de 80 s de recuperación, a pesar de la mitad del aumento de la fuerza máxima de la pierna (Hill-Haas et al., 2007). Esto sugiere que el entrenamiento de fuerza que maximiza las ganancias de fuerza (utilizando 1-4 repeticiones máximas) y que induce una alta carga metabólica (concentración de lactato en sangre (> 10 mmol / L), puede mejorar el RSA, posiblemente a través de una mayor mejora en la regulación de H⁺ (Edge, Hill-Haas, et al., 2006).

Buchheit et al., 2010 compararon los efectos en el RSA del entrenamiento de fuerza explosiva (mediante autocargas) y el entrenamiento mediante sprints repetidos, obteniendo que ambos protocolos obtenían mejoras en el RSA_{media} y RSA_{mejor}; de tal forma que las mejoras del programa basado en RSA se consideraron “*likely beneficial*”, mientras que las mejoras del protocolo de fuerza explosiva se consideraron “*unclear*”, concluyéndose que es posible que los jugadores no se beneficien del efecto favorable del entrenamiento de fuerza explosiva en la potencia de piernas y en la velocidad máxima al realizar el RSA, o que el estímulo de entrenamiento ofrecido en el programa de fuerza explosiva fuera insuficiente, mostrándose más efectivo el entrenamiento consistente en repetir sprints (Figura 4).

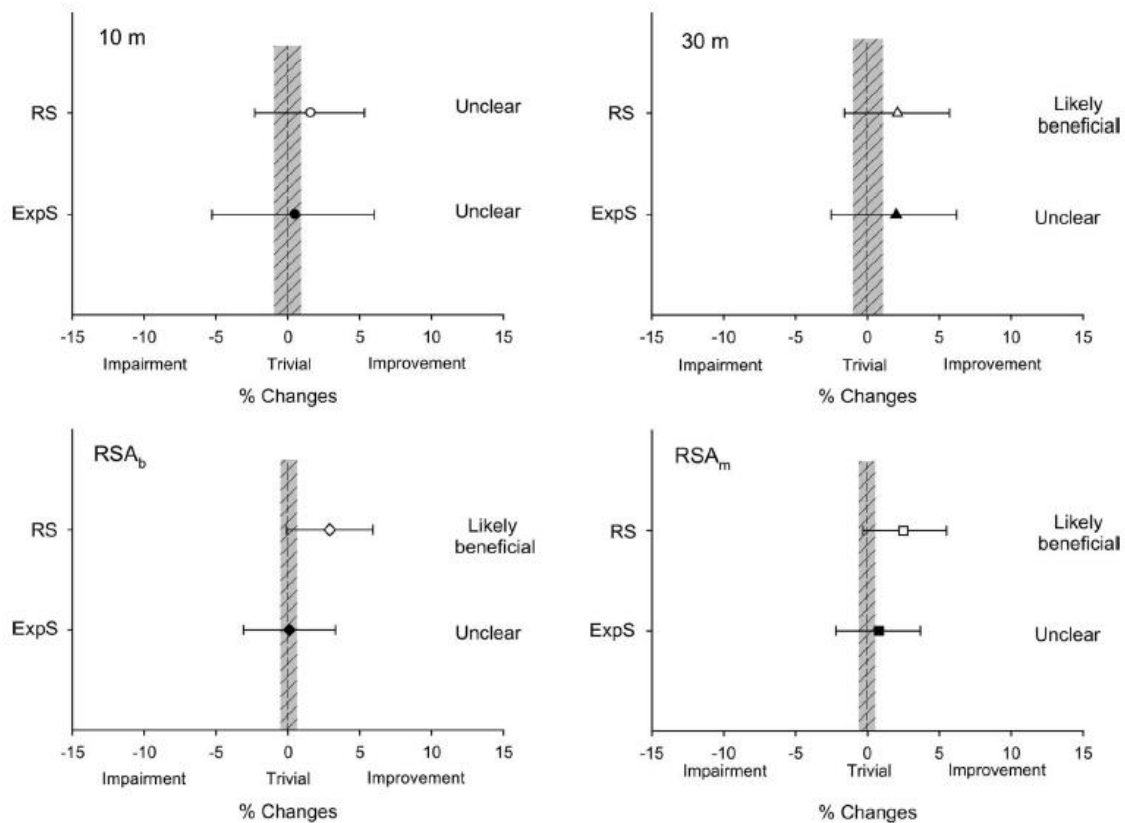


Figura 4. Cambios relativos dentro de los grupos para 10 m y 30 m sprint, mejor sprint (RSA_b) y tiempo medio (RSA_m) en test RSA (6 x15 m shuttle, 20 s recuperación) en programa basado en repetir sprints (RS= 2-3 series de 5-6 x 15-20 *shuttle sprints*) frente a entrenamiento de fuerza explosiva (ExpS= fuerza explosiva con autocargas). Por claridad todas las diferencias son presentadas como mejoras por cada régimen de entrenamiento, así que los cambios positivos y negativos se presentan en la misma dirección (Buchheit et al., 2010).

2.2.2.4. Programas basados en el entrenamiento aeróbico.

Diferentes estudios han comprobado la influencia del entrenamiento aeróbico en el rendimiento en RSA, tanto con metodologías continuas (Buchheit & Ufland, 2011) como interválicas (Ferrari Bravo et al., 2008) y utilizando diferentes intensidades (Edge, Bishop, Goodman, & Dawson, 2005). El entrenamiento de resistencia aeróbica (intervalos cortos y largos al 90-115 % de la (máxima velocidad aeróbica) MAS, 2 veces por semana durante 8 semanas) se ha mostrado útil mejorando parámetros como el *Sdec* (Buchheit & Ufland, 2011) debido a una mayor oxigenación muscular en las fases de recuperación. Por otra parte, a pesar de obtener mejoras en la cualidad aeróbica, otros estudios no han obtenido mejoras en ninguno de los parámetros determinantes del RSA (Ferrari Bravo et al., 2008) utilizando protocolos que han demostrado su validez en la mejora de la cualidad aeróbica y el rendimiento en un partido, constituido por 4 series de 4 minutos al 90-95% de la HRmax,

con 3 minutos de recuperación al 50-70% de la HRmax, 2 veces por semana durante 7 semanas (Helgerud et al., 2001) (Figura 5).

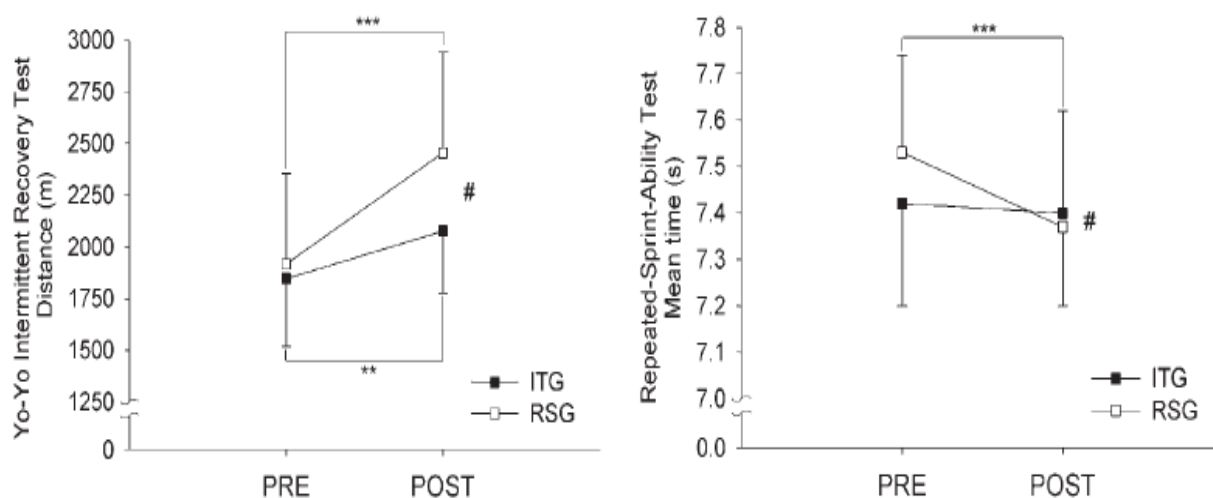


Figura 5. Cambios en la resistencia específica de fútbol (Yo-yo test distancia) en el grupo de entrenamiento interválico (ITG) y en grupo de entrenamiento específico mediante sprint repetidos (RSG) (izquierda). Cambios en la capacidad de repetir sprint para el ITG y el RSG. *** $p < 0.0001$; # $p < 0.01$ (Ferrari Bravo et al., 2008).

Mohr et al., 2007 han sugerido que las grandes mejoras en el decrecimiento después de un entrenamiento interválico (denominado por los autores *speed endurance training: SET*) cuando se ha comparado con las mejoras obtenidas tras un entrenamiento de sprints intermitentes, es un signo de la superior capacidad para mejorar el rendimiento del SET, sin embargo esta interpretación puede ser cuestionada ya que el grupo de entrenamiento de sprints intermitentes obtuvo mejoras en el RSA_{mejor} (4.5 vs 3.2%) y en la RSA_{media} (4.3% vs 2.4%).

2.2.2.5. Programas basados en la mejora de la flexibilidad.

El éxito en el fútbol no depende de un único factor. Aunque la habilidad técnica, la cualidad aeróbica y el rendimiento en RSA sean factores determinantes del rendimiento durante un partido (Rosch et al., 2000), otras cualidades como la flexibilidad también se consideran importantes (Arnason et al., 2004).

La flexibilidad, la fuerza muscular y la relación de fuerza entre el bíceps femoral y el cuádriceps el bíceps se han mostrado como factores importantes del rendimiento, pero las diferencias metodológicas (tipo de prueba, la velocidad, el ángulo de las articulaciones, etc.) dificultan la comparación entre resultados (Arnason et al., 2004).

La contribución del entrenamiento de la flexibilidad al rendimiento en el fútbol, no se ha determinado de manera concluyente (Bazett-Jones, Gibson, & McBride, 2008). Las investigaciones epidemiológicas han citado la menor flexibilidad como un factor etiológico en las lesiones musculares (Henderson, Barnes, & Portas, 2010) y que puede influir en el rendimiento deportivo (Dadebo, White, & George, 2004). Se ha planteado la hipótesis de que si el estiramiento crónico aumenta la *compliance* del músculo o regulación el *stiffness* (la facilidad de la musculatura para ser estirada, y que determinará su capacidad para almacenar y utilizar la energía elástica), la energía necesaria para mover la extremidad puede ser menor, provocando un aumento en la fuerza y / o la velocidad de la contracción muscular (Shrier, 2004), pudiendo ser un factor importante para los deportes que implican la realización de esfuerzos y habilidades explosivas, realizando movimientos máximos del ciclo estiramiento-acortamiento que requieren una unidad músculo-tendinosa, que es lo suficientemente compatible para almacenar y liberar una gran cantidad de energía elástica (Witvrouw, Mahieu, Danneels, & McNair, 2004).

Suponiendo la estrecha relación entre el *stiffness* muscular de la pierna y el rendimiento en sprint (Chelly & Denis, 2001), se ha argumentado que la regulación del *stiffness* es un componente vital para establecer la frecuencia de zancada (Farley et al., 1991). Una disminución de la frecuencia de zancada, acompaña a la fatiga desarrollada durante la realización de sprints repetidos (Buchheit et al., 2009). Esta clara relación entre el deterioro de las propiedades elásticas de los miembros inferiores de corredores y la disminución en el rendimiento inducida por la repetición de los esfuerzos (4x100 metros intercalados con 2 minutos de recuperación) se ha mostrado por la literatura (Morin, Jeannin, Chevallier, & Belli, 2006).

Tras 8 semanas de entrenamiento de la flexibilidad, utilizando dos programas diferentes (estiramientos activos y estiramientos estáticos) obteniendo mejoras significativas en la flexibilidad, no se obtuvieron cambios en ninguna de las variables determinantes del rendimiento en RSA (Turki-Belkhiria et al., 2014). Esta capacidad, muestra diferencias en función de la demarcación del jugador, siendo los porteros significativamente más flexibles que los jugadores que ocupan el resto de posiciones en la flexión de cadera y rodilla y dorsiflexión del tobillo (Oberg, Ekstrand, Moller, & Gillquist, 1984).

2.3. RELACIÓN RSA Y CUALIDAD AERÓBICA

2.3.1. CONTRIBUCIÓN DEL METABOLISMO AERÓBICO Y ANAERÓBICO AL RSA

Los análisis de la demanda fisiológica de la competición en fútbol han revelado que el juego se caracteriza por la mezcla de carreras de corta duración, carreras de alta y baja intensidad, saltos, cambios de dirección, correr hacia atrás y periodos caminando (Bradley et al., 2009; Carling et al., 2012; Di Salvo et al., 2007). Durante un partido de fútbol, los jugadores muestran una frecuencia cardiaca media de 80-90% de la HRmax correspondiente al 70-80% del VO_2max (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005), sugiriéndose que la producción de energía aeróbica es más del 90%, por lo tanto la capacidad de realizar ejercicio intenso durante periodos prolongados de tiempo debe de ser entrenada específicamente. Este requisito se puede lograr mediante la realización de entrenamientos aeróbicos de alta intensidad de forma regular (Helgerud et al., 2001) o mediante tareas más específicas (Owen et al., 2012). El promedio del VO_2max para jugadores de fútbol de nivel internacional masculino está entre $55\text{-}68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, con valores individuales de hasta $70 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Wisloff et al., 1998).

El RSA es un test que se caracteriza por varios sprints intercalados con periodos cortos de recuperación (Glaister, 2005). Durante un único sprint de corta duración $\leq 6 \text{ s}$, típico sprint utilizado en las pruebas de RSA, el ATP es resintetizado principalmente por una combinación de la PCr y la degradación de la glucólisis anaeróbica, con una contribución mínima del metabolismo aeróbico ($<10\%$) (Gaitanos et al., 1991).

Cuando se repiten estos sprints hay estudios que muestran que se produce una inhibición progresiva de la glucólisis cuyos efectos son compensados por una aportación progresiva de la resíntesis de ATP a través del mecanismo aeróbico (Gaitanos et al., 1991). Esta disminución de la contribución de la glucólisis queda de manifiesto ya que en el último sprint en un RSA de $10 \times 6 \text{ s}$ de duración, con 30 s de recuperación pasiva, la contribución de la glucólisis fue mínima (Gaitanos et al., 1991) (Figura 3). Esta contribución podría estar directamente relacionada con el tiempo de recuperación entre los diferentes sprints, ya que se ha demostrado que un pequeño aumento en la recuperación posibilita mantener altas velocidades (Balsom, Ekblom, & Sjodin, 1994; Glaister, 2005).

Independientemente del grado de inhibición glucolítica, la disponibilidad de PCr parece ser el factor limitante durante un RSA, especialmente porque la recuperación de la potencia

sigue un patrón muy similar a la resíntesis de la PCr (Bogdanis et al., 1995). Además el hecho de mantener una alta velocidad en los diferentes sprints produce unos altos niveles de acidosis celular, disparando la creencia de que la acumulación de los iones de hidrogeno, es la principal causa de la fatiga muscular (Glaister, 2008).

Durante 10 sprints de 6 s de duración, con 30 s de recuperación, los atletas entrenados en resistencia consumen significativamente más oxígeno que los atletas de deportes colectivos, además su porcentaje de decrecimiento es significativamente más pequeño (Hamilton, Nevill, Brooks, & Williams, 1991). Un mayor $VO_2\text{max}$ durante un test RSA, conlleva una menor dependencia de la glucólisis anaeróbica y con ello un ahorro y mantenimiento de energía mayor (Tomlin & Wenger, 2001). Otro factor que puede ser determinante en el rendimiento de un test RSA es la capacidad de recuperación entre los diferentes sprint que configuran el test, pero este mejor rendimiento en el decrecimiento también está influenciado por el sprint inicial (Mendez-Villanueva et al., 2007)

El entrenamiento aeróbico ha demostrado ser útil para mejorar el rendimiento en el fútbol (Helgerud et al., 2001). Diferentes estudios han demostrado la relación entre la capacidad aeróbica y la posición competitiva, el nivel del equipo y la distancia recorrida durante un partido (Arnason et al., 2004; Kalapotharakos, Ziogas, & Tokmakidis, 2011). Una alta capacidad aeróbica ($VO_2\text{max}$) ha sido correlacionada también con la tasa de trabajo a alta intensidad realizada durante un partido (Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011). Además de la importancia de tener una buena capacidad aeróbica, los jugadores también realizan aproximadamente entre 150-250 breves e intensos períodos de actividad durante un partido, coincidiendo estos esfuerzos con momentos cruciales del juego, tales como ganar la posesión o realizar un golpeo a portería.

Usando la tecnología de análisis de partidos se ha demostrado que los jugadores internacionales realizan un 28% más de carreras a alta intensidad ($18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) y un 58% más de carreras de velocidad ($30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que los jugadores profesionales de un nivel inferior (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003).

Un incremento en la capacidad del sistema de transporte de oxígeno provoca una mayor contribución energética de la vía aeróbica y una reducción en la participación de los sistemas anaeróbicos de producción de energía. Esto provocará, a su vez, el retraso en la aparición de la fatiga, evitando la disminución del pH y consiguiendo un ahorro de

glucógeno muscular (Balsom, Ekblom, et al., 1994; Bangsbo, 1994; Tomlin & Wenger, 2001).

Existe una controversia en la literatura a cerca de la relación entre la cualidad aeróbica y el rendimiento en RSA, ya que algunos estudios han obtenido correlaciones significativas (Bishop & Edge, 2006; Buchheit & Ufland, 2011; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010), mientras que otros estudios no han obtenido estas correlaciones (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008; Wadley & Le Rossignol, 1998), llegando a la conclusión de que parecen estar determinadas por el protocolo empleado al evaluar el RSA (Thebault, Leger, & Passelergue, 2011) En la Tabla 3 podemos observar un resumen de los diferentes estudios que han analizado esta relación en jugadores de fútbol.

Las variables más utilizadas para comprobar la relación entre la cualidad aeróbica y el RSA son el $\dot{V}O_{2\max}$ (da Silva et al., 2010; Jones et al., 2013; Stojanovic et al., 2012), los metros recorridos en la realización de test indirectos (Yo-Yo test, Multistage Fitness Test) (Chaouachi et al., 2010; Gibson, Currie, Johnston, & Hill, 2013; Pyne et al., 2008), y la cinética del consumo de oxígeno (Dupont, McCall, Prieur, Millet, & Berthoin, 2010; Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005). La literatura reciente parece indicar que el valor que más relación tiene con el RSA es el pico de máxima velocidad en un test incremental (Buchheit, 2012a; Thebault et al., 2011) (Figura 6). El principal inconveniente de los estudios que han evaluado la cualidad aeróbica mediante pruebas indirectas es que puede haber un error de entre el 10-15% por lo que son inexactas (Jones et al., 2013).

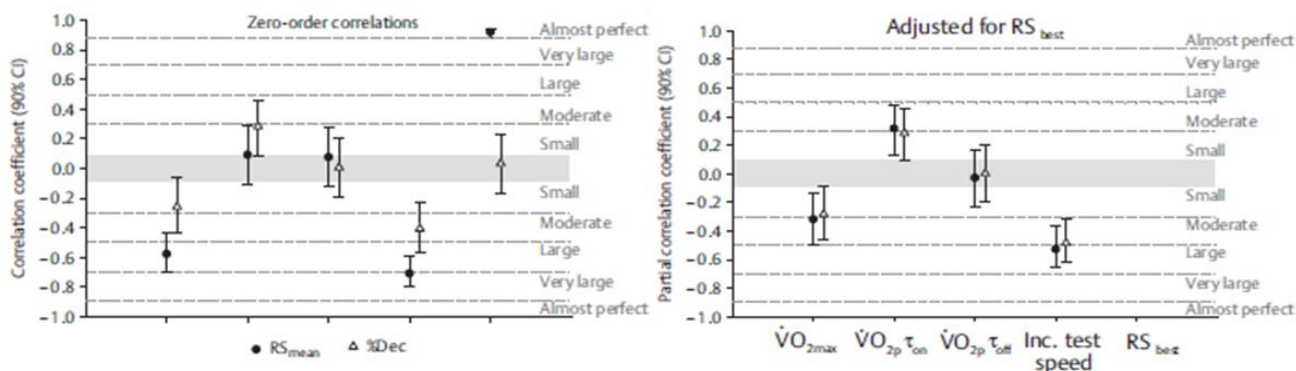


Figura 6. Coeficiente de correlación (panel superior) y coeficiente de correlación parcial (panel inferior) entre tiempo medio (RS_{mean}) y el decrecimiento (%Dec) y máximo consumo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\max}$), cinética del consumo de oxígeno al comienzo ($\dot{V}O_{2p} \tau_{\text{on}}$) y al final ($\dot{V}O_{2p} \tau_{\text{off}}$) velocidad en test incremental (Inc. Test speed) y mejor sprint (RS_{best}) (Buchheit, 2012a)

Tabla 3. Resumen de los resultados y correlaciones entre la habilidad para repetir sprint (RSA) y la calidad aeróbica en estudios con jugadores de fútbol.

ESTUDIO	RSA				CUALIDAD AEROBICA					CORRELACIÓN			
	Protocolo	RSA _{mejor}	RSA _{media}	RSA _{total}	S _{dec}	Protocolo	VO ₂ max ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	VO ₂ T _o n (s)	VO ₂ T _{off} (s)		Incr. Test Speed km·h ⁻¹	m	vOBLA km·h ⁻¹
Aziz et al., 2000 (n=23)	8x40 m (30 s)	5.39±0.20		45.23±1.28	4.9±1.7	12 km·h ⁻¹ 0 % inclinación ↑ 5 min 2% y ↑1%/ 1 min	58.2±3.7						BT vs VO ₂ max (r = -0.21) TT vs VO ₂ max (r = -0.346) S _{dec} vs VO ₂ max (r = -0.161)
Aziz et al., 2007 (n=37)	6x20 m (20 s a)	3.03 ± 0.09		18.50± 0.53	3.5 ± 1.7	10 km·h ⁻¹ 0 % inclinación 2 min ↑1 km·h ⁻¹ ↑ 2% /1 min hasta 12% Sino fin ↑1 km·h ⁻¹ /1 min Multistage shuttle run test	54.0 ± 6.1				98 ± 12		
Buchheit et al., 2012 (n=71)	10x30 m (30s a) 6x2x15m (20s p) 6x16 m (25s p) 6x16 m (25s a) 20x15 (20s p) 6x25 (25s a)	4.7±0.21 5.73±0.27 3.93± 0.25 3.8±0.28 2.56±0.10 3.96±0.15	4.83±0.20 5.90±0.27 4.26± 0.38 3.93±0.32 2.72±0.08 4.09±0.17		2.69±0.86 2.84±0.92 8.35±4.81 3.42±1.46 6.22±2.97 3.18±1.30	10 km·h ⁻¹ ↑1 km·h ⁻¹ /1 min 30-15 _{IFT} 10 km·h ⁻¹ ↑0.5 km·h ⁻¹ /1 min 30-15 _{IFT} 30-15 _{IFT}	56.2±3.1 53.9±9.2 55.1±8.2 55.1±8.2 51.6±5.4 53.0±7.5	19±4 21±10 24±7 24±7 22±13 18±5	46±11 41±10 41±10 53±7 45±5	16.0±1.0 19.2±1.3 15.4±2.0 15.4±2.0 18.9±1.0 19.6±0.7			Incr. Test Speed vs MT (r=-0.71)
Chaouachi et al., 2010 (n=23)	7x30 m (25s a)			31.21±1.13	4.3±2.0	YO-YO IR1					2289±409		YO-YOIR1vsS _{dec} (r=-0.44)
da Silva et al., 2010 (n=29)	7x34.2 m(25s a)	6.30±0.24	6.56±0.23		4.0±1.9	9 km·h ⁻¹ ↑1.2 km·h ⁻¹ /3 min	63.2±4.9					13.5±1.2	VO ₂ max vs S _{dec} (r=-0.39) vOBLAvsMT (r=-0.49) vOBLAvsS _{dec} (r=-0.54) VO ₂ max vs S _{dec} (r=-0.71)
Dupont et al., 2005 (n=11)	15x40 m (25s a)			96.16±3.09	8.63±3.24	Pitch Graded test 10 km·h ⁻¹ ↑1 km·h ⁻¹ /2 min	59.4±4.2						
Gibson et al., 2013	6x40 m (25s a) COD	7.11±0.25		44.40±1.62	3.60±1.22	YO-YO IE 2					2539±690		YYIE2vsTT(r=-0.71) YYIE2vsBT(r=-0.53) YYIE2vsS _{dec} (r=-0.52)
Ingebrigtsen et al., 2014 (n=57)	7x35 m (25 s a)		5.25±0.19			YO-YO IR 1 YO-YO IR 2					1736±443 613±174		(r=-0.573) (r=-0.552)
Jones et al., 2013 (n=41)	6x40(20+20)(20sa)					10 km·h ⁻¹ ↑2 km·h ⁻¹ /2 min							VO ₂ max vs MT(r=-0.65) VO ₂ max vs TT(r=-0.59)
López-Segovia et al., 2015 (n=21)	9x40(20+20)+2 saltos+1golpeo	7.10±0.20	7.54±0.20		5.8±3.1	YO-YO IR 1					1760±329		RSA _{mean} YO-YOIR (r=-0.78)
Spencer et al., 2011 (n=119) (U11 to U18)	6x30 m (30 s a)			33.1±1.8 32.2±1.3 30.9±1.7 28.7±0.6 27.2±0.8 26.8±0.7 26.7±0.6 26.2±0.8		20-m shuttle run YO-YO IR 1					1522±236 1704±225 1848±230 2159±302 2259±214 2374±375 2340±401 2715±547		(r=0.68) ~(r=0.48) ~(r=0.25) ~(r=0.49) ~(r=0.29) ~(r=0.56) ~(r=0.30) ~(r=0.55)

RSA_{mejor}=Mejor tiempo; RSA_{total}=tiempo total; RSA_{media}=tiempo medio; S_{dec}=Decrecimiento; VO₂T_{on}=fase primaria de la cinética del consumo de oxígeno; VO₂T_{off}=cese; Incr. Test Speed= velocidad máxima en test incremental; m= metros recorridos en el test; vOBLA= umbral anaeróbico; a= recuperación activa; p= recuperación pasiva.

Se han obtenido correlaciones negativas significativas entre el VO_2max relativo y el RSA_{mean} ($r = -0.655$, $p < 0.01$) y $\text{RSA}_{\text{total}}$ ($r = -0.591$, $p < 0.01$) (Jones et al., 2013). La mejora en la recuperación entre series máximas mediante la mejora del VO_2max puede estar determinada por la habilidad de tolerar o tamponar los H^+ en el trabajo muscular (Bogdanis et al., 1996). Varios mecanismos han sido propuestos al respecto. Un sujeto con mayor VO_2max exhibe un mayor número, tamaño y área superficial de mitocondrias (Holloszy & Coyle, 1984) que le permitirá un mayor movimiento del piruvato dentro de la mitocondria (Jones et al., 2013); además, incrementando la concentración de enzimas aeróbicas, mejorará la capacidad de generar ATP por la fosforilación oxidativa; y también que los sujetos con un mayor VO_2max incrementarán las concentraciones de mioglobina (Saltin & Rowell, 1980). Por otra parte un elevado VO_2max se ha propuesto como condicionante para elevar la eliminación de lactato y la restauración de PCr, aumentando así la capacidad de recuperación (Gaitanos et al., 1991).

2.3.2. CONTRIBUCION DE FACTORES PERIFÉRICOS Y CENTRALES DEL VO_2 AL RSA

Algunos estudios no han obtenido correlaciones entre el VO_2max y el rendimiento en RSA (Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2007; Chaouachi et al., 2010), mostrándose otros factores, distintos al VO_2max , más importantes en el rendimiento en RSA (Stojanovic et al., 2012). Estos resultados pueden ser explicados por la falta de asociación entre el VO_2max y la restauración de la fosfocreatina, sugiriéndose que ésta puede ser crítica para el mantenimiento del rendimiento durante 6 s de sprint repetidos (Gaitanos et al., 1993).

La restauración de los niveles de PCr entre las diferentes series de sprints se ha asociado a factores periféricos (capacidad oxidativa del músculo) y se considera casi exclusivamente oxígeno-dependiente. El rendimiento en RSA es probable que esté más relacionado con la extracción de O_2 , y no la capacidad de entrega de O_2 , según lo sugerido por algunos estudios (Castagna et al., 2007; da Silva et al., 2010), si bien no habiendo aún un consenso al respecto (Balsom et al., 1994).

Por lo tanto, el VO_2max puede no ser un fuerte predictor de la capacidad de resintetizar PCr durante períodos de recuperación y el rendimiento de RSA, al menos en atletas entrenados (Stojanovic et al., 2012).

Es razonable suponer que VO_2max podría ser un factor importante en el mantenimiento del rendimiento de sprint a medida que avanza el partido, ya que la contribución aeróbica

aumenta cuando aumenta el número de sprints (Lopez-Segovia, Pareja-Blanco, Jimenez-Reyes, & Gonzalez-Badillo, 2015). Esto es especialmente evidente con períodos de recuperación activa, como ocurre durante la mayoría de deportes colectivos (Carling et al., 2012; Di Salvo et al., 2007). En ese contexto, las correlaciones negativas significativas obtenidas entre $VO_2\text{max}$ estimado y el índice de fatiga durante RSA en mitad y al final de un partido completo, muestran esta importancia (Meckel, Gottlieb, & Eliakim, 2009).

En la determinación del rendimiento en resistencia, no sólo el $VO_2\text{max}$ es considerado un elemento muy importante (Helgerud et al., 2001), sino también la identificación de la intensidad del umbral anaeróbico, por su estrecha relación con el rendimiento (Bassett & Howley, 2000). El umbral anaeróbico es la máxima carga de trabajo utilizando grandes grupos musculares, donde la producción y eliminación de lactato esta equilibrada (Helgerud et al., 2001).

Si el $VO_2\text{max}$ depende de factores centrales, la concentración de lactato en el umbral anaeróbico es un indicador de capacidad aeróbica especialmente relacionado con factores periféricos (Bassett & Howley, 2000). Se han obtenido correlaciones más fuertes entre los índices de fatiga y el umbral anaeróbico, que con el $VO_2\text{max}$ (da Silva et al., 2010). El umbral anaeróbico refleja adaptaciones aeróbicas periféricas y está asociado con un aumento de la densidad capilar y con un aumento de la capacidad de transportar lactato y H^+ (Thomas, Sirvent, Perrey, Raynaud, & Mercier, 2004). No es, por lo tanto, sorprendente que la correlación entre el umbral anaeróbico y el RSA sea mayor que con el $VO_2\text{max}$, ya que se ha propuesto que el RSA puede estar determinado en gran medida por cambios bioquímicos en las fibras musculares (Spencer et al., 2005).

2.3.3. CONTRIBUCION DEL TIPO DE ENTRENAMIENTO “AERÓBICO” AL RSA

En la actualidad el principal modelo de entrenamiento utilizado para aumentar el rendimiento aeróbico es el denominado entrenamiento aeróbico de alta intensidad (HIT) (Helgerud et al., 2001), obteniendo que las mejoras en la capacidad aeróbica con esta metodología, son mayores que con el entrenamiento de moderada intensidad (Helgerud et al., 2007). El ejercicio aeróbico de alta intensidad provoca un aumento de los parámetros cardiovasculares tales como el tamaño del corazón, la capacidad del flujo de sangre, y la distensibilidad arterial. Estos cambios mejoran la capacidad del sistema cardiovascular para transportar oxígeno mejorando la cinética pulmonar y muscular (Bailey, Wilkerson,

Dimenna, & Jones, 2009) y aumentando el $VO_2\text{max}$ (Ferrari Bravo et al., 2008; Helgerud et al., 2001; Impellizzeri et al., 2006).

El volumen de eyección cardiaca en no entrenados aumenta a medida que aumenta el $VO_2\text{max}$ hasta que llegamos al 50% del $VO_2\text{max}$ donde el volumen de eyección presenta una meseta (Higginbotham et al., 1986). Sin embargo la eyección cardiaca aumenta continuamente con el aumento de la carga de trabajo hasta el $VO_2\text{max}$ en atletas entrenados (Zhou et al., 2001). Este incremento del volumen de eyección hasta valores por debajo del $VO_2\text{max}$ ha sido la razón de ser del entrenamiento aeróbico de alta intensidad en sujetos entrenados.

Las recomendaciones actuales para mejorar el $VO_2\text{max}$ en jugadores de fútbol es realizar 4 series de 4 min, al 90-95% de la HRmax, intercalados con periodos de 3 min recuperando al 70% de la HRmax para eliminar el lactato acumulado, ya sea en una pista determinada, con el balón o en un tapiz rodante (Helgerud et al., 2001; Hoff, 2005; Hoff & Helgerud, 2004). Sin embargo esta metodología no se ha mostrado del todo útil para mejorar parámetros en el RSA (Ferrari Bravo et al., 2008).

En el deporte del fútbol, lo ideal sería que los entrenamientos de resistencia se llevaran a cabo con el balón, ya que así los jugadores desarrollaran aspectos técnico-tácticos similares a las que se encuentran durante la competición (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011) además de ser mucho más motivante para los jugadores (Dellal, Varliette, Owen, Chirico, & Pialoux, 2012). Sin embargo, la intensidad se reduce más, cuanto mayor cantidad de aspectos técnico-tácticos intervienen (Hill-Haas et al., 2011). Si el objetivo es trabajar a una intensidad comprendida entre el 90-95% del $VO_2\text{max}$, ello es difícil de alcanzar en una situación real, sobre todo para los equipos de divisiones inferiores debido fundamentalmente a sus limitaciones técnicas (Iaia et al., 2009).

Se ha validado el método del registro de la frecuencia cardiaca como un indicador de la demanda aeróbica durante las actividades de fútbol (Esposito et al., 2004), al representar un método no invasivo que se utiliza universalmente para evaluar la respuesta fisiológica en deportes de equipo. La ventaja metodológica de la mayoría de los instrumentos que miden y registran la frecuencia cardiaca, es que permite medir y almacenar los valores con una alta fiabilidad (Achten & Jeukendrup, 2003). Estas mediciones presentan una alta relación con las variables fisiológicas, como el $VO_2\text{max}$ (Bangsbo, 1994). Teniendo en cuenta las ventajas que presenta el registro de la frecuencia cardiaca, tales como la

correlación con el $VO_2\text{max}$ y la facilidad de recolección de datos, siendo numerosos los estudios que han analizado las respuestas de la frecuencia cardiaca en el fútbol, durante entrenamientos y durante los partidos (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008; Dellal, Drust, & Lago-Penas, 2012; Di Salvo et al., 2007).

2.3.4. CONTRIBUCION DE LA MADURACIÓN AL RSA

La capacidad para repetir sprint ha sido correlacionada positivamente con la tasa de resíntesis de la fosfocreatina (Bogdanis et al., 1995) y negativamente correlacionada con la contribución de la glucólisis anaeróbica en el primer sprint (Gaitanos et al., 1993) esto sustenta la hipótesis de que la capacidad para repetir sprints es mejor en niños que en adultos. Para comprobar esto (Mujika et al., 2009) realizaron un estudio en el que analizaron el rendimiento (6x30 m en ciclos de 30 s) y los niveles de concentración de lactato en función del grupo de edad, evaluando niños desde los 11 hasta los 18 años, concluyendo que el RSA_{total} disminuye significativamente desde los 11 hasta los 15 años, sin cambios significativos entre los 15 y los 18 años, correlacionando esas diferencias con los cambios en la masa corporal y la estatura en los grupos de edad, sin obtenerse diferencias significativas en el porcentaje de decrecimiento (S_{dec}) entre los grupos.

Estos resultados están de acuerdo con otras investigaciones que muestran la influencia de la maduración en el rendimiento en esfuerzos máximos intermitentes (Abbassi, 1998). Por su parte Abrantes et al. 2004, obtuvieron una reducción significativa en el RSA_{media} entre grupos de 12, 14 y 16 años de edad en un test RSA de 7 x 34.2 m con cambio de dirección.

Las mejoras en el rendimiento de velocidad con la edad también tienden a ser asociadas con mayor capacidad glucolítica y mayores concentraciones de lactato pico, obtenidas para púberes en comparación con los niños pre-púberes (Ratel, Bedu, Hennegrave, Dore, & Duche, 2002). Estos cambios parecen ser en parte debidos al aumento de la masa corporal (Beneke, Hutler, Jung, & Leithauser, 2005). Además las mejoras en el rendimiento de sprint pueden estar asociadas al mayor porcentaje de fibras tipo II después de la pubertad (Fournier et al., 1982).

Se ha llevado a cabo el análisis de la relación entre la cualidad aeróbica evaluada mediante un test de campo, Yo-Yo *intermittent recovery test*, y el rendimiento en un test RSA, en el que tras realizar cada sprint se llevaba a cabo un salto máximo y un golpeo a

máxima potencia, mostrando una mayor contribución de fuerza (isoinercial) y capacidad de sprint en las primeras series, mientras que cuando se incrementa el número de series hay una mayor contribución aeróbica (Lopez-Segovia et al., 2015). Estos autores obtuvieron una gran correlación ($r = 0.93$; $p = 0.000$) entre el RSA_{mejor} y el RSA_{media} entre las series 1 y 3, mientras que esta relación disminuyó entre las series 4 y 6.

2.4. INFLUENCIA DE LA RECUPERACIÓN EN EL RSA.

2.4.1. DEFINICIÓN DE RECUPERACIÓN.

La frecuencia cardiaca de recuperación (HRR) es la tasa en la que la frecuencia cardiaca (HR) decrece, después de un ejercicio máximo o submáximo, en respuesta a una combinación de la activación del sistema parasimpático y una desactivación del simpático (Borresen & Lambert, 2007, 2008). La HRR puede cuantificarse 1) tomando la diferencia absoluta entre la HR a la finalización del ejercicio y la HR registrada tras el tiempo determinado de recuperación (Buchheit & Gindre, 2006; Cole, Blackstone, Pashkow, Snader, & Lauer, 1999), 2) teniendo la constante del tiempo de la decadencia de la HR obtenida mediante el ajuste de la HRR postejercicio en una curva de primer orden exponencial (Perini et al., 1989) ó 3) el análisis de los primeros 30 s de HRR a través de un análisis de regresión semilogarítmica (Imai et al., 1994).

La tasa de recuperación está determinada por diferentes factores, como por ejemplo el porcentaje de fibras lentas oxidativas, mientras que no está bien definida la contribución del VO_2max (Tomlin & Wenger, 2001).

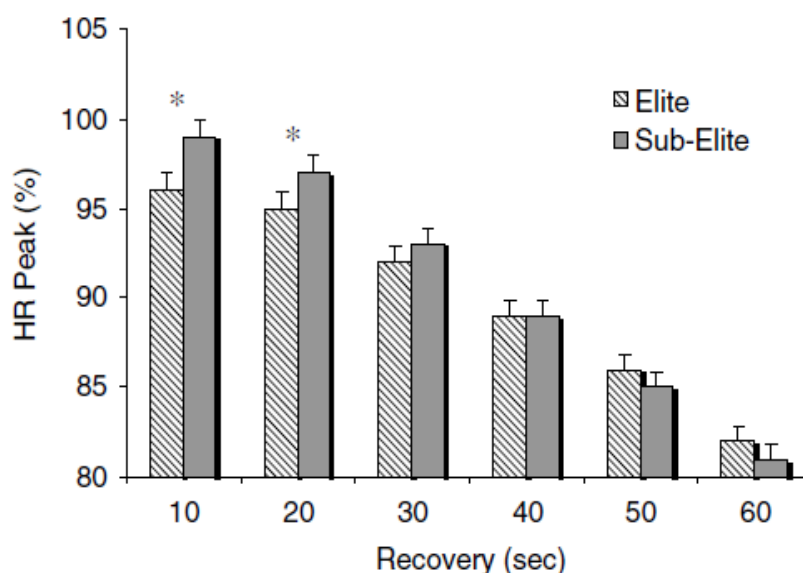


Figura 7. Decrecimiento de la frecuencia cardiaca de recuperación (HRR) en sujetos de Elite ($VO_2max > 60ml \cdot km^{-1} \cdot min^{-1}$) frente a sujetos Sub-Elite ($VO_2max < 50ml \cdot km^{-1} \cdot min^{-1}$). * diferencias significativas entre grupos $p < 0.05$ (Ostojic et al., 2011)

El nivel de condición aeróbica es una variable que puede influir en la respuesta de la HRR, la cual ha sido estudiada comparando atletas caracterizados por un más alto nivel de cualidad aeróbica y sujetos caracterizados por un menor nivel (Figura 7), obteniendo que los de mayor nivel de condición física aeróbica tienen una mejor HHR (Ostojic et al., 2011).

Se ha demostrado que una alta capacidad aeróbica ayuda a recuperar durante ejercicios intermitentes de alta intensidad, típicos del entrenamiento y de los partidos de fútbol (Reilly, 1997). Por otra parte una rápida recuperación cardiovascular refleja una adaptación positiva al entrenamiento y una posible superior capacidad de rendimiento en tareas de resistencia (Bosquet, Gamelin, & Berthoin, 2008). La literatura sugiere que la capacidad aeróbica mejora la recuperación después de periodos de alta intensidad de ejercicio intermitente, ya que un aumento de la respuesta aeróbica mejora la eliminación de lactato y la regeneración de PCr (Tomlin & Wenger, 2001). Además un incremento en la capacidad del mecanismo de transporte de oxígeno, conduce a una mayor energía utilización del metabolismo aeróbico y, por lo tanto, reduce la fatiga a través del ahorro de glucógeno y, por consiguiente, previene la disminución del pH muscular (Tomlin & Wenger, 2001).

La HRR cambia en función de los cambios puntuales de la carga de entrenamiento (Borresen & Lambert, 2007), y es considerada una medida sensible de control autonómico (Yamamoto, Miyachi, Saitoh, Yoshioka, & Onodera, 2001), y que la HRR puede ser utilizada como un índice que representa la capacidad del cuerpo para responder al entrenamiento, si bien sin datos aún claros.

Parece que la HHR inicial está influenciada predominantemente por el sistema nervioso parasimpático y se ha sugerido que a corto plazo podría ser un marcador del tono parasimpático. Es interesante analizar la ultra corta HRR en fútbol, ya que muchos periodos de recuperación en este deporte son menores a 20 s (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008).

Una rápida respuesta de la HHR se ha obtenido en sujetos con una mejor capacidad aeróbica (Borresen & Lambert, 2008; Hirsh et al., 2006). Esto sugiere que después del ejercicio la HRR es un marcador de los cambios inducidos por el entrenamiento en el control autonómico (Borresen & Lambert, 2008). Esta relación es significativa en la recuperación obtenida a los 3 minutos de finalización de un test máximo ($r = 0,23$; $p = 0,001$) sin obtenerse correlaciones con la recuperación obtenida 1 minuto tras finalizar un

esfuerzo máximo (Vicente-Campos, Martín López, Nunez, & López Chicharro, 2014). Debido a que es posible que HHR corta (< 1 min) puede ser atribuida a una reactivación del tono vagal (Coote, 2010), y la recuperación tardía (> 2 min) puede ser atribuida a una caída en la actividad simpática y a factores humorales tales como las catecolaminas (Hart et al., 2006; Nilsson, Hedberg, Jonason, Lonnberg, & Ohrvik, 2007). Habiendo establecido que la HHR en el primer minuto después del cese del ejercicio no está relacionada con la intensidad del ejercicio o $VO_2\max$, parece que los mecanismos centrales, tales como la liberación de la inhibición de las señales de la corteza motora al centro parasimpático, junto con el cese del ejercicio son mayormente responsables de la respuesta de recuperación temprana, (Baraldi, Cooper, Zanconato, & Armon, 1991). En contraste, la etapa posterior de HHR (3 min) parece estar relacionada con una reducción en la actividad simpática inducida por la reducción de la activación de mecanorreceptores musculares periféricos y quimiorreceptores, una vez que el estímulo del ejercicio se ha eliminado. Una mejora de la capacidad aeróbica por lo tanto estaría vinculado a una recuperación más temprana de la homeostasis intracelular y esto se traducirá en la reducción de impulsos simpáticos de los receptores musculares periféricos (Vicente-Campos et al., 2014).

2.4.2. RECUPERACIÓN Y RSA.

Es comúnmente aceptado que uno de los factores determinantes en el rendimiento en el fútbol es la capacidad de realizar acciones a la máxima intensidad y la capacidad de repetir esas acciones, es decir la velocidad y la resistencia a la velocidad (RSA) (Dupont et al., 2010; Hill-Haas et al., 2007). Los jugadores de fútbol deben de ser capaces de realizar esfuerzos a máxima intensidad con periodos de recuperación cortos y anárquicos. Por lo tanto los jugadores deben de prepararse en el menor tiempo posible para realizar la siguiente acción, dejando manifiesta la importancia de la capacidad de recuperación del deportista. La resistencia intermitente de alta intensidad y la capacidad para realizar sprints repetidos con un corto periodo de tiempo de recuperación son considerados como requisitos fundamentales en los jugadores de fútbol de elite (Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006; Rampinini et al., 2009).

Durante la recuperación los niveles de VO_2 se mantienen elevados para restaurar la homeostasis a través de procesos como la restauración del nivel de O_2 en los tejidos, la resíntesis de fosfocreatina, el metabolismo del lactato y la eliminación del fosfato inorgánico intracelular (Pi) (Glaister et al., 2005). Aunque la recuperación total va a estar

determinada por el tiempo del que dispongamos para realizar este proceso, la recuperación tras un esfuerzo máximo está asociada primariamente con la restauración de la fosfocreatina (Bogdanis et al., 1995; Sahlin & Ren, 1989). La influencia del tiempo de recuperación ha sido analizada utilizando diferentes metodologías y diferentes periodos de recuperación (Balsom, Seger, Sjodin, & Ekblom, 1992). Si ofrecemos un tiempo suficiente de recuperación entre sprints el rendimiento no disminuye mientras que si el tiempo es insuficiente el rendimiento se verá afectado, así observamos diferencias significativas en el rendimiento entre la capacidad para repetir sprints (*Repeat sprints*, 30 s de recuperación) y el ejercicio intermitente de alta intensidad (*Intermittent sprints* 2 min de recuperación) (Girard et al., 2011).

Por su parte Glaister et al., 2005, analizaron las diferencias en el rendimiento en la capacidad para repetir sprints en función de si el tiempo de recuperación era de 10 o 30 s obteniendo diferencias significativas no solo en el rendimiento, sino también en la acumulación de lactato y en la percepción subjetiva del esfuerzo entre ambas recuperaciones (Figura 8).

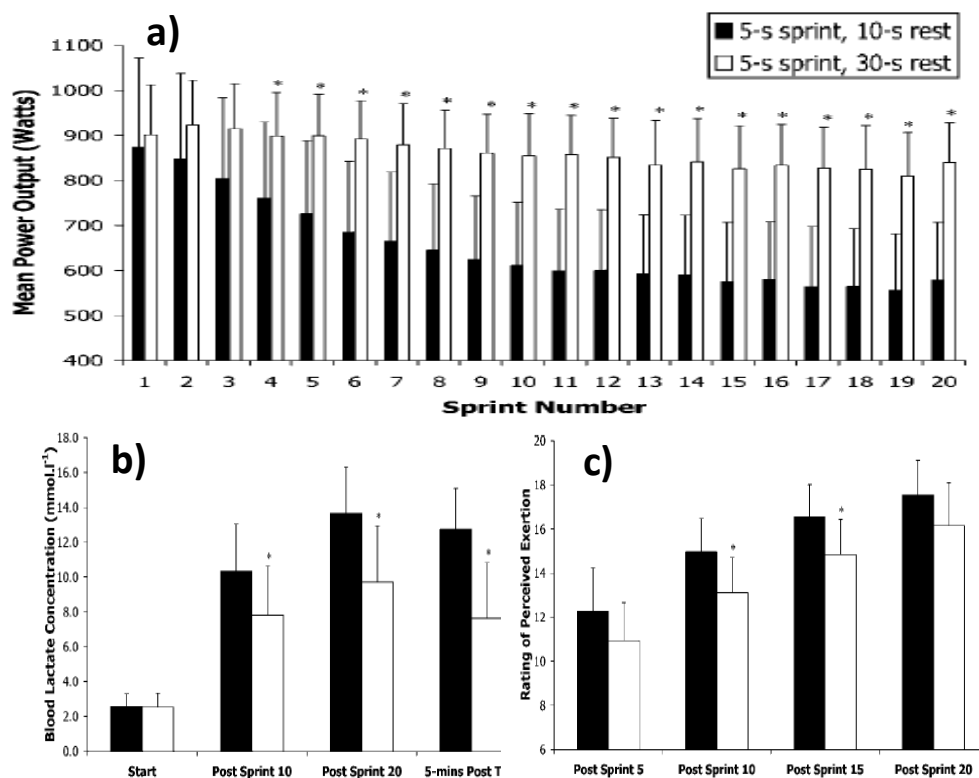


Figura 8. Efectos de la recuperación en un test RSA (20 x 5 s) con recuperación de 10 o 30 s en la potencia media de salida (a) la concentración de lactato (b) y la percepción subjetiva del esfuerzo (Glaister et al., 2005)

Se ha analizado la influencia del tipo de recuperación utilizada en el rendimiento en un test RSA, obteniendo que la recuperación pasiva obtiene significativamente mejores resultados (S_{dec} y RSA_{total}) que la recuperación activa (50% de MAS) utilizando en ambos casos una recuperación de 30 s (Castagna et al., 2008) no encontrándose diferencias en la concentración de lactato al final del ejercicio, entre ambos tipos de recuperación. Estudios anteriores ya mostraban que las concentraciones de lactato son iguales o más bajas tras ejercicios con recuperación pasiva que con recuperación activa (Dupont, Blondel, & Berthoin, 2003; Dupont, Moalla, Guinhouya, Ahmaidi, & Berthoin, 2004), encontrándose concentraciones de lactato más altas en la recuperación activa en las biopsias musculares (Spencer et al., 2004) cuestionándose la presunción de que la recuperación activa es beneficiosa en la promoción del aclaramiento del lactato sanguíneo durante este tipo de ejercicio (Dupont et al., 2005; Spencer et al., 2004), argumentándose la reducción de la disponibilidad de O_2 para la oxidación de lactato y resíntesis de PCr, impuesto por las exigencias adicionales de O_2 de la recuperación activa (Dupont et al., 2003; Dupont et al., 2004). En este sentido también se afirma que la recuperación activa comparada con la recuperación pasiva está asociada a un mayor VO_{2max} , acumulación de lactato sanguíneo y desoxigenación muscular, reduciendo el rendimiento en RSA; por consiguiente, bajar la intensidad de la recuperación durante los partidos oficiales (caminar o mantenerse de pie mejor que trotar) puede ser una estrategia útil para mejorar el rendimiento en RSA (Buchheit et al., 2009).

La mayoría de los estudios han simulado la aparición de la fatiga mediante la repetición de esfuerzos de corta duración, ejercicios de alta intensidad con intervalos de recuperación cortos, tratando de mostrar un modelo de fatiga desde el punto de vista mecánico mediante la determinación de los perfiles de potencia de salida (Brooks et al., 1990; Gaitanos et al., 1993a; Hamilton et al., 1991; Ratel et al., 2002). Estudios que indican que la evolución de la potencia de salida depende de la edad y del tiempo de recuperación permitido (Ratel et al., 2004). Se ha mostrado que los niños de 10 años de edad fueron capaces de mantener su potencia pico de salida con intervalos de recuperación de 30 s, mientras que los adolescentes de 15 años y jóvenes de 20 años necesitan periodos de recuperación de 5 min para mantenerla (Ratel et al., 2002). Esto puede ser debido a que los niños tienen una menor masa muscular y por lo tanto generan tasas de trabajo absolutas más bajas (Falk et al., 1996; Ratel et al., 2004). También puede ser debido a que los niños tengan una capacidad oxidativa muscular mayor, que les permitirá una más rápida resíntesis de la

fosfocreatina y una más rápida restauración de la potencia muscular (Bogdanis et al., 1995; Taylor, Kemp, Thompson, & Radda, 1997).

Se ha sugerido que los niños recuperan más rápidamente en esfuerzos de alta intensidad debido a diferentes factores: como una mayor contribución del metabolismo oxidativo (Hebestreit, Mimura, & Bar-Or, 1993), una más rápida resíntesis de fosfocreatina (Taylor et al., 1997), una menor potencia anaeróbica relativa máxima durante la extensión de rodilla y el ejercicio de flexión (Zafeiridis et al., 2005), y a una reducción de la producción de lactato (Zanconato, Buchthal, Barstow, & Cooper, 1993). Sin embargo no se han encontrado diferencias en el decrecimiento entre grupos de edad (*Sdec*) (Zanconato et al., 1993), cuestionando la anterior afirmación ya que no está de acuerdo con la creencia general de que los niños recuperación mejor que los adultos, pudiendo estar relacionado con otros estudios que obtuvieron una correlación negativa significativa entre el rendimiento en la capacidad de repetir sprints y la contribución aeróbica en el primer sprint (Gaitanos et al., 1991) y positiva con el rendimiento aeróbico (Bishop & Edge, 2006).

Existen diferentes investigaciones que han utilizado el tiempo de movimiento para analizar las diferentes intensidades en las que se desarrolla un partido de fútbol (Orendurff et al., 2010). Varios autores han dividido las categorías utilizando la velocidad de desplazamiento u observando en función del tiempo de movimiento (Gabbett & Mulvey, 2008; Orendurff et al., 2010) y han analizado las intensidades contando los pasos, de tal forma que han establecido una tasa de pasos cada 3 segundos identificando siete categorías ($6 \geq$ *sprinting*, $5 =$ *cruising*, $4 =$ *running*, $3 =$ *jogging*, $2 =$ *walking*, $1 =$ *shuffling* y $0 =$ *standing*). Cuando ésta era ≥ 4 , se considera tasa de trabajo; y cuando es <4 , se considera tasa de recuperación. Así la recuperación media fue de 9.4 ± 13.6 s, 5.9 ± 6.7 s, 8.6 ± 13.4 s, 7.6 ± 9.1 s y 8.6 ± 10.9 s para delanteros, centrocampistas laterales, centrocampistas, defensas laterales y centrales respectivamente; y el tiempo empleado en porcentajes fue de *running* (42.7–23.2%), *jogging* (31.4–22.0%), *cruising* (18.8– 8.4%), *shuffling* (9.7–4.1%), *standing* (9.0–5.6%); mostrándose diferencias significativas en cuanto al tiempo de recuperación sólo entre los delanteros y los centrocampistas, teniendo en cuenta la tasa de pasos se encontraron diferencias pero no eran significativas.

La recuperación del rendimiento ha sido asociada a los niveles de restauración de la PCr durante la recuperación (Mendez-Villanueva et al., 2012), tanto en la recuperación después de un único sprint (Bogdanis et al., 1995), como durante el RSA ($r = 0.67$) (Mendez-

Villanueva et al., 2012). Treinta segundos de recuperación entre sprints no se han mostrado suficientes para restaurar los valores de PCr durante la recuperación en un test RSA, disminuyendo la contribución de la PCr al ATP durante el último sprint (Bishop et al., 2011), mostrándose el contenido intramuscular de PCr como un importante determinante fisiológico del rendimiento durante el RSA, no obteniéndose estas correlaciones con la restauración de los niveles de H⁺.

2.5. DESENTRENAMIENTO

Existen trabajos que estudian la importancia del RSA para los deportistas de disciplinas colectivas (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011; Glaister, 2005, 2008), y cuáles pueden ser los programas de entrenamiento más eficientes para mejorar el rendimiento en el RSA (Bishop et al., 2011; Buchheit, 2012b; Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010; Buchheit, Mendez-Villanueva al., 2010; Chaouachi et al., 2010; Ferrari Bravo et al., 2008; Impellizzeri et al., 2006). El concepto de adaptación al entrenamiento es inherente al principio que alude a la reversibilidad de la forma deportiva o desentrenamiento. Según este principio, el cese o reducción en la carga o estímulo de entrenamiento provocará una pérdida parcial o total de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, y con ello una disminución en el rendimiento (Neufer, 1989; Neufer, Costill, Fielding, Flynn, & Kirwan, 1987).

Existe una controversia en la literatura con la definición del desentrenamiento y confusión con el concepto de síndrome de desentrenamiento. Se puede definir el desentrenamiento como la pérdida total o parcial de las adaptaciones anatómicas, fisiológicas y de rendimiento, inducidas por el entrenamiento, como consecuencia de la reducción o cesación del mismo. El cese del entrenamiento implica una interrupción temporal, o abandono total, de un programa sistemático de acondicionamiento físico (Mujika & Padilla, 2000a). Por otra parte el síndrome de desentrenamiento es una entidad clínica en la que los deportistas con una larga historia de entrenamientos, de pronto abandonan su actividad física regular. Este síndrome se caracteriza por una tendencia a los mareos y desmayos, alteraciones precordiales no sistemáticas, sensaciones de arritmia cardiaca (extrasístoles y palpitaciones), dolores de cabeza, pérdida de apetito, trastornos gástricos, sudoración profusa, insomnio, ansiedad y depresión.

Si bien se han analizado los efectos de diferentes programas de entrenamiento en el rendimiento en RSA, no existen estudios que demuestren qué sucede con el RSA tras

períodos de lesión, baja carga de entrenamiento, cese del trabajo o incluso estímulos insuficientes e inespecíficos. Esto puede ser importante, puesto que las adaptaciones conseguidas en cualquier cualidad física se pierden cuando el estímulo desaparece o es insuficiente (Mujika & Padilla, 2000b) y toda temporada competitiva se caracteriza por un periodo de transición en época estival así como diferentes periodos con ausencia de estímulo de entrenamiento. Las características del desentrenamiento, van a ser dependientes de la duración del cese del entrenamiento o del estímulo insuficiente

Una de las clasificaciones más aceptadas del desentrenamiento se ha realizado en función de la duración del cese o insuficiencia del estímulo de entrenamiento ofrecido. Así se ha diferenciado en desentrenamiento de larga duración (DLD), cuando es superior a cuatro semanas; y desentrenamiento de corta duración (DCD), cuando es inferior a 4 semanas (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b).

A lo largo de una temporada competitiva, hay planificados periodos que conllevan una interrupción de la competición, o parones imprevistos; estos periodos suelen ser menores de 4 semanas (parón en navidades, lesiones, partidos internacionales) por lo que podríamos englobarlos en el DCD si hay cese o reducción de la actividad; y también nos encontramos con periodos mayores a las 4 semanas (periodo de transición entre temporadas o lesiones) que englobaríamos en el DLD.

Los atletas a menudo experimentan interrupciones del proceso de entrenamiento y competición debido a lesiones, enfermedades o descansos durante la temporada, que pueden dar lugar a una reducción o cese de su actividad física habitual (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b). Periodos de desentrenamiento o inactividad de larga duración muestran reducciones del 6-20% VO_2max y 7-12% en la producción de fuerza (Mujika & Padilla, 2000b); mientras que en periodos de corta duración se produce una reducción de un 4-14% VO_2max , no viéndose afectada la producción de fuerza (Mujika & Padilla, 2000a). También hay estudios que muestran mejoras en algunos parámetros en el RSA con el entrenamiento (Buchheit et al., 2010; Buchheit et al., 2010; Hill-Haas et al., 2009; Mohr et al., 2007), por lo que una hipótesis novedosa de este trabajo contempla que un periodo pequeño de inactividad o desentrenamiento podría reducir el rendimiento en los test RSA durante el periodo competitivo del futbolista.

HIPOTESIS

Atendiendo a los antecedentes mostrados nos planteamos diversas hipótesis:

- ✓ Los sujetos que tengan una más alta cualidad aeróbica (VO_2 max y umbrales aeróbico y anaeróbico) tendrán una mejor recuperación, tanto al finalizar un esfuerzo máximo, como entre los diferentes intervalos de esfuerzo, y en consecuencia un mejor rendimiento en el la capacidad para repetir sprints.
- ✓ Si programas de entrenamiento estándar se han mostrado beneficiosos para obtener mejoras en el rendimiento en RSA, se considera que el entrenamiento específico (SSGs) y el entrenamiento de alta intensidad (HIT) pueden ocasionar adaptaciones metabólicas, fisiológicas y musculares que mejoren el rendimiento en esta capacidad.
- ✓ Si el entrenamiento mejora el rendimiento en diversos parámetros del RSA, el cese o la insuficiencia del estímulo de entrenamiento ocasionará un descenso en el rendimiento.

3. OBJETIVOS



Jugadores de fútbol realizando el Yo-To Intermittent recovery test en su campo habitual de entrenamiento y con su calzado e indumentaria habitual.

Los objetivos específicos formulados se articulan en función de tres objetivos generales, para cuya respuesta se ha planteado y desarrollado diferentes estudios específicos con la finalidad de aportar nuevas utilidades a la capacidad para repetir sprint (RSA) en el entrenamiento del fútbol.

1º Valorar la influencia de la cualidad aeróbica y recuperación al esfuerzo en la capacidad para repetir sprint.

Objetivos específicos:

- Establecer la relación entre capacidad aeróbica ($VO_2\text{max}$), umbrales aeróbico y anaeróbico, recuperación y rendimiento en el RSA.
- Analizar el efecto de la edad en la cualidad aeróbica, recuperación y RSA.
- Valorar la influencia del número de horas semanales de actividad física en la relación entre cualidad aeróbica, recuperación y RSA.
- Evaluar la influencia en la cualidad aeróbica, recuperación y RSA de un programa de entrenamiento basado en una combinación de entrenamiento aeróbico de alta intensidad y juegos reducidos (HIIT+SSGs).

2º Determinar la influencia de diferentes programas de entrenamiento específicos del fútbol en el rendimiento en la velocidad y la capacidad de repetir sprint (RSA).

Objetivos específicos:

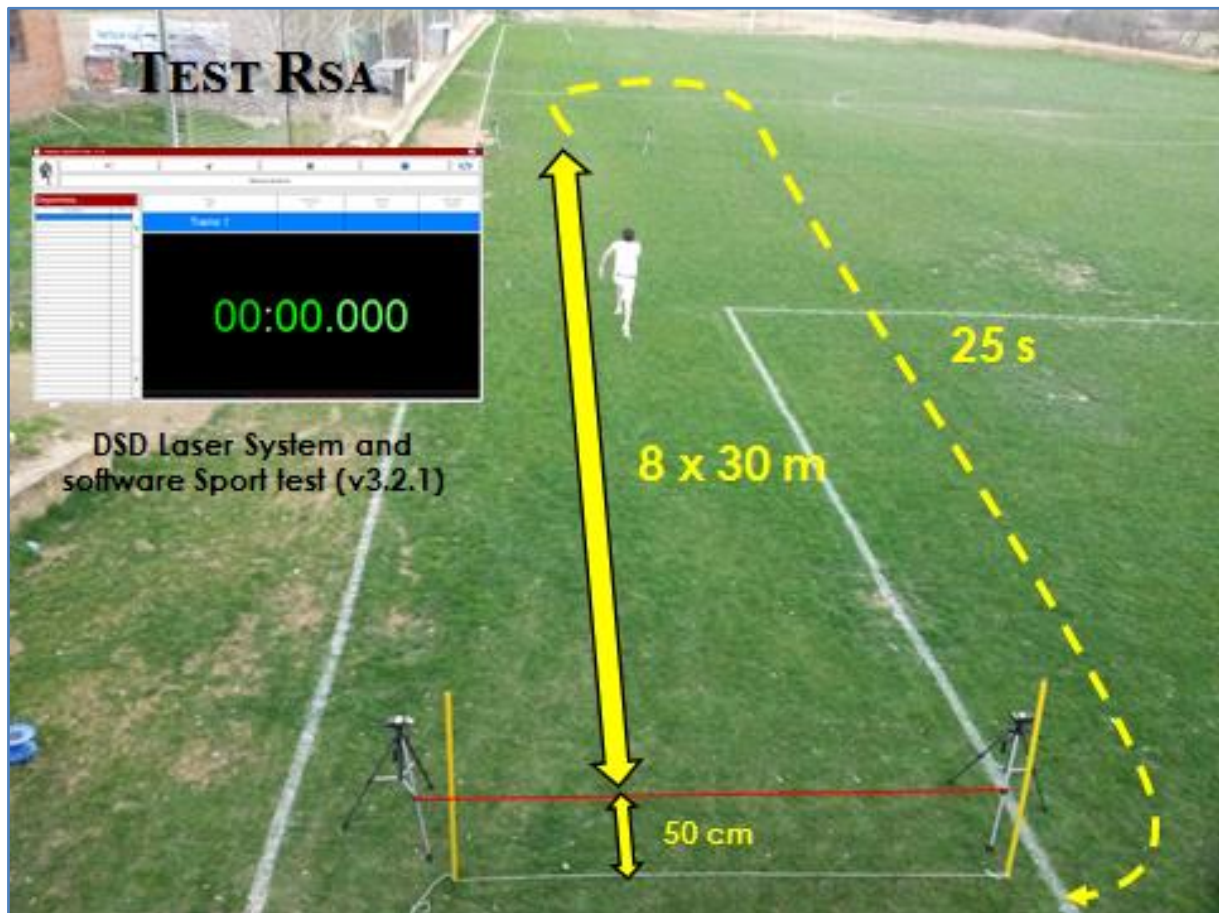
- Describir el rendimiento en el RSA a lo largo de una temporada competitiva.
- Analizar la incidencia de un programa de flexibilidad en el rendimiento de velocidad
- Evaluar la Influencia de un programa basado en juegos reducidos (SSGs) con progresión de la intensidad, en función del nivel de condición física en una pretemporada.
- Valorar los efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT y SET) en la capacidad de repetir sprints (RSA) durante una pretemporada.

3º Analizar la influencia del desentrenamiento en la capacidad para repetir sprint:

Objetivos específicos:

- Establecer el efecto del desentrenamiento en el rendimiento del RSA en función del nivel competitivo y capacidad de aceleración.
- Evaluar la influencia del desentrenamiento vs entrenamiento en un corto periodo competitivo con ausencia de competición.

4. METODOLOGÍA



Jugador de fútbol realizando el test RSA diseñado para esta tesis doctoral consistente en 8 sprint de 30 m con 25 s de recuperación activa.

4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Diferentes fases experimentales fueron diseñadas y llevadas a cabo en cada uno de los estudios realizados en este trabajo, para dar respuesta a los objetivos planteados.

Para la realización de los diferentes estudios de este trabajo se llevaron a cabo la realización tanto de test de laboratorio ergoespirométricos máximos, y test de campo (TIVRE-Fútbol® (García-Lopez et al., 2004; García-Lopez et al., 2003), Yo-Yo IR 1 (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008; Krstrup et al., 2003), Course Navette (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988) para valorar la cualidad aeróbica; como test de campo para valorar la habilidad de repetir sprints (test RSA) (Impellizzeri et al., 2008), y test de velocidad (Abrantes, Macas, & Sampaio, 2004) y de salto (Bosco, Colli, Bonomi, von Duvillard, & Viru, 2000) para valorar la potencia anaeróbica; test de *sit-and-reach* para valorar movilidad articular (Trehearn & Buresh, 2009); y una valoración cineantropométrica para estimar la composición corporal (metodología ISAK).

Para la realización del test de laboratorio los futbolistas eran citados con la suficiente antelación en el Laboratorio de valoración de la condición física del grupo de investigación VALFIS (valoración de la condición física en relación con la salud, el rendimiento y el entrenamiento deportivo) del Dpto. de Educación Física y Deportiva y adscrito al Instituto de Biomedicina (IBIOMED) ubicado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. A todos se les familiarizó con el tapiz rodante y con el protocolo del test, previo al comienzo del mismo, si éstos no lo estuvieran o no tuvieran experiencia en correr en tapiz rodante; igualmente se ensayó un protocolo de abandono del tapiz en pleno esfuerzo o carrera y se les adiestró en la percepción subjetiva de esfuerzo (escala de Borg de 6 a 20 (Borg, 1982)) y en percepciones de malestar orgánico durante el test (Borg, Ljunggren, & Ceci, 1985). Todos lo realizaron con monitorización electrocardiográfica y de análisis de gases espirados (O_2 y CO_2) y se atendió a que cumplieran los criterios de test máximo (Midgley, McNaughton, Polman, & Marchant, 2007)

Los test de campo siempre se realizaban en el campo habitual de entrenamiento, con su calzado y vestimenta habitual. Tanto para la realización del test de laboratorio como los de campo se tenía en cuenta e instaba a los participantes a que no realizasen ningún tipo de actividad física o deportiva intensa 48h previas al comienzo del test, coordinándose las diferentes evaluaciones con los entrenamientos semanales de los futbolistas, y que no realizasen ninguna ingesta de comida en las 1,5-2h previas a la evaluación. Se atendió que

cumplieran criterios de test máximo: alcanzar como mínimo el 95% de la frecuencia cardiaca máxima teórica (HRmax teórica) (Krustrup et al., 2003) o del mejor tiempo de sprint (Rampinini et al., 2009) o de su mayor altura de salto (Buchheit, Simpson, Al Haddad, Bourdon, & Mendez-Villanueva, 2012). Igualmente se atendió a que entre 2 test hubiera al menos 48h de recuperación completa sin que mediara actividad física intensa. Cuando se dividió a los sujetos en función de su nivel de condición física se utilizó la técnica de la “*Median Split*” (Chaouachi et al., 2010; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007).

4.2. SUJETOS

El estudio se ha realizado con futbolistas que respondieran al criterio de inclusión de llevar una práctica continuada en competición federativa de más 7 años; y que entrenaran al menos 2 h/semana durante 3 días/semana; siendo criterios de exclusión el haber sufrido una lesión o enfermedad de más de 5 meses de evolución en los 3 años antes que le impidiera la práctica del fútbol, o haber sufrido una lesión o enfermedad de más de 2 semanas de evolución durante 3 meses antes de realizar los respectivos test. También estaban excluidos del estudio aquellos que no acudían al menos 90% de los entrenamientos durante la temporada, o que padecieran enfermedad o tuvieran que tomar alguna medicación que potencialmente pudiera afectar a parámetros evaluados en los test a realizar. Igualmente fueron excluidos aquellos que no realizaron todos los test, o no atendieran a las indicaciones y modalidad o protocolo de realización de los mismos.

Los futbolistas que finalmente participaron en este trabajo atendiendo a las características de cada uno de los estudios de este trabajo se muestran en la (Tabla 4).

Tabla 4. Características de los sujetos que han participado en los diferentes estudios.

EQUIPO	n	CATEGORIA	EDAD	PESO	TALLA
CD Guijuelo	17	2ª División B	24.0 ± 1.2	74.5 ± 4.6	179.6 ± 1.8
Puente Castro	19	Div Nacional Juv	17.6 ± 1.12	68.9 ± 2.1	180.0 ± 2.2
Puente Castro	15	Div Regional Juv	16.5 ± 0.6	67.7 ± 7.1	174.6 ± 7.5
UD Salamanca	16	3ª División	20.9 ± 1.6	68.8 ± 5.1	176.1 ± 5.1
UD Salamanca	19	Div Honor Juv	18.4 ± 0.2	65.4 ± 1.3	173.5 ± 19.9
CD Santa Marta	19	Div Honor Juv	17.5 ± 0.7	68.0 ± 6.8	173.9 ± 5.4
CD La Bañeza	18	1ª Provincial Juv	16.5 ± 0.9	66.0 ± 9.3	172.3 ± 7.5
CD Peñacorada	16	2ª Provincial Juv	17.0 ± 1.0	66.6 ± 5.6	176.2 ± 7.0
Estudiantes CAFD	128	Especialidad fútbol	19.3 ± 2.2	69.9 ± 9.6	175.2 ± 8.6

Div = División; Juv = Juvenil; CAFD = Estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y Deporte.



Plantillas de los equipos de fútbol participantes en el estudio.

4.3. PROCEDIMIENTOS

4.3.1. ANÁLISIS CINEANTROPOMÉTRICO Y COMPOSICIÓN CORPORAL.

Previo a la realización de los diferentes test, a todos los futbolistas se les realizaba inicialmente un estudio cineantropométrico para, mediante toma de peso, talla, pliegues cutáneos, circunferencias y perímetros proceder a estimar su composición corporal tetracompartimental (porcentaje graso, muscular, óseo y residual) atendiendo a las metodología y ecuaciones propuestas por el ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría) y el GREC (Grupo Español de Antropometría) (Alvero et al., 2009) .

Se midió el peso corporal y la talla de cada uno de los jugadores mediante el uso de una báscula (COBOS precisión, modelo 50K150), con un rango de medición entre 0 y 150 Kg y una precisión de 20 g, y el tallímetro (Detecto, modelo D52, USA), con un rango de medición entre 60 y 200 cm y una precisión de 0.5 cm.

Se midieron los perímetros de brazo flexionado y contraído, muslo y pierna, mediante el uso de una cinta métrica inextensible (Holtain® British Indicators LTD, Inglaterra); y los diámetros biestiloideo, biepicondíleo del humero y bicondileo del fémur, utilizando un paquímetro antropómetro Holtain® (British Indicators LTD. Inglaterra) de 2 metros de longitud y 1 mm de precisión. Se procedió según la metodología ISAK a la medición de 6 pliegues cutáneos (Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo anterior y Pierna), mediante un adipómetro o compás de pliegues cutáneos modelo Harpenter® (British Indicators LTD. Inglaterra), con precisión de 0.2 mm y 10 g/cm² de presión constante en el rango de apertura de 0 a 4 mm. La estimación del porcentaje de grasa corporal se realiza mediante la Ecuación de Carter: $0,1051 * (\text{sumatorio de 6 pliegues}) + 2,58$ (Alvero et al., 2009)

Todas las mediciones del análisis cineantropométrico fueron tomadas por el mismo evaluador en todas ellas. El protocolo seguido fue realizar cada medición de pliegues, perímetros y diámetros y una vez completado fue repetido otras 2 veces utilizando como resultado de medición el valor medio de las 3. A la vez que el evaluador iba realizando las diferentes medidas, otra persona iba introduciendo los datos obtenidos en una hoja Excel diseñada especialmente para esta recogida de datos.

4.3.2. TEST PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINT (RSA).

En el presente estudio, se diseñó un test RSA para determinar el rendimiento en la capacidad para repetir sprints. Si bien es cierto que no existe un protocolo universal para evaluar esta capacidad (Glaister, 2005, 2008) parece ser que la distancia de 30 metros es significativa en el rendimiento de velocidad en fútbol (Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006) y que ocasiona fatiga si se repite intercalando breves periodos de recuperación (Pyne et al., 2008). A pesar de que la literatura muestra que con la realización de 5 o 6 sprints es suficiente para ocasionar fatiga en los sujetos, ya que no hay diferencias significativas en el rendimiento entre el 5º, 6º y 7º sprint (Chaouachi et al., 2010), el test diseñado constaba de 8 repeticiones para asegurar un descenso en el rendimiento y la aparición de la fatiga. El tiempo de recuperación seleccionado fue de 25 segundos ya que

es una recuperación ampliamente utilizada (Buchheit et al., 2010; Chaouachi et al., 2010; Kaplan, 2010).

Antes de realizar el test, los jugadores realizaban un calentamiento estandarizado de 12 minutos (carrera continua más ejercicios de movilidad articular, sin realizar estiramientos) que finalizaba con dos progresiones en la misma pista donde a continuación era realizado el test RSA. El test era realizado por un futbolista cada vez, que salía desde 0.5 metros antes de la primera fotocélula (Turki-Belkhiria et al., 2014), y debía recorrer lo más rápido posible los 30 metros; los futbolistas disponían de 25 segundos para volver trotando a la posición inicial, y se les informaba verbalmente del tiempo de recuperación restante para



Figura 9. Realización por parte de un futbolista del test RSA 8x30m con 25 s de recuperación, en el propio campo de fútbol y con su indumentaria habitual. Fotocélulas *DSD Laser System* y software *Sport Test v3.2.1*

situarse en la posición de salida 2 o 3 segundos antes del siguiente sprint (Figura 9).

Los tiempos de los diferentes sprints fueron registrados utilizando las fotocélulas *DSD Laser System* colocadas al inicio y a los 30 metros y el software *Sport test (v3.2.1)* para aumentar la fiabilidad del test (Figura 10). A la hora de configurar los parámetros en el *Sport test (v3.2.1)* se utilizó un filtro de medición de 300 para disminuir la sensibilidad de la fotocélula y que el tiempo fuese realmente el que consistía desde que el futbolista cortaba

el haz de luz en la salida hasta que traspasa la línea de llegada. La principal ventaja de este software es que durante la realización del test va registrando los datos de cada jugador por lo que un registro manual no es necesario, y éstos datos eran posteriormente transferidos al software Microsoft Excel 2010® donde se llevaba a cabo su análisis.

Durante la realización del test los sujetos portaban un pulsómetro que registraba y monitorizaba la frecuencia cardiaca con intervalos de 5 segundos (PolarTeam®. Polar® Electro Oy, Finland). Los diferentes test realizados en los diferentes estudios siempre se llevaban a cabo en la superficie habitual de entrenamiento y competición, y con el calzado y la ropa habitual de los futbolistas participantes.



Figura 10. Fotocélulas *DSD Laser System* y software *Sport Test v3.2.1*

De entre todos los parámetros existentes para la determinación del rendimiento en el test RSA, en este trabajo se han seleccionado cuatro valores absolutos y dos índices de fatiga:

Medición de valores absolutos:

- ✓ Tiempo Total empleado en los 8 sprints (RSA_{total}) (Chaouachi et al., 2010).
- ✓ Tiempo Medio de los 8 sprints (RSA_{media}) (Buchheit, 2012a; Impellizzeri et al., 2008)
- ✓ Mejor tiempo de los 8 sprints (RSA_{mejor}) en los diferentes sprints (Buchheit, 2012a).
- ✓ Peor tiempo de los 8 sprints (RSA_{peor})

Índices de fatiga utilizados:

- ✓ Porcentaje que decrece la puntuación S_{dec} (Buchheit et al., 2010; Dawson et al., 1997; Mujika et al., 2009; Pyne et al., 2008).

$$S_{dec} = \left(\left(\frac{TT}{(\text{mejor sprint} \times n^{\circ} \text{repeticiones})} \right) \times 100 \right) - 100.$$

- ✓ Diferencia entre el primer y el último sprint (Pyne et al., 2008).

$$Change = 100 \left(\frac{\text{ultimo sprint} - \text{primer sprint}}{\text{primer sprint}} \right)$$

4.3.3. PRUEBA EROGESPIROMETRICA MÁXIMA EN TAPIZ RODANTE.

En diferentes estudios de este trabajo se realizó un test ergoespirométrico con análisis de gases espirados (Medisoft®) en Tapiz rodante (Cosmos®) que atendió a un protocolo en rampa, triangular, progresivo, continuo y máximo, comenzando con una velocidad de 8 km·h⁻¹ y con incrementos de 1 km·h⁻¹ cada minuto y pendiente constante del 1% hasta el agotamiento o extenuación manifestado este como el momento en que no se podía mantener la velocidad de carrera correspondiente (Chamari et al., 2005; Ferrari Bravo et al., 2008). Los criterios de maximalidad seguidos para validar el mismo fueron que el jugador alcanzara la frecuencia cardiaca máxima teórica (220-edad), el que la relación de intercambio respiratorio (RER) fuera > 1.15, el mantener un consumo de oxígeno máximo en una meseta (Midgley, Carroll, Marchant, McNaughton, & Siegler, 2009; Midgley et al., 2007). Se consideró como consumo de oxígeno máximo el alcanzado durante la meseta de 1 ó 2 minutos, o bien cuando no seguía este comportamiento, y una vez alcanzados los otros criterios de maximalidad, el correspondiente al consumo de oxígeno máximo pico (o mayor consumo de oxígeno obtenido en el último minuto del test o en el momento justo antes de abandonar el Tapiz por llegar a la extenuación). Los jugadores mediante una mascarilla ajustada a sus facciones y cabeza estaban conectados durante toda la prueba a un neumotacógrafo para evaluar la ventilación, y éste mediante 2 sondas capilares aspiradoras de contacto aéreo a un analizador de gases espirados (O₂ y CO₂) respiración a respiración (Medisoft®) con monitorización continua electrocardiográfica de 12 canales (Medcard®), además de portar una banda pectoral para registro telemétrico de la frecuencia cardiaca (PolarTeam®. Polar® Electro Oy, Finland) (Figura 11).



Figura 11. Futbolista realizando prueba de esfuerzo ergoespiométrica con monitorización ventilatoria, de análisis de gases (Medisoft) y electrocardiográfica en tapiz rodante (Cosmos), en el Laboratorio de valoración de la condición física (VALFIS) del Dpto. de Educación Física y Deportiva, adscrito al Instituto de Biomedicina (IBIOMED) de la Universidad de León.

Previo a su utilización en cada uno de los test de esfuerzo el aparato era calibrado, para lo cual se disponía de una jeringa de 3 litros (Hans Rudolph®. Modelo 3800. Kansas. USA) y bombona con mezcla de gases (G5512 5.04% CO₂ y 11.87% O₂. Airliquide), acoplada a un manorreductor (Gloor®. Switxderland). Durante la prueba, al final de cada minuto, a los futbolistas se les preguntaba el nivel de esfuerzo percibido a través de la escala de Borg de 1 a 10 (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004).

En el laboratorio eran citados con tiempo suficiente para recordarles y familiarizarse con el funcionamiento de la prueba (andar y correr en el Tapiz) y realizar un calentamiento. Trascurrido este tiempo volvían y se les dejaba familiarizarse con el Tapiz rodante primero andando, a una velocidad aproximada de 3-4 km·h⁻¹, y después corriendo a una intensidad suave, unos 8-9 km·h⁻¹ a elección del jugador para que se familiarizasen con la manera de correr en el propio Tapiz, así como para ensayar la forma de salirse del mismo una vez no pudiesen mantener la intensidad de carrera. El calentamiento consistía en unos ejercicios de movilidad estándar antes de subir al tapiz, y correr durante 8 ± 2 minutos al 60 ± 10% de la frecuencia cardiaca máxima teórica (HRmaxT).

Las variables directas o parámetros obtenidas en la prueba fueron el tiempo de esfuerzo, la velocidad de carrera (km·h⁻¹), el consumo de oxígeno (VO₂), la producción de dióxido de carbono (VCO₂), la ventilación (VE), la frecuencia cardiaca (HR), las presiones *end-tidal* del oxígeno y dióxido de carbono (PETO₂ y PETCO₂). Las variables o parámetros derivadas monitorizados continuamente fueron la relación de intercambio respiratorio o RER

(VCO_2/VO_2), los equivalentes ventilatorios para el oxígeno y el dióxido de carbono (VE/VO_2^{-1} y VE/VCO_2^{-1}), y el pulso de oxígeno (HR/VO_2) en cada uno de los estadios del test.

Tras finalizar el test y tras 3 minutos de recuperación a $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (excepto los primeros 25 ± 5 segundos que es el tiempo estimado en alcanzar por el tapiz rodante los $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ desde la velocidad máxima que supuso la extenuación del futbolista), en los que también se monitorizó todas las variables, se procedió mediante el software Medisoft a identificar las intensidades de esfuerzo correspondientes a los umbrales ventilatorios aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), atendiendo a criterios ventilatorios ergoespirométricos (Cottin et al., 2007) de incremento de la VE y del aumento del VE/VO_2^{-1} sin el aumento del VE/VCO_2^{-1} para el VT1 (además de alcanzarse una estabilización de las $PETO_2$ y $PETCO_2$), y un segundo incremento exponencial de la ventilación, acompañado de un incremento del VE/VO_2^{-1} con un incremento paralelo del VE/VCO_2^{-1} para hallar el VT2 (además del momento en que se reduce la $PETCO_2$ y se incrementa la $PETO_2$).

En cada prueba de esfuerzo como mínimo participaron 2 evaluadores cada uno de los cuales tenían unos cometidos concretos respecto de controlar la colocación y calibración correcta del material (pulsómetro, electrocardiógrafo, mascarilla, neumotacógrafo, analizador de gases,...) y de seguimiento del protocolo de la prueba y controlar la información monitorizada del analizador de gases. Posteriormente ambos evaluadores a la vez procedían a la identificación de los valores máximos y umbrales atendiendo a los protocolos referidos.

4.3.4. TIVRE-FÚTBOL®.

El Test Interválico para la Valoración de la Resistencia Específica del Fútbol TIVRE-Fútbol® (test de campo triangular, discontinuo, incremental o progresivo y máximo) fue diseñado en el Grupo de Investigación "VALFIS" (García-López et al., 2003) para conocer no sólo los metros recorridos (y poder estimar el consumo de oxígeno máximo en función del número de escalones completados o del número de metros recorridos en el test, al igual que otros test de campo como Course-Navette o Yo-Yo test), sino también, y a diferencia de estos 2 test de campo) identificar el posible umbral anaeróbico en esfuerzos interválicos (Umbral Anaeróbico Interválico) (García-López et al., 2004) y sobre todo determinar el porcentaje de recuperación en los 30 segundos de recuperación que se dispone tras cada uno de los intervalos progresivos de esfuerzo, pudiendo promediarse el

porcentaje de recuperación antes y después de la intensidad identificada como Umbral Anaeróbico en esta metodología. Es decir, el objetivo del test TIVRE es obtener una valoración integral de la cualidad aeróbica (capacidad aeróbica, resistencia aeróbica y recuperación del esfuerzo).

El TIVRE-Fútbol® (www.dsd.es) pretende simular el tipo de esfuerzo de las disciplinas de tipo acíclico donde la intensidad de la carga no es continua, donde se alternan esfuerzos muy intensos anaeróbicos con otros de menor intensidad de tipo aeróbico y donde se realizan desplazamientos (cambios de dirección) que intentan simular a los que se dan en un partido de fútbol.

Para la realización universal y estandarizada se utilizó el software del test TIVRE-Fútbol® (www.dsd.com; (Garcia-Lopez et al., 2003)) que controla con precisión el ritmo de carrera, emitiendo estímulos sonoros (pitidos/beeps) que, amplificados mediante altavoces, permiten al jugador regular su velocidad de desplazamiento, debiendo coincidir el cono o baliza correspondiente con cada uno de los estímulos sonoros (pitidos/beeps) emitidos durante los sucesivos y progresivos intervalos que integran este test maximal. Para ello se utiliza un campo de fútbol convencional, que no tiene que atender a unas medidas específicas, ya que para la colocación del recorrido se tomara como referencia el círculo del centro del campo, medida estándar en todos los campos de fútbol (Figura 12).

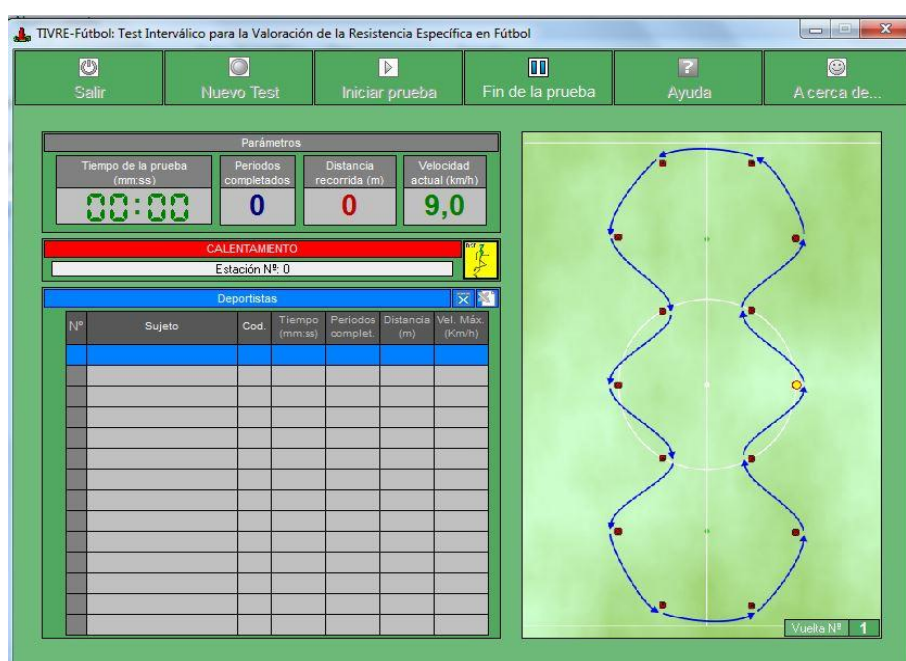


Figura 12. Colocación balizas y software para realizar el test TIVRE-Fútbol® tomando como referencia el círculo del centro del campo.

Se precisa de 14 balizas que distan cada uno de ellas 9.15 metros y están ubicadas tomando como referencia el círculo del centro del campo. Estas 14 balizas permiten ser referencia para que puedan realizarlo simultáneamente 14 jugadores, marcadas mediante conos de 50 cm de altura para indicar el recorrido a efectuar por el futbolista y de esta manera evitar que pasase sobre los conos y obligarle a rodearlos. Para una correcta recogida de resultados, uno de los evaluadores de la prueba procedía a anotar en una plantilla registro los resultados obtenidos por los jugadores en el propio test.

Previamente a la realización del test de campo TIVRE-Fútbol® todos los futbolistas con su indumentaria deportiva (incluida sus botas de fútbol) realizaron un protocolo de familiarización con el test, que servía así mismo de calentamiento para la realización del test. También se instruía a los futbolistas para que registraran, en una planilla ubicada en su baliza de inicio y final del intervalo o intensidad de ejercicio, la percepción subjetiva de esfuerzo alcanzada inmediatamente tras finalizar cada intervalo de ejercicio atendiendo a la escala de Borg de 1 a 10 (Day et al., 2004), así como el grado de recuperación pasiva del esfuerzo (el futbolista ha de permanecer en bipedestación al lado de la baliza durante los 30 segundos de recuperación) mediante la escala TQR (Kentta & Hassmen, 1998) justo al finalizar el periodo de recuperación y unos 2 segundos antes de comenzar el siguiente intervalo de esfuerzo (Figura 13).



13/10/2011

Nombre: <u>LUIS RUIZ (A RAMERA)</u>				TIVRE		
RPE		TQR		RPE	TQR	
0	NO ESFUERZO	6		1	05	17
0.5	MUY MUY FACIL	7	RECUPERACION MUY MUY POBRE	2	05	17
1	MUY FACIL	8		3	2	16
2	FACIL	9	RECUPERACION MUY POBRE	4	4	15
3	MODERADO	10		5	6	13
4	ALGO DURO	11	RECUPERACION POBRE	6	7	10
5	DURO	12		7	7	8
6		13	RECUPERACION RAZONABLE	8	8	5
7	MUY DURO	14		9	10	
8		15	BUENA RECUPERACION	10		
9	MUY, MUY DURO	16		11		
10	MAXIMO	17	MUY BUENA RECUPERACION	12		
		18		13		
		19	MUY MUY BUENA	14		
		20		15		
				16		
				17		
				18		
				19		
				20		

Figura 13. Registro de la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE, escala de Borg 1-10) y de la percepción de recuperación al esfuerzo (escala TQR) durante el test TIVRE-Fútbol® y planilla donde los futbolistas las registran

Las condiciones estandarizadas y requeridas para la realización del test TIVRE-fútbol atendieron a los siguientes criterios:

- 1- Calentamiento: Previo al inicio de la prueba todos los jugadores realizaban un calentamiento de carácter general, finalizando el calentamiento con una vuelta al recorrido del test que permitía una familiarización con el mismo.
- 2- Estado físico óptimo: Los jugadores de acuerdo con el equipo técnico no debían de realizar y soportar una carga de trabajo muy exigente el día anterior con el objeto de garantizar que se encontraban en buenas condiciones para el desarrollo de una prueba maximal.
- 3- Horario: Todos los test se realizaban en las horas de entrenamiento de los diferentes equipos.
- 4- Descansos: Se instruía a los jugadores en que debían dormir al menos 8 horas durante la noche anterior.
- 5- Condiciones de salud: Para la realización de la prueba todos los jugadores debían estar sin lesión alguna ni padecer enfermedad ni infección alguna que condicionase su posterior rendimiento. Tampoco podían ni debían tomar ningún medicamento que influyese en la frecuencia cardiaca o en ninguna variable monitorizada durante la prueba.
- 6- Motivación: Con objeto de favorecer y llegar a la maximalidad de la prueba todos los jugadores eran motivados por el preparador físico del equipo, así como por los evaluadores. Igualmente los entrenadores del equipo estaban presentes para mantener esta motivación extrínseca.
- 7- Periodo inicio progresivo: El TIVRE-Fútbol® se iniciaba a velocidad de trote (Periodo 9, correspondiente a una velocidad de $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) para que los jugadores se adapten al test además de pretender garantizar un correcto calentamiento específico y con el objeto de obtener una correcta progresión en el comportamiento de la frecuencia cardiaca completando con el mayor número de intervalos de esfuerzo completados.
- 8- Evitar sobrecargas: De forma alternativa en cada intervalo de esfuerzo era realizado en el sentido contrario al anterior con el objeto de evitar sobrecargas articulares con respecto a las acciones sobre las balizas.

9- Recuperación del esfuerzo: La recuperación del esfuerzo será pasiva de 30 segundos de pie entorno al cono o baliza de inicio y finalización del recorrido.

10-Recuperación del test: La recuperación llevada a cabo una vez finalizado el test, será una recuperación activa durante 3 minutos andando (aproximadamente a $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) alrededor del campo de fútbol.

Proceder metodológico del TIVRE-Fútbol®: El test se debe realizar sobre el propio campo de entrenamiento previamente balizado, con la indumentaria y botas del jugador, los cambios de dirección deben disponerse de manera que no se modifique de manera excesiva el estilo de la carrera, y se ha de portar un pulsómetro que registre y monitorice la frecuencia cardiaca durante el transcurso de la prueba con un intervalo de 5 segundos. (PolarTeam®. Polar® Electro Oy, Finland). Posteriormente los datos se introducían en el ordenador descargándolos directamente sobre el interface del PolarTeam® a través del ProTrainer 5® V5.40.171 donde se podía obtener el registro gráfico y observar la evolución de la frecuencia cardiaca en las diferentes intervalos de esfuerzo del test.

La prueba ha de comenzar ubicando a cada jugador en una baliza o cono de las 14 existentes en el circuito, en la posición que determina la misma, sirviéndole de referencia de inicio/final del recorrido de cada intervalo de esfuerzo (Figura 14). El test tiene una longitud de 128.1 metros en cada una de sus vueltas siendo necesario realizar 2 vueltas para completar un intervalo de esfuerzo (256.2 m). A la finalización de cada intervalo de esfuerzo los sujetos disponen de 30 segundos de recuperación pasiva antes de iniciar el siguiente, con el consiguiente aumento de velocidad en $0.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Aunque el test puede comenzar desde el intervalo 1 (velocidad = $4.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), en este trabajo con jugadores de fútbol se estandarizó iniciarlo siempre en el intervalo 9 ($9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). De tal forma que los jugadores habrán de completar intervalos de velocidad progresivamente mayor hasta el



Figura 14. Futbolistas realizando el test TIVRE-Fútbol® en su campo habitual de entrenamiento y con la indumentaria habitual.

momento en que no puedan seguir el ritmo marcado llegando a los conos o balizas de 3 señales acústicas consecutivas que emite el ordenador, instante en el cual el evaluador instará, si no lo hace el propio futbolista, a finalizar el test procediéndose a anotar el cono o baliza y recorrido de abandono o finalización para determinar los metros recorridos.

La concepción o diseño del TIVRE-Fútbol® (García-Lopez et al., 2003; Villa, García-López, Morante, & San Román, 2000), se fundamenta en el análisis del comportamiento progresivo hasta el máximo de la frecuencia cardiaca, de forma similar a la empleada en el test continuo de Conconi (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, & Codeca, 1982), pero con incrementos de $0.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 256.2 metros, si bien éste es discontinuo (pausas de 30 segundos)

La realización de este test triangular, discontinuo, incremental o progresivo y máximo (TIVRE-Fútbol®) pretende y permite identificar el punto de inflexión en la relación velocidad de carrera y la frecuencia cardiaca mayor en cada uno de los intervalos de esfuerzo de este test discontinuo (Tokmakidis, Leger, Mercier, Peronnet, & Thibault, 1987; Vachon, Bassett, & Clarke, 1999). Sin embargo, al tener el mismo fundamento que el Test de Conconi para valorar el umbral anaeróbico, no está exento este test de campo de la mayoría de las críticas vertidas para éste; si bien estas pueden agravarse aún más por su carácter interválico (Vaquera et al. 2007).

Metodología de identificación del umbral anaeróbico: La identificación del umbral anaeróbico en el registro de frecuencia cardiaca cada 5 segundos obtenido por el pulsómetro se hizo atendiendo a la metodología observacional propuesta por Probst (1989) y matemática propuesta por (García-Lopez et al., 2003) basada en Tomakidis y Leger (1988), en la que se traza las rectas tangentes que pasen por el mayor número de frecuencias cardiacas máximas de cada intervalo y se determina el punto de inflexión en el que se rompe la linealidad en la progresión de la recta en el registro de la frecuencia cardiaca en función de la velocidad de desplazamiento (Conconi et al., 1982; García-Lopez et al., 2003) a través de un software específico (ProTrainer 5® V5.40.171, Polar® Electro Oy, Finland). Este procedimiento fue realizado por dos investigadores, consultándose la opinión de un tercero cuando no hubo coincidencia en el análisis del mismo. Habida cuenta de que para su proceder en la trayectoria de la tangente sólo se utilizaba la HR_{\max} de cada intervalo, lo que hace que solo se utilicen un mínimo de 8 y un máximo de 20 puntos, es por lo que en este trabajo se ha preferido denominar al momento de inflexión como la

intensidad (HR o velocidad de desplazamiento) correspondiente al Umbral Anaeróbico Interválico (Figura 15). tal y como recientemente se ha publicado por el grupo de investigación en un test similar aplicado a jugadores de baloncesto (Vaquera, Villa, Morante, Thomas, Renfree, & Peters, 2015).

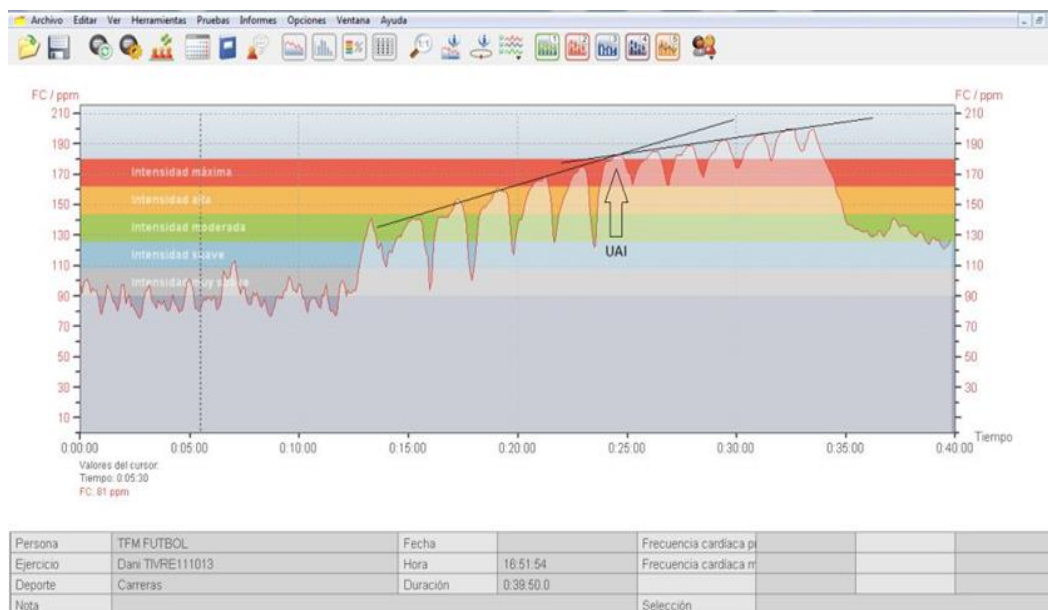


Figura 15. Identificación del umbral anaeróbico “interválico” (UAI) mediante el test TIVRE-Fútbol y el software ProTrainer 5 V5.40.171 utilizando la metodología de la inflexión de la frecuencia cardiaca (Conconi, 1982; 1996; Probst, 1989; García-López y et al., 2003)

4.3.5. YO-YO TEST DE RECUPERACIÓN INTERMITENTE.

Tradicionalmente, la capacidad de un atleta se ha evaluado mediante pruebas de esfuerzo continuas, incluyendo el *shuttle-run test*, (Leger & Lambert, 1982) una prueba de carrera para estimar la potencia aeróbica máxima (VO_{2max}). Sin embargo, la relevancia de estas pruebas a los deportes intermitentes ha sido cuestionada (Krustrup, Mohr, Nybo, et al., 2006), llevando al desarrollo de un test específico para la valoración de estos deportistas, el test Yo-Yo de recuperación intermitente (Yo-Yo IR) (Krustrup et al., 2003), convirtiéndose en una de las pruebas más utilizadas en los deportes intermitentes, debido a su especificidad y practicidad (Bangsbo et al., 2008).

En un principio se llevó a cabo el diseño de diferentes protocolos de test Yo-Yo:

- Yo-Yo de resistencia: cuya finalidad es determinar el consumo máximo de oxígeno, con un protocolo similar al Course Navette.

- Yo-Yo de resistencia intermitente: cuya finalidad es medir la capacidad de resistencia intermitente (Bradley et al., 2011).
- Yo-Yo de recuperación intermitente: cuya finalidad es medir la capacidad de recuperación ante esfuerzos intermitentes progresivos (Krustrup et al., 2003).

A su vez cada uno de los test consta de dos niveles (Nivel 1 y Nivel 2) indicados en función del nivel de condición física de los participantes, si bien es cierto que el nivel 1 parece estar más determinado por el componente aeróbico y el nivel 2 por el componente anaeróbico (Rampinini et al., 2010). Concretamente en los estudios que así lo requerían en este trabajo se utilizó Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1.

El test de recuperación intermitente Yo-Yo nivel 1 (que fue el utilizado durante esta tesis) consiste en recorrer 2 x 20 m que se ejecutan en ida y vuelta, terminando en la línea de inicio, aumentando la velocidad progresivamente controlada por la emisión de pitidos/beeps (Bangsbo et al., 2008). En la figura 16 podemos observar las velocidades y distancia recorrida en cada palier. Entre cada palier de ida y vuelta los sujetos tienen un periodo de 10-s de descanso activo, que consta de 2 x 5 m de *jogging*. Cuando los sujetos en dos ocasiones no han logrado llegar a la línea correspondiente con el pitido, la distancia recorrida se registra y representa el resultado de la prueba, dándose por finalizado el test.

TABLA YOYO				
Stage	Speed level	Speed (km/h)	Shuttles (2 x 20m)	Dist.
1	5	10.0	1	40
2	8 (9)	11.5 *	1	80
3	11	13.0	2	160
4	12	13.5	3	280
5	13	14.0	4	440
6	14	14.5	8	760
7	15	15.0	8	1080
8	16	15.5	8	1400
9	17	16.0	8	1720
10	18	16.5	8	2040
11	19	17.0	8	2360
12	20	17.5	8	2680
13	21	18.0	8	3000
14	22	18.5	8	3320
15	23	19.0	8	3640

Figura 16. Velocidades, distancias y palier del Yo-Yo de recuperación intermitente Nivel 1. (Krustrup et al., 2003).

La prueba se realizó en el campo habitual de entrenamiento con el calzado y la indumentaria habitual, señalizando las diferentes distancias por balizas o conos, con una calle para cada participante con una anchura de 2 m y una longitud de 20 m. Otro cono colocado 5 m detrás de la línea de meta marcada la distancia recorrida durante el período de recuperación activa. Antes de la prueba, todos los sujetos realizaron un período de calentamiento estandarizado que consiste en ejercicios de movilidad articular y realizar los primeros cuatro episodios de funcionamiento en la prueba (Krustrup et al., 2003). Durante la realización del test se disponía de una plantilla donde se anotaba el nombre de cada sujeto así como la codificación del pulsómetro correspondiente; además esta planilla servía para saber en cada momento la distancia y el palier en el que se encontraba cada jugador, anotando en ella la distancia y el palier en el que se daba por finalizado el test, identificando este como aquel en el que el sujeto estaba exhausto o cuando no llegaba a la línea en el pitido correspondiente (Krustrup et al., 2003).

4.3.6. COURSE NAVETTE.

Test indirecto, progresivo, continuo y maximal (hasta agotamiento) que estima el $VO_2\text{max}$ en función del número de recorridos de ida y vuelta sobre una distancia de 20m efectuados sobre una pista, muy utilizado en deportes colectivos en general (Bosquet, Leger, & Legros, 2002) y también en el fútbol en particular (Aziz et al., 2007). Consiste en recorrer la distancia de 20 metros ininterrumpidamente, al ritmo que marca una grabación con el registro del protocolo correspondiente. Al oír la señal de salida el ejecutante, tendrá que desplazarse hasta la línea contraria (20 metros) y pisarla esperando oír la siguiente señal. Se ha de intentar seguir el ritmo de la grabación que progresivamente ira aumentando el ritmo de carrera. Se repetirá constantemente este ciclo hasta que no pueda pisar la línea en el momento en que le señale el test. Cada periodo rítmico se denomina "palier" o "periodo" y tiene una duración de 1 minuto, siendo la velocidad inicial de $8.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ incrementándose en $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en cada palier. El resultado se puede valorar en la tabla con la baremación correspondiente. Cada vez que suena la señal el sujeto debe encontrarse en uno u otro extremo del trazado de 20 m. Los datos registrados durante el test son la frecuencia cardiaca (tanto durante la realización del mismo como durante la recuperación), la distancia recorrida y el palier completado.

En función de la velocidad máxima alcanzada (V) y la edad en años (E) del futbolista se estima el consumo máximo de oxígeno atendiendo a la ecuación:

$$VO_2\text{max} = 31.025 + (3.238 \times V) - (3.248 \times E) + (0.1536 \times V \times E) \text{ (Leger et al., 1988).}$$

4.3.7. TEST DE SALTO.

La altura del salto fue evaluada usando el dispositivo de salto vertical (Globus Ergo System®). Para evaluar la potencia explosiva de las extremidades inferiores, los futbolistas realizaban dos saltos (Bosco, Colli, Bonomi, Von Duvillard & Viru, 2000): *Squat Jump* (SJ) y salto con contramovimiento o *Contra Mouvement Jump* (CMJ). SJ fue realizado con una posición inicial con las rodillas flexionadas a 90° y las manos en la cadera. Desde esta posición los futbolistas realizaron un salto máximo aterrizando con las rodillas rectas en el tapete. El CMJ se realiza de pie con las piernas estiradas y se realiza el salto a partir de un movimiento contrario hacia abajo hasta bajar a un ángulo de 90° en las rodillas. Colocamos las manos en las caderas durante el salto para evitar cualquier efecto de brazo. El SJ se diferencia del CMJ por el hecho de que la posición de partida está en reposo y un contramovimiento rápido se lleva a cabo (ciclo de estiramiento-acortamiento) antes del despegue. La altura del salto fue determinada en base al tiempo de vuelo. Cada jugador realiza 2 saltos intercalados con 1 minuto de descanso entre cada salto. La altura de los saltos se midió en cm, y fue seleccionado el mejor salto de cada modalidad.

4.3.8. REGISTRO DE LA FRECUENCIA CARDIACA MEDIANTE LA UTILIZACION DE LOS PULSOMETROS.

En los diferentes test realizados dentro de este trabajo de investigación, así como en aquellas sesiones dentro de las intervenciones diseñadas que lo precisasen, se utilizaron pulsómetros PolarTeam® (Polar® Electro Oy, Finland), para monitorizar la frecuencia cardiaca de los jugadores de fútbol y el software Polar Pro Trainer 5® (Figura 17).

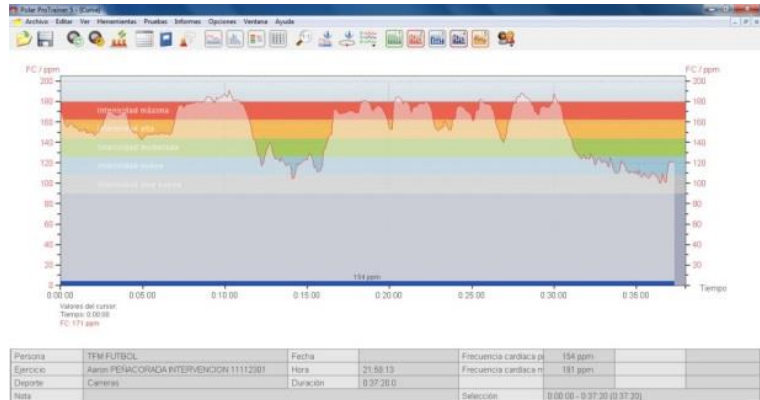


Figura 17. Interface Polar Team® mediante la cual se transferían los datos de frecuencia cardiaca registrados cada 5 segundos para su posterior análisis con el software Polar Pro Trainer 5.

Los PolarTeam® son pulsómetros codificados que a diferencia de los tradicionalmente usados están adaptados para los deportes de equipo y no es necesario el uso del reloj de muñeca ya que toda la información se almacena en la cinta del pulsómetro. Al evitar el uso del reloj de muñeca y poder colocarse la cinta en el pecho se facilita su uso en deportes de contacto como puede ser el fútbol. Su memoria le permite almacenar 11 horas de registros de frecuencia cardiaca cada 5 segundos. Para ello han de estar cargados en un interface para 10 pulsómetros que sirve para cargar o mantenerlos cargados además de para transferir los datos de las 10 cintas o pulsómetros, a su software específico (ProTrainer 5® V5.40.171 Polar® Electro Oy, Finland).

La utilización de estos pulsómetros no interfiere para nada en el normal desarrollo del juego por parte de los jugadores así como no presentan ninguna amenaza para la integridad del resto de jugadores ante un posible contacto. Antes de la realización de los diferentes test a todos los jugadores se les hacía partícipes del conocimiento del manejo del pulsómetro. Antes del inicio del calentamiento, se colocaba a todos los participantes el pulsómetro para la obtención del registro de pulsaciones cada 5 segundos. El emisor de frecuencia se colocaba en el pecho, a la altura del apéndice xifoides, sin interferir en el desarrollo gestual del juego. Para colocarlo correctamente y de forma que la cincha no molestase o no se moviese se instaba a los jugadores a que lo ajustasen en inspiración máxima observando el evaluador si quedaba activado (con una luz verde parpadeando en el emisor o receptor pectoral). Para facilitar el registro se humedecían previamente con agua los electrodos pectorales.

Del mismo modo, los jugadores recibían una serie de recomendaciones sobre el uso de los pulsómetros con el objeto de una mejor utilización de los mismos. Así en el caso de que al jugador le molestase el pulsómetro o que al jugador se le cayese el pulsómetro por cualquier razón, reportaría inmediatamente a cualquiera de los evaluadores para que este intentase acoplárselo de la mejor manera posible. También se indicaba y controlaba que los jugadores no se quitasen el pulsómetro hasta transcurridos 3 minutos de la prueba, y que tenía que ser uno de los evaluadores el que procediese a retirárselo. Los pulsómetros estaban numerados para tener un mejor control e identificación de los futbolistas

Tras finalizar la prueba, eran retirados y secados de sudor y humedad con una toalla y posteriormente almacenados en su interface, cada uno de ellos en su ranura y con la numeración identificativa hasta su posterior transferencia a través del software. Las cintas plásticas pectorales se guardaban en bolsas para su posterior limpieza y lavado con agua tibia y con jabón neutro previo a su secado. Los datos se descargaban directamente a través del interface Polar Team® y se tenía acceso a estos datos a través del Software ProTrainer 5® V5.40.171 donde se podía observar y analizar el registro de la frecuencia cardiaca de los jugadores en las diferentes situaciones donde se monitorizaba a los jugadores mediante el propio software.

En algunas ocasiones los registros obtenidos presentaban comportamientos atípicos con registros puntuales mayores a los razonables (picos), problemas descritos en el manual y referidos a las interferencias electrocardiográficas captadas por el pulsómetro. Si esto ocurría en un registro de tal forma que la frecuencia cardiaca del jugador constaba de 5 picos o más, y de gran duración (mayor de 1 minutos de duración), o cuando su posible corrección generaba dudas sobre su HR_{max} éste registro era desechado. Sin embargo si esto ocurría con varios picos o cuando la corrección de los mismos no generaba dudas sobre la frecuencia cardiaca real, se procedía a suavizar la curva de frecuencia cardiaca con la utilidad propia del software ProTrainer 5® V5.40.171 a tal efecto, estos registros se consideraban válidos. Los datos obtenidos eran analizados y almacenados en una hoja Excel donde se iba registrando la evolución de los jugadores en los diferentes momentos en los que se utilizaban los pulsómetros reflejando la frecuencia cardiaca máxima y media de cada jugador.

En los registros obtenidos al realizarse el test de campo TIVRE-Fútbol® se procedió a analizar en cada intervalo del test los correspondientes valores de frecuencia cardiaca

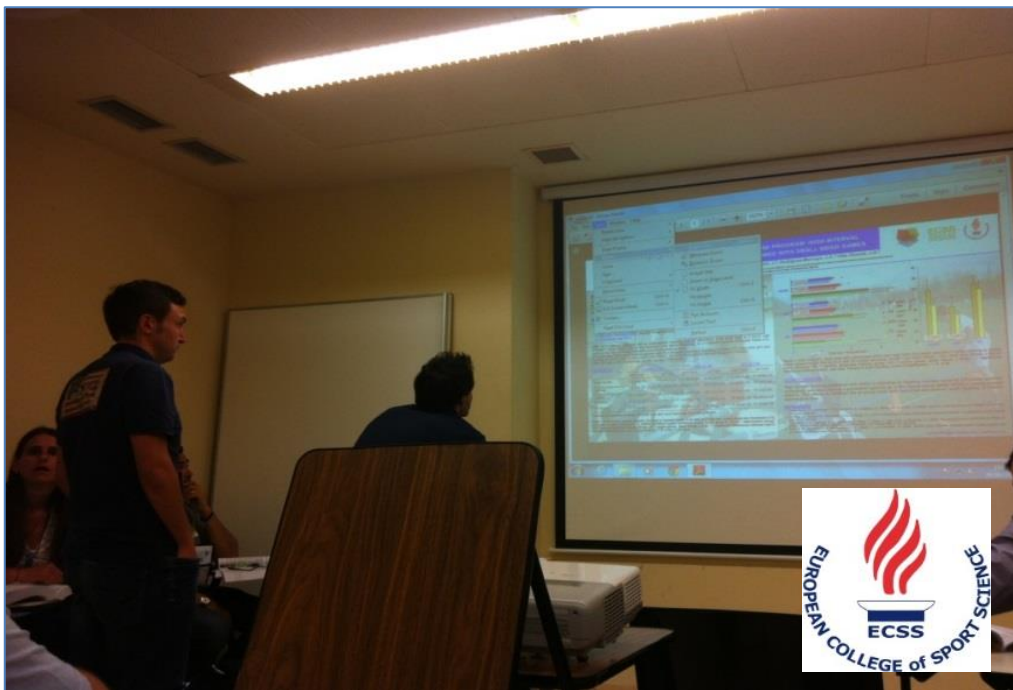
máxima, media y mínima además del porcentaje de recuperación. Para determinar el porcentaje de recuperación de cada intervalo de esfuerzo completado se aplica la siguiente ecuación, una vez identificados de manera correcta tanto la frecuencia cardiaca máxima como la mínima.

$$\% \text{ Rec} = (\text{HR}_{\text{med}} - \text{HR}_{\text{min}}) \times 100 / \text{HR}_{\text{med}}$$

Además en el análisis de la frecuencia cardiaca registrada se establecieron criterios metodológicos para emplear en cada uno de los intervalos de todos los test TIVRE-Fútbol®. Para identificar la frecuencia cardiaca máxima de cada intervalo se procedía a visualizar si su comportamiento era de tipo “pico” o “meseta” (Midgley et al., 2009) En el caso de ser de tipo pico, entendido como una evolución progresiva continúa sin tendencia alguna a estabilizarse durante el esfuerzo del intervalo, se consideraba como HR_{max} aquel registro máximo progresivo registrado en los últimos 10 s. En el caso de comportarse como “meseta” en el tiempo (15 a 25 s) con comportamiento ascendente, descendente o mixto, se consideraba como HR_{max} la correspondiente al valor medio de esa selección.

La identificación de la frecuencia cardiaca mínima se entendía como el valor correspondiente al registro inferior obtenido en la fase de recuperación del intervalo previa al siguiente intervalo de esfuerzo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DE LA CUALIDAD AERÓBICA, ENTRENAMIENTOS ESPECÍFICOS Y EL DESENTRENAMIENTO EN LA CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS (RSA) EN FÚTBOL



Comunicación de uno de los estudios derivados de esta tesis doctoral en el 18th Annual Congress of the European College of Sport Science. Barcelona 2013. Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Rodríguez Marroyo, J.A., & Villa Vicente, J.G. (2013). Evaluation of exercise program: high interval aerobic training combined with small sided games. En N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, J. Cadefau, R. Tarragó, E. Tsolakidis, (Ed.), Book of abstracts 18th Annual Congress of the European College of Sport Science. (p. 426) Barcelona, Spain: National Institute of Physical Education of Catalonia.

Atendiendo a la metodología referida, a continuación se presentan 10 estudios experimentales cuyos resultados y discusión pretenden dar respuesta a los objetivos generales y específicos planteados:

5.1. RELACIÓN ENTRE LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y EL RENDIMIENTO EN LA HABILIDAD DE REPETIR SPRINTS.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Rodríguez Marroyo, J.A., Morante-Rábago, J.C., Ogueta Alday, A. & Villa Vicente, J.G. (2013). Influence of aerobic capacity in recovery and influence of recovery capacity in RSA test. En N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, J. Cadefau, R. Tarragó, E. Tsolakidis, (Ed.), *Book of abstracts 18th Annual Congress of the European College of Sport Science*. (p. 579) Congreso llevado a cabo en National Institute of Physical Education of Catalonia Barcelona, Spain.

5.2. INFLUENCIA DE LA EDAD EN LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y LA HABILIDAD PARA REPETIR SPRINTS EN JUGADORES DE FÚTBOL DE UNA MISMA CATEGORIA.

Rodríguez-Fernández, A., Carretero, M., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2015). Influencia de la edad y relación entre cualidad aeróbica, recuperación y RSA en jóvenes futbolistas. En S. Sedano, / *Congreso Nacional de preparación física en fútbol*. Congreso llevado a cabo en Valladolid, España.

5.3. INFLUENCIA DEL NÚMERO DE HORAS SEMANALES DE ACTIVIDAD FISICO-DEPORTIVA Y LA COMPOSICION CORPORAL EN TEST RSA.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2013). Influencia del número de horas semanales de actividad físico-deportiva y de la composición corporal en el rendimiento en test RSA. En J.A. González Badillo, y J.A. López Calbet, *II Simposio Internacional en Avances en Ciencias del Deporte*. Simposio llevado a cabo en Sevilla, Andalucía, España.

5.4. EFECTOS DE COMBINAR LOS SMALL SIDED GAMES Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO DE ALTA INTENSIDAD EN LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACION Y LA HABILIDAD DE REPETIR SPRINTS.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Rodríguez Marroyo, J.A., & Villa Vicente, J.G. (2013). Evaluation of exercise program: high interval aerobic training combined with small sided games. En N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, J. Cadefau, R. Tarragó, E. Tsolakidis, (Ed.) *Book of abstracts 18th Annual Congress of the European College of Sport Science*. (p. 426) Congreso llevado a cabo en National Institute of Physical Education of Catalonia Barcelona, Spain.

5.5. EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA HABILIDAD DE REPETIR SPRINTS (RSA) SEGÚN EL MOMENTO DE LA TEMPORADA Y EN FUNCIÓN DE LA DEMARCACIÓN EN JÓVENES FUTBOLISTAS.

Rodríguez-Fernández, A, Sánchez-Sánchez, J, Villa, JG. Evolución del rendimiento en la habilidad de repetir sprints (RSA) según el momento de la temporada y en función de la demarcación en jóvenes futbolistas. *Revista preparación Física en Fútbol*, 10: 13-23, 2013

5.6. ANALIZAR LA INCIDENCIA DE UN PROGRAMA DE FLEXIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE VELOCIDAD.

Rodríguez-Fernández, A, Sánchez, J, Rodríguez-Marroyo, JA, Villa, JG. (2015). Effects of seven weeks of static hamstring stretching on flexibility and sprint performance in young soccer players according to their playing position. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2015 Mar 13 [EPUB ahead of print] ISSN 0022-4707. Online ISSN 1827-1928

5.7. EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN JUEGOS REDUCIDOS (SSGS) EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONDICION FISICA.

Rodríguez-Fernández, A, Sánchez-Sánchez, J, Casamichana Gómez, D, Rodríguez-Marroyo, J A, Villa Vicente, J G. Enviado a *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Effect 5-weeks pre-season training with small-sided game in RSA according to physical fitness. *Proceso de revisión*. ISSN 0022-4707. Online ISSN 1827-1928

5.8. EFECTOS DE DOS TIPOS DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN LA HABILIDAD PARA REPETIR ESFUERZOS MÁXIMOS (RSA) DURANTE UNA PRETEMPORADA EN FÚTBOL.

Rodríguez-Fernández, A, Sánchez-Sánchez, J, Villa, JG. Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol. *Cultura Ciencia y Deporte*, 9: 251- 259, 2014.

5.9. EFECTOS DEL DESENTRENAMIENTO EN LA HABILIDAD DE REPETIR SPRINTS EN FUNCIÓN DEL NIVEL COMPETITIVO Y LA CAPACIDAD DE ACELERACIÓN.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2013). Influencia del desentrenamiento en el rendimiento en test RSA, en función del nivel competitivo y la capacidad de aceleración. En V. Arufe, *IX Congreso de Ciencias del Deporte y Educación Física*. Congreso llevado a cabo en Pontevedra, Galicia, España.

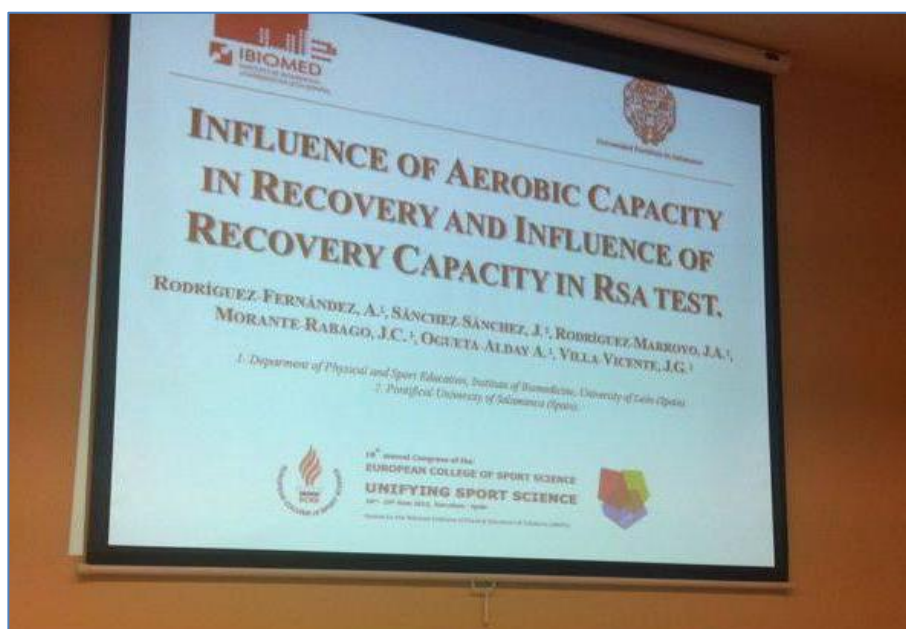
5.10. EVALUAR LA INFLUENCIA DEL DESENTRENAMIENTO VS ENTRENAMIENTO EN UN CORTO PERIODO COMPETITIVO CON AUSENCIA DE COMPETICIÓN.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., y Villa Vicente, J.G. (2013). *Influencia del desentrenamiento en el rendimiento en test RSA, en función del nivel competitivo y la capacidad de aceleración*. Ponencia presentada en: IX Congreso de Ciencias del Deporte y Educación Física. Pontevedra, Galicia, España.

Los 4 estudios primeros (5.1 a 5.4) dan respuesta al primer objetivo genérico respecto de la valoración la influencia de la cualidad aeróbica y recuperación al esfuerzo en la capacidad para repetir sprint.

Los siguientes 4 estudios (de 5.5 a 5.8) dan respuesta al segundo objetivo general de este trabajo cual es determinar la influencia de diferentes programas de entrenamiento específicos del fútbol en el rendimiento en sprint y en la capacidad para repetir sprint (RSA).

Los 2 últimos estudios (5.9 y 5.10) responden al tercer objetivo general al analizar la influencia del desentrenamiento en la capacidad para repetir sprint,



Comunicación de uno de los estudios derivados de esta tesis doctoral en el 18th Annual Congress of the European College of Sport Science. Barcelona 2013.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez Sánchez, J., Rodríguez Marroyo, J.A., Morante-Rábago, J.C., Ogueta Alday, A. & Villa Vicente, J.G. (2013). Influence of aerobic capacity in recovery and influence of recovery capacity in RSA test. En N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, J. Cadefau, R. Tarragó, E. Tsolakidis, (Ed.), Book of abstracts 18th Annual Congress of the European College of Sport Science. (p. 579) Barcelona, Spain: National Institute of Physical Education of Catalonia.

5.1 RELACIÓN ENTRE LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y EL RENDIMIENTO EN LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS EN FUTBOLISTAS

Resumen: El objetivo de este estudio será analizar la relación entre la cualidad aeróbica, la recuperación y el rendimiento en test RSA en futbolistas, 45 jóvenes futbolistas participaron en el estudio (media \pm SD, edad: 16.8 ± 0.1 años; peso: 66.8 ± 1.1 Kg; altura: 174.3 ± 1.1 cm; masa grasa: 14.5 ± 0.9 %; VO_2max : 3.68 ± 0.07 l \cdot min $^{-1}$ ó 55.15 ± 0.64 ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$). Todos realizaron una valoración cineantropométrica, una prueba ergoespirométrica máxima en un tapiz rodante, y diferentes test de campo: test Course Navette, test RSA y un test TIVRE-Fútbol®. Los futbolistas con $VO_2max \geq 60$ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$ presentan significativamente ($p = 0.042$) una mejor recuperación al finalizar el test ergoespirométrico. Estos a su vez obtienen significativamente ($p = 0.037$) una mejor recuperación total en el test interválico TIVRE-Fútbol® (14.24 ± 1.60 vs. 11.37 ± 0.51 %RecHRmax) con respecto a aquellos sujetos con un VO_2max más bajo (< 60 ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$) y presentan un mejor Sdec en el test RSA ($4.79 \pm 2.31\%$ vs $5.03 \pm 2.09\%$), quedando patente la influencia de la recuperación en el rendimiento de este test. El rendimiento en el test RSA fue determinado por el tiempo total (RSA_{total}) el tiempo medio (RSA_{media}), el mejor tiempo (RSA_{mejor}), el porcentaje de decrecimiento (Sdec) y la diferencia entre el primer y último sprint (Change). Los jugadores con un $VO_2max \geq 60$ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$ presentan significativamente una mejor recuperación tanto al finalizar un esfuerzo continuo, progresivo y máximo como entre los diferentes intervalos de recuperación de un test interválico, progresivo y máximo que reproduce esfuerzos específicos del fútbol, mostrando a su vez estos jugadores unos mejores resultados en los índices de fatiga de un test RSA.

Palabras clave: Recuperación, RSA, Umbral Anaeróbico Interválico, Fatiga, Consumo de oxígeno, Frecuencia cardíaca, Sprint, Test de campo

INTRODUCCIÓN.

La capacidad aeróbica es determinante en el rendimiento en los jugadores de fútbol, ya que diferentes estudios han demostrado la relación entre la cualidad aeróbica y la posición competitiva, el nivel del equipo y la distancia recorrida durante un partido (Arnason et al., 2004; Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Kalapotharakos, Ziogas, & Tokmakidis, 2011). Se ha demostrado que una alta capacidad aeróbica ayuda a recuperar durante ejercicios intermitentes de alta intensidad, típicos del entrenamiento y de los partidos de fútbol (Reilly, 1997) y se ha correlacionado positivamente la distancia recorrida en un test interválico, Yo-Yo test, con la distancia recorrida durante un partido de fútbol (Bradley et al., 2013). En este sentido se ha descrito que un incremento en la capacidad del

mecanismo de transporte de oxígeno, conduce a una mayor gasto de energía mediante el metabolismo aeróbico y por consiguiente, reduce la fatiga a través del ahorro de glucógeno y la prevención de la disminución del pH muscular (Tomlin & Wenger, 2001).

En los deportes colectivos, además de la capacidad aeróbica, las acciones realizadas a máxima velocidad, y la capacidad de repetir estas acciones (RSA), son otros de los factores de rendimiento (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009). Varios autores han demostrado la influencia de la cualidad aeróbica ($VO_2\text{max}$) y la capacidad para repetir sprints (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Buchheit, 2012; Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005; Thebault, Leger, & Passelergue, 2011); sin embargo otros estudios no han obtenido esa influencia (Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2007; Castagna et al., 2007). La diferencia en los resultados de los estudios anteriores podría deberse a la utilización de diferentes protocolos para determinar el rendimiento, número de repeticiones, distancia del sprint, duración y tipo de recuperación (Dupont, McCall, Prieur, Millet, & Berthoin, 2010; Thebault et al., 2011).

Otro factor de rendimiento es la recuperación, de tal forma que la recuperación de la frecuencia cardiaca (HRR) se ha descrito como la velocidad a la que la frecuencia cardiaca (HR) disminuye tras un ejercicio moderado o intenso, y se ha relacionado como respuesta a una combinación de la activación del sistema nervioso parasimpático y una desactivación del simpático durante la recuperación (Ostojic, Stojanovic, & Calleja-Gonzalez, 2011). Jugadores de fútbol con una alta capacidad aeróbica tienen una más baja HRR después de un ejercicio máximo, comparados con sus compañeros con un $VO_2\text{max}$ más bajo (Ostojic et al., 2011).

Atendiendo a estos aspectos el objetivo de este estudio fue comprobar si los futbolistas con una mejor capacidad aeróbica, tienen, a su vez, una mejor recuperación (tanto tras esfuerzos máximos en test de laboratorio y de campo, como en esfuerzos submáximos de intensidades progresivas hasta el máximo en un test de campo), y analizar si los sujetos que mejor recuperan son los que mejor rendimiento presentan en un test RSA.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Sujetos.

45 de 58 futbolistas juveniles cumplieron los criterios de inclusión establecidos, como son el realizar todos los test, alcanzar valores máximos en los test ergoespirométricos y de campo (Midgley, Carroll, Marchant, McNaughton, & Siegler, 2009; Midgley, McNaughton, Polman, & Marchant, 2007) y haber tenido un correcto funcionamiento del pulsómetro durante la prueba correspondiente. La media $\pm SD$ de edad, peso, altura, porcentaje de grasa y de $VO_2\text{max}$ fue respectivamente de 16.8 ± 0.1 años; 66.8 ± 1.1 Kg; 174.3 ± 1.1 cm; 14.5 ± 0.8 %; y 3.68 ± 0.07 l·min⁻¹ ó 55.15 ± 0.64 ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Los sujetos recibieron información acerca del estudio, sus pruebas y temporalidad, así como la voluntariedad del mismo y la confidencialidad de los datos. Los jugadores firmaron un consentimiento por escrito, que fue paterno en el caso de los jugadores que eran menores de edad.

Diseño experimental.

Los 45 jugadores de fútbol fueron citados en el Laboratorio de Valoración de la Condición Física, del grupo de investigación VALFIS, con el suficiente tiempo como para realizar en análisis cineantropométrico y un calentamiento estandarizado antes de realizar el test ergoespirométrico máximo. Los otros tres test, TIVRE-Fútbol®, Course Navette y RSA eran realizados en este mismo orden durante los 15 siguientes días y con una separación de al menos 48 h y sin haber realizado actividad física el día previo, realizándose estos en su campo habitual de entrenamiento con su indumentaria habitual (botas de fútbol y ropa de entrenamiento). Se instó a los jugadores a no ingerir ningún tipo de bebida con cafeína previamente y durante la realización del estudio.

Análisis cineantropométrico.

Inicialmente se midió el peso corporal (báscula COBOS modelo 50K150, con precisión de 10 g); talla (Tallímetro Detecto, modelo D52, USA, con una precisión de 0.5 cm); y atendiendo a la metodología y ecuaciones propuestas por el ISAK (2011) y el GREC (Grupo Español de Antropometría) (Documento de consenso de FEMEDE, 2009) se estimó el porcentaje de grasa corporal (%GC) según la Ecuación de Carter:

$\%GC=0,1051 \cdot (\text{sumatorio de 6 pliegues}) + 2,58$, siendo los pliegues cutáneos: Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo anterior y Pierna, tomados mediante adipómetro Harpender® (British Indicators LTD. Inglaterra), con precisión de 0.2 mm y presión de 30 kg/cm².

Medición de la cualidad aeróbica.

El VO₂max fue determinado mediante test ergoespirométrico en Tapiz rodante (Cosmos® Pulsar 4.0) que atendió a un protocolo en rampa, triangular, progresivo, continuo y máximo, comenzando con una velocidad de 8 km·h⁻¹ y con incrementos de 1 km·h⁻¹ cada min, y pendiente constante del 1%, hasta el agotamiento o extenuación. Se consideró VO₂max cuando se cumplieron al menos dos de los siguientes criterios: 1) meseta en el VO₂max aun con el aumento de la velocidad mayor a 2 min, 2) un índice de intercambio respiratorio superior a 1,15 y 3) una HR ± 10 latidos·min⁻¹ de la HRmax predicha para su edad (220-edad) (Midgley et al., 2009; Midgley et al., 2007). Antes de cada prueba, el volumen y los gases se calibraron de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Durante la prueba a los sujetos se les preguntaba el nivel de esfuerzo percibido atendiendo a Escala de Borg de 1 a 10 al finalizar cada nivel de intensidad (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004). Mediante el software Medisoft se identificaron los umbrales ventilatorios, aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), atendiendo a criterios de incremento de la VE y del aumento del VE·VO₂⁻¹ sin el aumento del VE·VCO₂⁻¹ para el VT1, y del incremento del VE·VO₂⁻¹ con un incremento paralelo del VE·VCO₂⁻¹ para hallar el VT2 (Cottin et al., 2007)

Medición de la capacidad de repetir sprints.

Después de un calentamiento estandarizado de 12 minutos, cada jugador realizó un test RSA consistente en 8 sprints máximos de 30 m con 25 s de recuperación. Los jugadores de fútbol comenzaban desde 0.5 m antes de la primera fotocélula (Chaouachi et al., 2010) para correr lo más rápido posible, y después de la recuperación activa situarse en la línea de salida 2 o 3 s antes de realizar la siguiente repetición. Las fotocélulas (DSD *Laser System and software Sport test* (v3.2.1)) fueron usadas para evaluar el rendimiento e incrementar la fiabilidad. Si el rendimiento en el primer sprint en el test RSA era más lento que los criterios de maximalidad (un incremento del 5% respecto a su máxima velocidad determinada específicamente y mediante esta metodología en entrenamiento anterior) el test se daba por finalizado y el jugador repetía el test después de 5 min de recuperación.

Como indicadores del rendimiento se seleccionaron 3 valores absolutos como son el tiempo total (RSA_{total}), el tiempo medio (RSA_{media}), y el mejor sprint (RSA_{mejor}); y 2 índices de fatiga como son el decrecimiento (S_{dec}): $((TT/BT * n^{\circ} \text{ sprints}) * 100) - 100$ (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005), y la diferencia entre el primer y último sprint ($Change$): $(100 * ((FIRST - LAST)/LAST))$ (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008).

Test TIVRE FÚTBOL®.

El test interválico para la valoración de la resistencia específica del fútbol (TIVRE-Fútbol®, Garcia Lopez et al., 2003), es un test de campo interválico o discontinuo, triangular, progresivo y máximo. Consiste en recorrer 256.2 m a la misma velocidad durante cada intervalo, que consta de 2 vueltas a un circuito de 128.1 m con 9.15 m de medida estándar, balizado con 14 conos de 0.5 m de altura cada 9.15 m para coincidir el ritmo de carrera con las señales acústicas (pitidos/beeps) emanadas del software y amplificadas por altavoces). La velocidad de inicio fue de $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, y tras completar el intervalo hay 30 s de recuperación pasiva en bipedestación en la misma baliza de inicio. Tras ella se incrementa en $0.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada intervalo seguido de su pausa de recuperación de 30 s. Y así hasta el máximo agotamiento, momento en el que no llega durante tres balizas consecutivas a seguir el ritmo emanado del software, procediéndose a anotar los metros recorridos.

Previamente al mismo los futbolistas realizaron un protocolo de familiarización con el test, que servía así mismo de calentamiento. También se instruye a los jugadores para que registren tanto su percepción de esfuerzo justo al finalizar cada intervalo correspondiente (Borg, Ljunggren, & Ceci, 1985), como su percepción de recuperación Escala TQR de 6 a 20 (Kentta & Hassmen, 1998) justo antes de comenzar el siguiente intervalo.

El punto de inflexión en la relación velocidad de carrera-frecuencia cardiaca a través del software específico (ProTrainer 5® V5.40.171, Polar® Electro Oy, Finland) mediante la traza de las rectas tangentes que pasen por el mayor número de frecuencias cardiacas máximas de cada intervalo se ha relacionado con la identificación del umbral anaeróbico (UAi) (Francis, McClatchey, Sumsion, & Hansen, 1989; Jones & Doust, 1995; Vaquera, Villa, Morante, Thomas, Renfree, & Peters, 2015) test objetivo y fiable para determinar el porcentaje de recuperación tras los 30 s de cada progresiva intensidad o intervalos de esfuerzo submáximos, pudiéndose promediar el porcentaje total de recuperación de todos

los intervalos de esfuerzo completados, o incluso el porcentaje de recuperación de antes (%REC-PreUAI) y después (%REC-PostUAI) de la intensidad identificada como Umbral Anaeróbico Interválico (UAI) en esta metodología. E incluso permitiría estimar el $VO_2\text{max}$ en función del número de intervalos de esfuerzo completados, o del número de metros recorridos, en el test, al igual que en el Yo-Yo intermitente recovery test (Krustrup et al., 2003), Course Navette o test de Leger Mercier (Leger & Lambert, 1982).

Course Navette (Leger & Lambert, 1982).

Test indirecto, progresivo, continuo y maximal (hasta agotamiento) que estima el $VO_2\text{max}$ en función del número de recorridos de ida y vuelta sobre una distancia de 20 m efectuados sobre el terreno de juego. Consiste en recorrer dicha distancia, ininterrumpidamente, al ritmo que marca una grabación sonora, que progresivamente ira aumentando el ritmo de carrera. Al oír la señal de salida el ejecutante tendrá que desplazarse hasta la línea contraria (20 m) y pisarla esperando oír la siguiente señal. Se repetirá constantemente este ciclo hasta que no pueda pisar la línea en el momento en que le señale el magnetófono. Cada vez que suena la señal el sujeto debe encontrarse en uno u otro extremo del trazado de 20 m. Cada periodo rítmico o "palier" tiene una duración de 1 minuto, siendo la velocidad inicial de $8.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ incrementándose en $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en cada palier. Permite valorar el $VO_2\text{max}$ atendiendo a la ecuación (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988):

- $VO_2\text{max} = 31.025 + (3.238 \times V) - (3.248 \times E) + (0.1536 \times V \times E)$. Siendo V la velocidad en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ del ultimo palier completado y E la edad en años.

Análisis estadístico.

Los datos estadísticos fueron analizados con el software estadístico SPSS Statistics 17.0 V 17.0.0. Antes de realizar el análisis se comprobó la normalidad mediante la prueba Shapiro-Wilk. La Prueba t de Student para muestras relacionadas se utilizó para calcular la diferencia significativa entre los índices de fatiga entre los diferentes sprints. Se utilizó el Anova de un factor para comprobar la influencia de la recuperación en el rendimiento, y para evaluar el grado de recuperación en función de la capacidad aeróbica mediante el análisis post hoc Bonferroni y Student Neuman–Keuls con un nivel de significatividad de $p < 0.05$. Se utilizó la prueba de Pearson para comprobar el grado de correlación entre las diferentes variables analizadas ($p < 0.05$). Los siguientes criterios se adoptaron para la

interpretación de la magnitud de la correlación (r) entre las medidas de prueba: 0.1, trivial, 0.1-0.3, pequeño, 0.3-0.5, moderado, 0.5-0.7, grande, 0.7-0.9, muy grande, y 0,9 -1,0, casi perfecto. La significación estadística se estableció en $p < 0.05$. Todos los datos se presentan como media y desviación estándar ($\pm SD$).

RESULTADOS.

Los valores máximos, obtenidos en el test ergoespirométrico de laboratorio, y en el test de Course-Navette y el test TIVRE-Fútbol se muestran en la Tabla 1, observándose un significativo mayor tiempo de esfuerzo en el test interválico que en los continuos de laboratorio y Course-Navette (45% y 54%, respectivamente mas), sin que haya diferencias significativas en la velocidad máxima alcanzada en los 3 test realizados, como tampoco en el VO_2 max estimado en el test de Course-Navette, ni en la frecuencia cardiaca máxima alcanzada que en todos los test superando el 95% de la HRmax teórica, ni en la percepción subjetiva de esfuerzo (escala de Borg). También en la tabla 1 se muestran los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico (ya sea el umbral anaeróbico ventilatorio-VT2 en la prueba ergoespirométrica de laboratorio en tapiz rodante (UA-VT2), o el umbral anaeróbico interválico en el test TIVRE-Fútbol® (UAI), no observándose diferencias ni en la velocidad ni en la frecuencia cardiaca a la que se identifica el umbral anaeróbico en ambos test de laboratorio y de campo (TIVRE-Fútbol). Igualmente en la tabla 1 se muestran los valores correspondientes a la recuperación del esfuerzo, expresados como la frecuencia cardiaca de recuperación (HRR) tanto a los 30 s de finalizar los tests de laboratorio y de campo (referidos a la HRmax alcanzada), o expresados como promedio del porcentaje de recuperación de las progresivas intensidades o intervalos de esfuerzo submáximos realizados tanto por encima (%REC-PostUAI) o por debajo (%REC-PreUAI) de la intensidad identificada como umbral anaeróbico interválico (UAI), o del total de las intervalos de esfuerzo realizados en el test de campo TIVRE-Fútbol® (%REC-Tot) , observándose que la frecuencia cardiaca a los 30 s de recuperación del esfuerzo es un 16.8% únicamente mayor en el test Course-Navette que en el test TIVRE-Futbol, sin que en éste difiera de la del test de laboratorio.

Tabla 1. Valores máximos, identificadores del umbral anaeróbico y de la recuperación de jóvenes futbolistas en test de laboratorio y de campo.

(n=45)	Test en rampa en laboratorio (tapiz rodante)	Test de campo TIVRE-Fútbol®	Test de Course Navette	p
Valores máximos:				
Tiempo total (min)	9.57 ± 0.21	20.47 ± 0.37	11.26 ± 0.26	** ††‡‡
Velocidad máxima (km·h ⁻¹)	16.00 ± 0.27	16.01 ± 0.17	13.58 ± 0.13	n.s.
Distancia (m)	---	2965.18 ± 68.08	---	
VO ₂ max (l·min ⁻¹)	3.69 ± 0.70	--	---	
VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	55.15 ± 0.64	--	55.49 ± 0.78	n.s.
HRmax (ppm)	194.84 ± 1.20	196.44 ± 1.07	193.1 ± 1.88	n.s.
%HRmax (%)	95.98 ± 0.70	96.15 ± 0.37	95.01 ± 0.93	n.s.
Borg	9.25 ± 0.27	9.23 ± 0.18	---	n.s.
Ventilation max (l·min ⁻¹)	148.1 ± 2.90	---	---	
RQmax	1.14 ± 0.01	---	---	
Valores en el umbral anaeróbico:				
VO ₂ -UA (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	46.76 ± 0.75	--	---	
%VO ₂ max-UA (%)	84.76 ± 0.94	--	---	
Velocidad-UA (km·h ⁻¹)	13.30 ± 1.74	13.30 ± 1.15	---	n.s.
%Velocidad máxima-UA	84.76 ± 0.94	83.89 ± 0.3	---	n.s.
HR-UA (ppm)	180.60 ± 9.24	184.42 ± 8.037	---	n.s.
%HRmax-UA (%)	92.79 ± 3.52	93.03 ± 5.06	---	n.s.
Valores de recuperación:				
HRR-30 s	178.12 ± 1.68	181.27 ± 1.22	160.6 ± 2.50	#
%HRR-30s	8.66 ± 0.57	7.73 ± 0.44	10.23 ± 0.06	#
%REC-Tot	--	11.73 ± 0.48	---	
%REC-PreUAi	--	13.88 ± 0.57	---	
%REC-PostUAi	--	7.89 ± 0.42	---	

HR = frecuencia cardiaca; RQ = cociente respiratorio; UA = umbral anaeróbico; HRR = frecuencia cardiaca a los 30 s recuperación tras test; %REC-PreUAi, %REC-PostUAi y %REC-Tot (promedio de porcentaje de recuperación de frecuencia cardiaca en los intervalos de esfuerzos previos o posteriores al identificado como umbral anaeróbico interválico, o del total de todos ellos). Valores medios ±SD. * = Diferencias significativas entre test de laboratorio (en tapiz rodante) y test de campo (TIVRE-Fútbol®). Niveles de significación: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; # = Diferencias significativas entre ambos test de campo: TIVRE-Fútbol y Course-Navette. Niveles de significación: † = $p < 0.05$; †† = $p < 0.01$; \$ = Diferencias significativas entre test de laboratorio y test de campo Course Navette. Niveles de significación: ‡ = $p < 0.05$; ‡‡ = $p < 0.01$; n.s. = no significativas.

En la tabla 2 se muestra que no hay diferencias significativas en el rendimiento en el test RSA en función de la capacidad aeróbica de los futbolistas, expresada como un valor inferior o superior a 60 ml·kg⁻¹·min⁻¹ de VO₂max, para diferenciar entre una excelente o no capacidad aeróbica (Ostojic et al., 2001). No se observan diferencias significativas, si bien parece que los jóvenes futbolistas con menor VO₂max presentan peor rendimiento en los

valores absolutos indicadores del rendimiento en el test (RSA_{mejor} , RSA_{total} y RSA_{media}) y los futbolistas con mayor capacidad aeróbica presentan mejores índices de fatiga.

Tabla 2. Test RSA (8x30m; recuperación de 25 s) en función del $VO_2\text{max}$ en jóvenes futbolistas.

	(n=45)	$VO_2\text{max} \geq 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$VO_2\text{max} < 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
RSA_{mejor} (s)	4.43 ± 0.30 (4.12-5.15)	4.46 ± 0.31	4.42 ± 0.19
RSA_{total} (s)	37.22 ± 0.27 (34.78-43.12)	37.47 ± 2.76	37.19 ± 1.66
RSA_{media} (s)	4.65 ± 0.34 (4.35-5.39)	4.68 ± 0.34	4.64 ± 0.20
$Sdec$ (%)	4.89 ± 0.32 (0.92-9.67)	4.79 ± 2.31	5.03 ± 2.09
$Change$ (%)	9.10 ± 0.58 (2.34-21.72)	8.50 ± 3.80	9.48 ± 3.88

RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{total} = tiempo total; RSA_{media} = tiempo medio; $Sdec$ = porcentaje de decrecimiento; $Change$ = diferencia entre mejor y peor sprint. Valores medios ±SD y rango (valor mínimo y máximo).

El porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca a los 30 s, y a los 1, 2 y 3 min, tras finalizar el test de laboratorio en rampa, expresado en porcentaje respecto a la HR_{max} obtenido en dicho test (%REC- HR_{max}), en función de que los jóvenes futbolistas hayan o no superado los $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ de $VO_2\text{max}$, muestra que los futbolistas con mayor capacidad aeróbica (aquellos con $VO_2\text{max} > 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) tienen significativamente una mejor recuperación pasiva a los 30 s (REC 30 s) (parados en bipedestación fuera del tapiz rodante) respecto de los jugadores con menos capacidad aeróbica; no mostrándose diferencias significativas a los 1 (REC1), 2 (REC2) y 3 (REC3) min de recuperación (Figura 1).

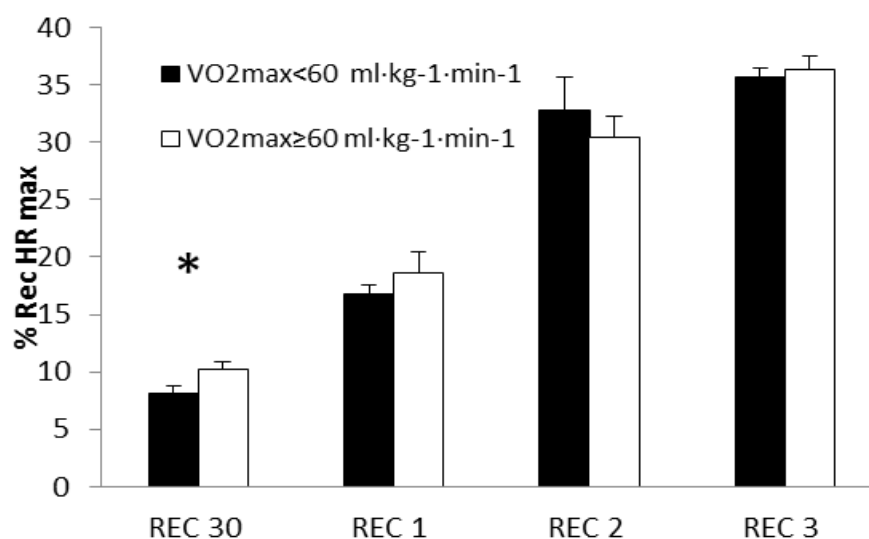


Figura 1. Frecuencia cardiaca de recuperación, expresado en porcentaje de la HR_{max} (%REC $VO_2\text{max}$), a los 30 s (REC 30s), 1 min (REC1), 2 min (REC2) y 3 min (REC3) de finalizar el test de laboratorio en rampa por jóvenes futbolistas. Valores medios ±SD. * = Diferencias significativas entre grupos. Niveles de significación: * = $p < 0.05$.

Atendiendo al fundamento de algunos test de campo para estimar el $VO_2\text{max}$ en función de la distancia recorrida, se muestra la significativa ($r = 0.367$; $p = 0.017$), correlación obtenida en los 45 jóvenes futbolistas entre el $VO_2\text{max}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) medido en el test en rampa en laboratorio y la distancia recorrida en el test de campo TIVRE-Fútbol®, a pesar de que el rango de edad (16-18 años), el escaso *SD* del $VO_2\text{max}$ medido (0.64) y el escaso rango entre los valores mínimos y máximos. En ella se refleja como 3 futbolistas con similar $VO_2\text{max}$ ($52 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) pueden llegar a recorrer diferentes distancias en el test de campo TIVRE-Fútbol® (2200m, 2900 y 3600m) (Figura 2). También se ha obtenido una correlación significativa ($r = 0.373$) ($p = 0.019$) entre la distancia recorrida en el test TIVRE-fútbol® y el $VO_2\text{max}$ determinado en el test de campo Course Navette.

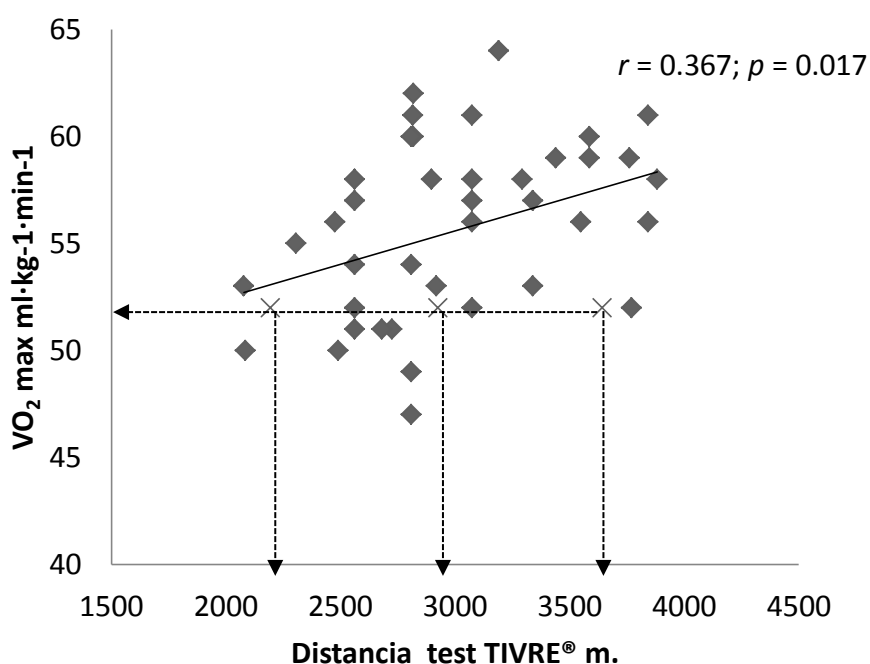


Figura 2. Correlación de Pearson entre el $VO_2\text{max}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) medido en el test en rampa en tapiz rodante y la distancia recorrida (m) en el test de campo TIVRE-Fútbol®.

La tendencia a que aquellos jóvenes futbolistas con mayor capacidad aeróbica (por encima de $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) son capaces de recorrer más metros en el test de campo TIVRE-Fútbol® (en concreto un 5.21% más) se muestra en la Tabla 3. En ella igualmente se refleja como también los jugadores que tienen una mayor capacidad aeróbica muestran en el test de campo TIVRE-Fútbol® un porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca significativamente mayor (un 2,87%), tanto si consideramos la recuperación de todos los intervalos o intensidades de esfuerzo realizados en el test (%REC-TOT), como si

atendemos aquellos que acontecen previamente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico interválico (%REC-Pre-UAi) (un 3,68%); y aunque no significativa, se observa una mejor recuperación en los intervalos o intensidades de esfuerzo realizadas por encima de la intensidad identificada como umbral anaeróbico en este test interválico (%REC-post-UAi). Además se observa como estos porcentajes de recuperación pre y post intensidad de esfuerzo identificada como umbral anaeróbico en este test interválico son significativamente menores tras el mismo, y reduciéndose significativamente más (un 7.31%) en aquellos con más capacidad aeróbica, que en los que su VO₂max es <60 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (un 5.52%).

Tabla 3. Distancia recorrida y porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en test TIVRE-Fútbol® en función del VO₂max.

TIVRE-Fútbol® (n=45)	VO ₂ max ≥60 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	VO ₂ max <60 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
Distancia (m)	3126 ± 154.26	2963.47 ± 88.73
% REC-TOT	14.24 ± 1.60 *	11.37 ± 0.51
% REC-PreUAi	16.99 ± 2.16 *	13.31 ± 0.52
% REC-PostUAi	9.68 ± 1.09 ††	7.79 ± 0.52 ††

% REC-TOT = porcentaje de recuperación total; % REC-PreUAi = porcentaje de recuperación intervalos pre umbral anaeróbico interválico; % REC-PostUAi = porcentaje de recuperación intervalos post umbral anaeróbico interválico. Valores medios ± SD. * = Diferencias significativas en función de su capacidad aeróbica (VO₂max). Niveles de significación: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$. † = Diferencias significativas entre %REC-PreUAi y %REC-PostUAi. Niveles de significación: † = $p < 0.05$; †† = $p < 0.01$.

En la figura 3 se muestra que hay diferencias significativas entre todos los sprints en el porcentaje de decrecimiento o reducción (*Sdec*), de tal forma que el rendimiento al finalizar cada uno de ellos es del 1.5% en el 2º Sprint y llega al 5.5% en el 8º Sprint. El comportamiento del *Change*, muestra una diferencia significativa del 2% y del 4.5% en el 2 y 3º sprint, y que si bien no es significativo en los sprints 4º, 5º y 6º por mantenerse en ellos al 6%, si vuelve a ser significativa en el 7º y 8º con diferencias del 8%, lo que a nuestro juicio justifica la realización de test RSA con al menos 8 repeticiones.

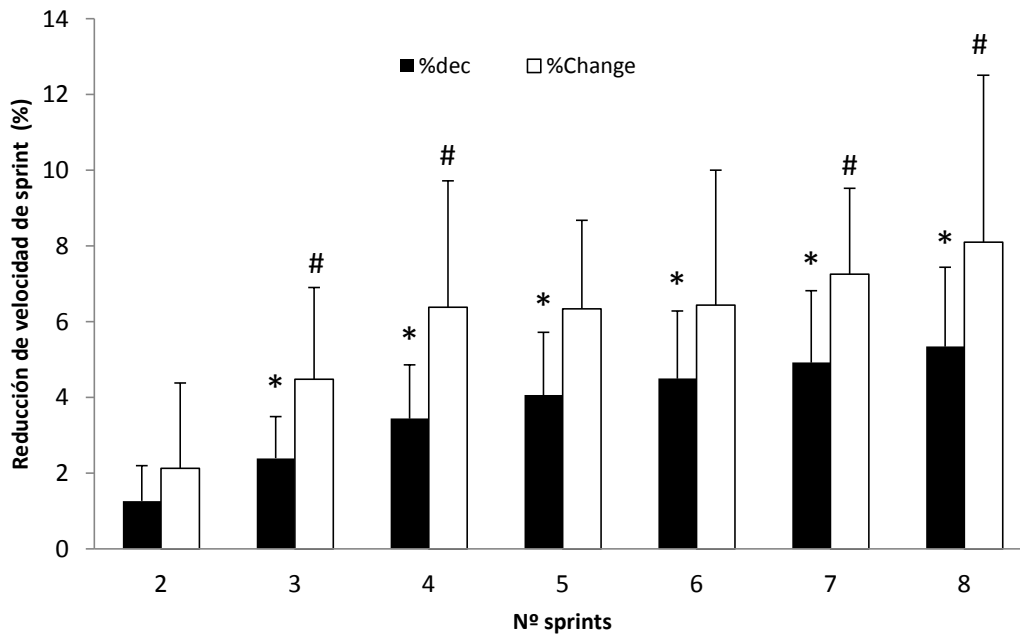


Figura 3. Índices de fatiga *Sdec* (porcentaje de decrecimiento) y *Change* (diferencias entre primer y último sprint) en el test RSA (8x30m; recuperación de 25 s) en 45 jóvenes futbolistas. Valores medios \pm SD. * = Diferencias significativas con el anterior Sprint en el *Sdec*. # = Diferencias significativas con el anterior Sprint en el *Change*. Nivel de significación: * = $p < 0.05$; # = $p < 0.05$

En la tabla 4 se muestra el rendimiento en el test RSA en función del porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en los intervalos o intensidades de esfuerzo en el test TIVRE-Fútbol®. En ella se clasifican teniendo en cuenta que porcentajes de recuperación $<10\%$ están por debajo de la media de la muestra; que la media está entre el 10 y el 15%, y que por encima de la media son los que presentan porcentajes de recuperación $>15\%$. No se observan diferencias significativas ni en el VO_{2max} ni en ninguno de los valores absolutos, ya sea el mejor tiempo en un sprint (RSA_{mejor}), el tiempo total de los 8 sprints (RSA_{total}), o el tiempo medio de los 8 sprints (RSA_{medio}). Pero si hay diferencias significativas entre los futbolistas que mejor recuperan (% de recuperación $\geq 15\%$) con los otros dos grupos en el porcentaje de decrecimiento o reducción (*Sdec*) (un 66.7% con el grupo de porcentaje de recuperación entre 10-15%, y un 71.7% con el de $<10\%$); al igual que con la diferencia entre el mejor y peor sprint (*Change*) (un 60.9% con el grupo de recuperación entre 10-15%, y un 53.22% con el de $<10\%$).

Tabla 4. Rendimiento en el Test RSA en función del porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca promedio de todos los intervalos de esfuerzo del test de campo TIVRE-Fútbol®

	Porcentaje recuperación total TIVRE-Fútbol®		
	<10 %	≥10% & <15%	≥15%
VO₂max (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	55.58 ± 3.67	55.57 ± 3.55	55.71 ± 6.62
RSA_{mejor} (s)	4.41 ± 0.16	4.39 ± 0.19	4.59 ± 0.32
RSA_{total} (s)	37.10 ± 1.55	39.90 ± 1.68	37.93 ± 3.16
RSA_{media} (s)	4.64 ± 0.19	4.61 ± 0.20	4.74 ± 0.39
Sdec (%)	5.15 ± 2.06	5.03 ± 2.26	3.00 ± 1.45 * †
Change (%)	9.27 ± 2.98	9.79 ± 4.53	6.05 ± 3.59 * †

RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{total} = tiempo total; RSA_{media} = tiempo medio; Sdec = porcentaje de decrecimiento; Change = diferencia entre mejor y peor sprint. Valores medios ± SD *=Diferencias significativas entre grupo de >15% y ≥10% & <15%. † = Diferencias significativas entre grupo >15% y <10%. Nivel de significación: * = $p < 0.05$; † = $p < 0.05$

Se obtuvieron correlaciones muy significativas negativas entre la distancia recorrida en el test TIVRE-Fútbol® y los valores de rendimiento absolutos del test RSA, ($r = -0.514$; $p = 0.001$) ($r = -0.599$; $p = 0.000$) ($r = -0.599$; $p = 0.000$) para el RSA_{mejor}, RSA_{total} y RSA_{media} respectivamente. Analizando el rendimiento entre la cualidad aeróbica mediante test de campo (Course Navette) y el RSA, obtenemos una correlación negativa significativa para los índices de fatiga utilizados, ($r = -0.373$; $p = 0.025$) para el Sdec y ($r = -0.379$) ($p = 0.043$) para el Change y el VO₂max obtenido en este test.

Las diferentes posiciones de juego de los futbolistas y los distintos parámetros que valoran la recuperación tanto tras el esfuerzo máximo en el test de laboratorio (REC-30s VO₂max) o en los diferentes test de campo (REC-30 s TIVRE-Fútbol y REC-30s CN), como en el promedio de los intervalos de esfuerzos previos (%REC PreUAI) como posteriores (%REC PostUAI) a la intensidad identificada como una umbral anaeróbico interválico en el test TIVRE-Fútbol® se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Demarcación de los jóvenes futbolistas y porcentaje de recuperación de frecuencia cardiaca en los diferentes test.

	%REC-30 s VO ₂ max	%REC TOT	%REC PreUAI	%REC PostUAI	%REC-30 s CN
CD	9.33 ± 4.7	11.89 ± 3.58	13.79 ± 3.80	8.25 ± 3.68	7.72 ± 3.22
LD	9.45 ± 5.42	10.93 ± 3.19	12.84 ± 3.43	7.69 ± 3.04	10.25 ± 3.04
M	9.06 ± 3.41	12.56 ± 3.89	15.07 ± 5.19	8.18 ± 2.83	10.65 ± 4.58
LM	7.87 ± 3.52	12.25 ± 2.88	14.84 ± 2.60	9.30 ± 3.05	10.12 ± 3.37
F	7.31 ± 2.71	10.31 ± 2.82	12.55 ± 3.46	6.25 ± 1.65	10.47 ± 4.94

CD=defensa central, LD=defensa lateral, M=centrocampista centro, LM =extremo, F=delantero; %REC-30s VO₂max = porcentaje de recuperación de frecuencia cardiaca a los 30s de finalizar el test de laboratorio; REC-30s CN = porcentaje de recuperación de frecuencia cardiaca a los 30s de finalizar el test decampo; % RECTOT = porcentaje de recuperación entre todos los intervalos; % REC-PreUA = porcentaje de recuperación en los intervalos antes del umbral anaeróbico; % REC-PostUA = porcentaje de recuperación en los intervalos post umbral anaeróbico Valores medios ±SD.

DISCUSIÓN.

El objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la cualidad aeróbica (evaluada mediante un test ergoespirométrico máximo en laboratorio y un test de campo Course Navette), la recuperación (evaluada tanto a los 30 s de finalizar el test ergoespirométrico máximo y los test de campo, como entre los diferentes intervalos de esfuerzo que componen el test TIVRE-Fútbol®) y el rendimiento en la capacidad de repetir sprints (test RSA). Los resultados obtenidos están de acuerdo con la hipótesis inicial obteniendo que los futbolistas con mejor capacidad aeróbica son los que presentan una mejor recuperación (tras esfuerzos máximos y tras esfuerzos progresivos hasta el agotamiento) y a su vez los futbolistas con una mejor recuperación son los que obtienen un mejor rendimiento en el test RSA. Obteniéndose además correlaciones significativas entre la distancia recorrida en el test TIVRE-Fútbol® y los valores absolutos del test RSA.

La media de $VO_2\text{max}$ de los sujetos que participaron en este estudio fue de 55.15 ± 4.37 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, situándose en el límite inferior del rango (55-68) propuesto para jóvenes jugadores de fútbol profesionales (Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998) y similar al obtenido por sujetos de la misma edad (Ferrari Bravo et al., 2008; Pyne et al., 2008).

Uno de los principales objetivos del estudio fue comprobar si existe una relación entre el $VO_2\text{max}$ y la capacidad de recuperación. Para ello clasificamos a los sujetos en buena ($VO_2\text{max} \geq 60$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y mala capacidad aeróbica ($VO_2\text{max} < 60$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (Ostojic et al., 2011) y analizamos su recuperación al finalizar el test que determino el $VO_2\text{max}$ obteniendo diferencias significativas entre ambos grupos ($p = 0.042$) en la recuperación a los 30 s después de finalizar el test. Observamos también que los sujetos que tienen mejor capacidad aeróbica, presentan una disminución más rápida de la frecuencia cardiaca (Borresen & Lambert, 2007). Esta rápida recuperación de la frecuencia cardiaca puede deberse a una adaptación positiva al entrenamiento y al rendimiento en resistencia por los sujetos con mejor capacidad aeróbica (Borresen & Lambert, 2008).

Por otra parte, está demostrado que los atletas caracterizados por una baja frecuencia cardiaca de recuperación (HRR) durante los primeros 30 s post ejercicio están mejor adaptados al ejercicio máximo, debido a varios mecanismos como la restauración del tono parasimpático, cambios en el volumen sanguíneo o la acumulación de factores metabólicos (Javorka, Zila, Balharek, & Javorka, 2002). El nivel de la capacidad aeróbica induce cambios en la HRR, así los atletas con un más alto $VO_2\text{max}$ tienen un más rápido

decrecimiento de la HR durante cortos periodos de recuperación. Los resultados sugieren que la condición física aeróbica junto con la modulación autonómica podría desempeñar un papel importante en las respuestas cardiovasculares al ejercicio (Ostojic et al., 2011).

Los posibles mecanismos de la HRR en sujetos caracterizamos por un mayor $VO_2\text{max}$ durante periodos cortos de recuperación que no están relacionados con el control autonómico podrían estar relacionados con los rápidos cambios producidos en el rendimiento del ventrículo izquierdo con un incremento de la fracción de eyección y la contractilidad miocárdica (Rowland, 2008), con modificaciones del volumen plasmático y el llenado del ventrículo (Goodman, Liu, & Green, 2005), con el metabolismo del lactato en el miocardio (Duncker & Bache, 2008) o cambios en la expresión de los genes (Viola, James, Archer, & Dijk, 2008).

Se ha sugerido que el sistema parasimpático no es el único determinante de la HRR (Buchheit, Papelier, Laursen, & Ahmaidi, 2007), ya que la HR después de ejercicios hasta el agotamiento podría estar mediada por factores intrínsecos, neurales y humorales (Sugawara, Murakami, Maeda, Kuno, & Matsuda, 2001).

El hecho de encontrar diferencias significativas en la recuperación a los 30 s es de gran validez en el fútbol, ya que este periodo de recuperación se repite habitualmente en los partidos (Carling, Le Gall, & Dupont, 2012).

Además del test para determinar el $VO_2\text{max}$ se llevó a cabo la realización del test TIVRE-Fútbol®, que al ser un test interválico, nos permite evaluar la capacidad de recuperación entre cada intervalo de esfuerzo. En este estudio el $VO_2\text{max}$ obtenido en el tapiz rodante y el TIVRE-Fútbol® tuvieron una correlación significativa de, ($r = 0.367$; $p = 0.017$) cuando comparábamos $VO_2\text{max}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y la distancia recorrida (metros) en los respectivos test. Si comparamos los resultados del $VO_2\text{max}$ obtenido mediante la Course Navette y el TIVRE-Fútbol®, obtenemos una correlación significativa ($r = 0.369$; $p = 0.021$) y ($r = 0.373$; $p = 0.019$) para las dos formas de calcular el $VO_2\text{max}$ en el test (Leger & Lambert, 1982). Sin embargo sujetos con un mismo $VO_2\text{max}$ ($52 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) medido en el test de laboratorio presentan variaciones en la distancia recorrida en el test (2194 y 3642). Una de las ventajas del test TIVRE-Fútbol® es que nos permite identificar el umbral anaeróbico incluso en esta metodología interválica para poder evaluar el porcentaje de recuperación tanto en intervalos pre como post a la intensidad identificada como umbral anaeróbico, habiéndose obtenido una muy significativas y buenas correlaciones tanto entre la

frecuencia cardiaca ($r = 0.587$) como en la velocidad ($r = 0.609$) a la que se identifica el umbral anaeróbico identificado tanto por metodología ventilatoria ergoespirométrica en el laboratorio como en por la deflexión de la frecuencia cardiaca-velocidad obtenida en el test de campo TIVRE-Fútbol®.

Realizando un análisis de la recuperación en el test TIVRE-Fútbol® en función de la capacidad aeróbica obtenemos que los sujetos con más alta capacidad aeróbica, tienen una mejor recuperación en todos los parámetros analizados, presentando diferencias significativas entre la recuperación total ($p = 0.037$) y la recuperación pre umbral anaeróbico interválico ($p = 0.019$).

En los deportes colectivos, las acciones realizadas a máxima velocidad y la capacidad de repetir esas acciones (RSA) son uno de los principales factores de rendimiento (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011; Iaia et al., 2009), por lo tanto una mejor recuperación entre esas acciones permitirá una mejor predisposición para realizar la siguiente acción. A pesar de que existen innumerables test para evaluar la capacidad de repetir sprints en jugadores de fútbol, no hay un protocolo estándar disponible para ser utilizado en condiciones de campo (Glaister, 2008). Actualmente parece existir un acuerdo, en que la distancia más utilizada en el RSA es 30m (Krustrup et al., 2006; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000). Por otra parte se ha demostrado que la distancia de 30 metros es relevante para el juego real actual y conlleva el suficiente tiempo para inducir a la fatiga provocando un deterioro en el rendimiento del test (Krustrup et al., 2006; Mohr, Krustrup, & Bangsbo, 2005; Mohr, Krustrup, Nybo, Nielsen, & Bangsbo, 2004). Esta es la distancia más larga que se repite en un partido de fútbol, y parece que induce a la fatiga si se combina con periodos cortos de recuperación (Krustrup, Mohr, & Bangsbo, 2002; Krustrup et al., 2006; Rampinini et al., 2007). En el presente estudio, los jugadores realizaban un RSA de 8 x 30m con 25 s de recuperación. Si bien es cierto que estudios anteriores concluyeron que no es necesario realizar más de 5 repeticiones porque las diferencias entre los índices de fatiga a partir del 5º sprint no son significativas en un protocolo similar (Chaouachi et al., 2010), en nuestro estudio si se han encontrado diferencias significativas hasta el octavo sprint si analizamos el *Sdec* mientras que para el *Change* obtenemos diferencias significativas hasta el 7º sprint. Si analizamos el *Sdec* obtenemos diferencias significativas entre el 6º-7º y 7º-8º respectivamente. Observamos que si analizamos el *Change* no encontramos diferencias significativas entre los sprint 4º, 5º y 6º pero si comparamos el 6º sprint con el 7º, obtenemos una diferencia

significativa ($p = 0.034$), por lo que es necesario la realización de al menos 8 repeticiones para determinar el rendimiento y calcular el índice de fatiga en un test RSA.

Los datos obtenidos en los índices de fatiga (S_{dec} 4-6%) son similares a los datos de otros estudios con protocolos similares (Chaouachi et al., 2010; Impellizzeri et al., 2008; Pyne et al., 2008; Spencer et al., 2005). Para el *Change* los valores de este estudio (9%) son más elevados (6.3%) (Pyne et al., 2008), y esto puede ser debido al mayor número de repeticiones utilizadas (8 vs. 7), que ocasionara mayor fatiga (Spencer et al., 2005).

Varios estudios muestran la relación entre la cualidad aeróbica de los sujetos y el rendimiento en test RSA (Aziz et al., 2007; Buchheit, 2012; Dupont et al., 2010; Pyne et al., 2008; Thebault et al., 2011). Clasificando a los sujetos en función de su capacidad aeróbica (VO_2max) (Ostojic et al., 2011) en buenos ($VO_2max \geq 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y malos ($VO_2max < 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), y analizando los resultados de esos sujetos en el test RSA obtenemos que los sujetos con un menor VO_2max obtienen mejores resultados en los valores absolutos (RSA_{mejor} , RSA_{total} , RSA_{media}), pero los sujetos con una mejor capacidad aeróbica tienen mejores resultados en los índices de fatiga. Varios estudios han analizado y obtenido correlaciones significativas entre el rendimiento en el RSA y el rendimiento en otros test que miden la capacidad aeróbica (Aziz et al., 2000; Chaouachi et al., 2010), en nuestro caso se obtuvieron correlaciones significativas entre la distancia recorrida en el test TIVRE-Fútbol® y todos los parámetros absolutos del test RSA. Por el contrario también hay estudios que no han obtenido esas correlaciones positivas (Aziz et al., 2007; Castagna et al., 2007). Este motivo puede deberse a la diferencia existente entre los protocolos utilizados en el RSA, así protocolos con una mayor duración, mayor número de repeticiones y mayor periodo de recuperación se verán más influenciados por el metabolismo aeróbico (Thebault et al., 2011).

Dupont et al., 2010 no encontraron una correlación significativa entre el tiempo total y el S_{dec} ($r = 0.16$) mientras que nosotros obtuvimos una correlación significativa ($r = 0.317$) ($p = 0.36$). Pero si encontraron una correlación significativa entre el tiempo total y el tiempo del mejor sprint ($r = 0.66$), esta correlación también fue encontrada en nuestro estudio con valores más significativos ($r = 0.91$). Pyne et al., 2008 sugirieron que en un protocolo similar al del estudio anterior y similar al de este estudio, que el rendimiento en el RSA está más relacionado con las cualidades de sprint, velocidad, que con las cualidades aeróbicas.

Aunque como hemos visto en nuestros resultados, existen correlaciones significativas entre el metabolismo aeróbico y el rendimiento en el test RSA.

Aunque el tiempo total de un RSA parece estar más relacionado con las cualidades anaeróbicas, la habilidad para mantener el rendimiento en los diferentes sprints caracterizado por el *Sdec*, parece estar relacionado con las cualidades aeróbicas (Dupont et al., 2010). Esto es debido a la correlación encontrada entre el *Sdec* y el $VO_2\text{max}$ pico en diferentes estudios (Aziz et al., 2000; Dupont et al., 2010). Si lo comparamos con los datos de este estudio, y lo comparamos con un test de campo que determina el $VO_2\text{max}$, como es el Course Navette sí que encontramos esa correlación significativa, para los tres índices de fatiga utilizados.

Una variable determinante en el rendimiento de resistencia es la intensidad de esfuerzo a la que aparece el umbral anaeróbico (VT2) (Bassett & Howley, 2000). La velocidad media a la que se produce el umbral anaeróbico ($13.3 \pm 0.26 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) es similar a la obtenida por otros estudios (da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010), y un poco inferior si tenemos como referencia el $VO_2\text{max}$ en el momento umbral ($46.76 \pm 5.01 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) al de estudios anteriores (Vincenzo, Antonio, Maria, Ivan, & Carlo, 2012) con futbolistas de elite. Realizando un análisis donde correlacionemos la velocidad a la que aparece el VT2 con las diferentes variables utilizadas para evaluar el rendimiento en el RSA, obtenemos una correlación significativa negativa para todas las variables, destacando la correlación con el $\text{RSA}_{\text{total}}$, *Sdec* y *Change* ($r = -0.498$; $p = 0.001$), ($r = -0.403$; $p = 0.010$) y ($r = -0.413$; $p = 0.008$) respectivamente. Esta correlación también ha sido obtenida por otros estudios pero de forma menos significativa (da Silva et al., 2010). Esta correlación también se pone de manifiesto entre el rendimiento en el test RSA y la velocidad a la que se produce el umbral anaeróbico interválico, en el test TIVRE-Fútbol®. Así obtenemos una correlación negativa significativa ($r = -0.550$; $p = 0.001$; $r = -0.48$; $p = 0.003$) entre la velocidad del umbral anaeróbico interválico (UAI) el *Sdec* y el *Change* respectivamente.

Otro de los principales objetivos de este estudio fue comprobar la influencia de la recuperación en el rendimiento del futbolista. Como hemos mencionado anteriormente el TIVRE-Fútbol® es un test Interválico que nos va a permitir evaluar la recuperación entre los diferentes intervalos de esfuerzo, tanto antes como después del umbral anaeróbico, como la recuperación total. Por lo tanto nos planteamos la hipótesis de que los sujetos que tuvieran una mejor recuperación, recuperarían más entre los diferentes sprints y por lo

tanto tendrían unos mejores índices de fatiga. Si llevamos a cabo un análisis del rendimiento en el RSA dividiendo a los sujetos en función de su recuperación total clasificándolos en: por debajo de la media (REC TOTAL <10%), en la media (REC TOTAL \geq 10 y <15%) y por encima de la media (REC TOTAL \geq 15%) expresado en porcentaje de recuperación de la HRmax obtenemos que los futbolistas que mejor recuperan no son los futbolistas que mejores valores absolutos obtienen (no hay diferencias significativas entre ellos), pero si son los que mejores índices de fatiga presentan.

Diversos estudios analizan la carga externa de los jugadores de fútbol en un partido, en función de los roles desempeñados, dándonos valores como la distancia recorrida en función de la posición (Di Salvo et al., 2007; Kalapotharakos et al., 2011), de los tipos y tiempos de esfuerzos empleados (Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Castagna, D'Ottavio, & Abt, 2003; Di Salvo et al., 2007) demostrando que los jugadores que más distancia recorren en un partido de fútbol son los centrocampistas (Di Salvo et al., 2007). Todos estos datos son extraídos del análisis de partidos competitivos, pero desde nuestro conocimiento, no hay estudios que muestren que jugadores tienen mejor capacidad de recuperación. Así si analizamos la recuperación en los diferentes test en función de la posición desempeñada por los jugadores, para ello hemos llevado a cabo una clasificación de los jugadores en defensas centrales (CD), defensas laterales (LD), centrocampistas (M), extremos y delanteros (F) (Di Salvo et al., 2007) observamos que los jugadores que mejor recuperan tras un esfuerzo máximo son los laterales. Los centrocampistas son los jugadores que más distancia recorren a intensidades bajas y medias, es decir entre 11.1-14 y 14.1-19 km (Di Salvo et al., 2007) por lo tanto son los jugadores que más acostumbrados están a esos tipos de esfuerzos y como consecuencia recuperaran mejor a esas intensidades, recuperación pre umbral anaeróbico Interválico. Otros estudios (Orendurff et al., 2010) nos muestran que los jugadores que más sprints y que más porcentaje del tiempo de un partido están a máxima velocidad son los extremos (LM), y observamos que son los que mejor recuperan post umbral anaeróbico Interválico. Los centrocampistas son los que más distancia recorren en un partido, los que su participación en el juego es mayor, ya se encuentran en una posición intermedia con respecto al balón y los que el tiempo que transcurre entre sus acciones es menor que la del resto de posiciones (Orendurff et al., 2010), y esto puede ser la causa de que sean los que mejor recuperan globalmente para desempeñar las acciones requeridas.

Si llevamos a cabo un análisis de la recuperación entre los diferentes test utilizados en el estudio, los resultados obtenidos muestran que los sujetos que tienen una mejor recuperación al finalizar la prueba de VO₂max (a los 30 s) son los sujetos que mejor recuperación total y post umbral tienen en un test Interválico, como es el TIVRE-Fútbol® ($p = 0.39$) y ($p = 0.010$) respectivamente. Estas recuperaciones son comparables entre si ya que en ambos casos, en la prueba de VO₂max y en el Test TIVRE-Fútbol®, la recuperación es de 30 s y en la misma posición, de pie y parados, es decir una recuperación pasiva.

Futuros estudios deben de profundizar en la interrelación entre el metabolismo aeróbico y el anaeróbico en las acciones fundamentales del fútbol como el sprint

CONCLUSIONES

1. Los futbolistas con mayor capacidad aeróbica parecen adaptarse mejor a realizar ejercicios de intensidad máxima, presentando una mejor y más rápida recuperación tanto a esfuerzos máximos como a esfuerzos submáximos realizados a diferentes intensidades.
2. Los futbolistas con mayor capacidad aeróbica además de una mejor capacidad de recuperación, también presentan mejor rendimiento y resultados en los índices de fatiga en un test RSA. Relación condicionada por el protocolo del test RSA utilizado futbolistas jóvenes ya que hasta 8 repeticiones no hay estancamiento de los índices de fatiga.
3. La interrelación entre el VO₂max, medido en laboratorio y estimado en test de campo continuo y discontinuo, y de éste con el test RSA, además de validar la utilización del test TIVRE-Fútbol, refleja la asociación y contribución del metabolismo aeróbico a la realización de sprints repetidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 278-285.
- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.

- Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci*, 16(2), 110-116.
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Borg, G., Ljunggren, G., & Ceci, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(4), 343-349.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol*, 101(4), 503-511.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med*, 38(8), 633-646.
- Bradley, P. S., Carling, C., Gomez Diaz, A., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., . . . Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Hum Mov Sci*, 32(4), 808-821.
- Buchheit, M. (2012). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 293(1), H8-10.
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *J Sports Sci*, 30(4), 325-336.
- Castagna, C., D'Ottavio, S., & Abt, G. (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res*, 17(4), 775-780.
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1172-1176.
- Cottin, F., Medigue, C., Lopes, P., Lepretre, P. M., Heubert, R., & Billat, V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med*, 28(4), 287-294.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*, 18(2), 353-358.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.

- Duncker, D. J., & Bache, R. J. (2008). Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev*, 88(3), 1009-1086.
- Dupont, G., McCall, A., Prieur, F., Millet, G. P., & Berthoin, S. (2010). Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. *Eur J Appl Physiol*, 110(3), 627-634.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 95(1), 27-34.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Francis, K. T., McClatchey, P. R., Sumsion, J. R., & Hansen, D. E. (1989). The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 59(4), 273-277.
- Garcia-Lopez J., Villa J.G., Rodriguez-Marroyo J.A., Morante J.C., Alvarez E., Jover R. (2003). Aplicación de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para valorar la cualidad aeróbica en futbolistas de la liga española. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 71, 80-1.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M. (2008). Multiple-sprint work: methodological, physiological, and experimental issues. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(1), 107-112.
- Goodman, J. M., Liu, P. P., & Green, H. J. (2005). Left ventricular adaptations following short-term endurance training. *J Appl Physiol* (1985), 98(2), 454-460.
- Hautier, C. A., Arsac, L. M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4), 839-843.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Javorka, M., Zila, I., Balharek, T., & Javorka, K. (2002). Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res*, 35(8), 991-1000.
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1995). Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *Int J Sports Med*, 16(8), 541-544.
- Kalapotarakos, V. I., Ziogas, G., & Tokmakidis, S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1502-1507.
- Kentta, G., & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*, 26(1), 1-16.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.

- Krustrup, P., Mohr, M., & Bangsbo, J. (2002). Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status. *J Sports Sci*, 20(11), 861-871.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6), 1165-1174.
- Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 49(1), 1-12.
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6(2), 93-101.
- Midgley, A. W., Carroll, S., Marchant, D., McNaughton, L. R., & Siegler, J. (2009). Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set of standardized criteria. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(2), 115-123.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Med*, 37(12), 1019-1028.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*, 23(6), 593-599.
- Mohr, M., Krustrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches-beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports*, 14(3), 156-162.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Orendurff, M. S., Walker, J. D., Jovanovic, M., Tulchin, K. L., Levy, M., & Hoffmann, D. K. (2010). Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2683-2692.
- Ostojic, S. M., Stojanovic, M. D., & Calleja-Gonzalez, J. (2011). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise: relations to aerobic power in sportsmen. *Chin J Physiol*, 54(2), 105-110.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- 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. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci*, 15(3), 257-263.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci*, 18(9), 669-683.
- Rowland, T. (2008). Echocardiography and circulatory response to progressive endurance exercise. *Sports Med*, 38(7), 541-551.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.

- Sugawara, J., Murakami, H., Maeda, S., Kuno, S., & Matsuda, M. (2001). Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. *Eur J Appl Physiol*, 85(3-4), 259-263.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelegue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Vaquera, A., Villa, J. G., Morante, J. C., Thomas, G., Renfree, A., & Peters, D. M. (2015). Validity and test - retest reliability of the TIVRE-Basket(R) test for the determination of aerobic power in elite male basketball players. *J Strength Cond Res*. 2015 Jun 22. [Epub ahead of print]
- Vincenzo, M., Antonio, B., Maria, I. F., Ivan, C., & Carlo, C. (2013). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the pre-competitive season. *J Strength Cond Res*, 27(3), 631-636.
- Viola, A. U., James, L. M., Archer, S. N., & Dijk, D. J. (2008). PER3 polymorphism and cardiac autonomic control: effects of sleep debt and circadian phase. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 295(5), H2156-2163.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 30(3), 462-467.

5.2 EFECTO DE LA EDAD EN LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y LA CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS EN JUGADORES DE FÚTBOL DE UNA MISMA CATEGORÍA.

Resumen: El objetivo de este estudio fue identificar las diferencias en la cualidad aeróbica, recuperación y el rendimiento en la capacidad para repetir sprints en jugadores jóvenes de fútbol pertenecientes a una misma categoría en función de su edad. La media (\pm SD) de edad, peso, altura, porcentaje de grasa de los 43 futbolistas fueron respectivamente de 16.9 ± 0.9 años, 67.9 ± 6.9 Kg, 175.0 ± 6.7 cm, 14.9 ± 5.2 %; y su VO_{2max} de 55.2 ± 4.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Todos realizaron una prueba ergoespirométrica máxima en tapiz rodante, un análisis cineantropométrico, un test RSA y un test TIVRE-Fútbol®. Los sujetos de más edad (18) mostraron diferencias significativas en el porcentaje de recuperación de la frecuencia cardíaca total, pre y post umbral anaeróbico interválico (UAi) ($14.2 \pm 2.3\%$, $16.7 \pm 4.1\%$ y 9.4 ± 2.6 % respectivamente) con respecto a los futbolistas más jóvenes de 16 ($11.2 \pm 3.5\%$, $13.3 \pm 3.9\%$ y $7.6 \pm 3.2\%$) y 17 ($10.7 \pm 2.4\%$, 12.6 ± 2.7 % y $7.2 \pm 2.3\%$) años. No se obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento en el test RSA y en el test TVRE- Fútbol. Se obtuvieron correlaciones significativas entre las velocidades máximas alcanzadas en el test de laboratorio y en el test de campo TIVREFútbol® y el rendimiento en el test RSA. Los jugadores de más edad que pertenecen a una misma categoría juvenil presentan significativamente una mejor recuperación que sus compañeros de menor edad. Existe una relación entre la cualidad aeróbica (determinada mediante la velocidad máxima en test incremental) y el rendimiento en test RSA.

Palabras clave: RSA, Recuperación, Edad, Rendimiento, Fútbol, Umbral anaeróbico interválico, sprints, Consumo de oxígeno, Frecuencia cardíaca, Test de campo

INTRODUCCIÓN.

El fútbol es uno de los deportes más populares del mundo y una gran cantidad de investigación ha llevado a cabo sobre diversos aspectos de este deporte. Sin embargo, la mayoría de los estudios pertinentes se han basado en jugadores de fútbol de élite o profesional, y hay poca investigación acerca de los jóvenes jugadores de fútbol que no sean de elite (Gil, Gil, Ruiz, Irazusta, & Irazusta, 2007).

Los participantes en los deportes de categoría de base se agrupan por edad, que es un criterio de selección utilizado para salvaguardar la igualdad de oportunidades (Helsen, van Winckel, & Williams, 2005). Sin embargo, pueden surgir diferencias debido a la existencia de variaciones individuales significativas en relación con el crecimiento y la madurez tanto en la infancia como en la adolescencia (Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro, & Aroso, 2004).

Los jugadores jóvenes, especialmente los que se encuentran durante la pubertad, tienen una mejor capacidad para resistir o retrasar la aparición de la fatiga que los adolescentes y adultos durante pruebas intermitentes de alta intensidad (Ratel, Bedu, Hennegrave, Dore, & Duche, 2002). Esto es de interés en el fútbol, ya que estos patrones de actividad de alta intensidad son una parte integral de las exigencias físicas del fútbol juvenil (Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010).

Es bien sabido que el rendimiento en varios test físicos está afectado por el crecimiento (Mendez-Villanueva et al., 2010). Dentro de un grupo de edad cronológica dada, algunos niños pueden tener ventajas o desventajas en el rendimiento en un test físico debido a su estado de madurez, independientemente de otros factores (Beunen et al., 1992). Se ha analizado la relación entre la maduración y el rendimiento en la capacidad aeróbica (Mero, Kauhanen, Peltola, Vuorimaa, & Komi, 1990) así como la influencia de la maduración en la relación entre el sprint y la velocidad aeróbica máxima (Mendez-Villanueva et al., 2010), mostrándose el rendimiento aeróbico independiente del estado de madurez biológica en jugadores de fútbol de U-12 hasta U-15 (Teixeira et al., 2015) y del estado puberal en deportistas de 12 a 14 años (Coelho et al., 2010). Estudios con sujetos de más edad (8-16 años) concluyen que la maduración sexual influye poco en la variación del VO_2 max durante la adolescencia, habiéndose relacionado más con el porcentaje de grasa (Mota et al., 2002) y con cambios en el crecimiento y la composición corporal durante la adolescencia (Welsman, Armstrong, Nevill, Winter, & Kirby, 1996).

Se ha analizado el rendimiento en la capacidad de repetir sprints en función del nivel del equipo al que pertenece el jugador (Abrantes, Macas, & Sampaio, 2004; Rampinini et al., 2009) y en función de la edad del jugador (Abrantes et al., 2004; Mujika, Spencer, Santisteban, Goirienea, & Bishop, 2009), demostrándose que los jugadores profesionales son superiores a jugadores semi-profesionales en esta capacidad (Abrantes et al., 2004) y que los jugadores de más edad presentan significativamente un mejor rendimiento.

El tiempo total mejora progresivamente con la edad desde los 11 hasta los 15 años, mientras que no hay mejoras significativas evidentes entre los grupos de edad desde los 15 hasta los 18 años, no obteniéndose diferencias en los índices de fatiga en función de la edad (Mujika et al., 2009). Estas diferencias pueden ser atribuibles a factores dependientes de tamaño (por ejemplo, el tamaño del músculo) y factores independientes del tamaño (por ejemplo, la genética y los factores hormonales) (Van Praagh & Dore, 2002). No se ha analizado si existe una relación entre la capacidad de repetir sprint y la capacidad de recuperación en jugadores de esta edad.

Teniendo en cuenta que durante la infancia y la adolescencia las mediciones de la tasa o la capacidad de las vías anaeróbicas para recambio de energía presentan varias dificultades éticas y metodológicas (Van Praagh & Dore, 2002), la realización de sprints repetidos parece ser una buena herramienta alternativa (Abrantes et al., 2004).

La recuperación post ejercicio, es más elevada en los sujetos de menor edad en comparación con sus compañeros de mayor edad (Ratel, Duche, & Williams, 2006). Por otra parte, la frecuencia cardíaca post-ejercicio y la variabilidad de la frecuencia cardíaca, los cuales se han utilizado en estudios como indicadores de la fatiga crónica (Borresen & Lambert, 2008), no han mostrado cambios durante el periodo competitivo en jóvenes jugadores de fútbol altamente entrenados (Buchheit, Simpson, Al Haddad, Bourdon, & Mendez-Villanueva, 2012). Esto sugiere una mayor capacidad para tolerar o retrasar la aparición de la fatiga acumulada en este grupo de edad. Si bien hay estudios que comparan el rendimiento de niños con adultos no hay estudios que analicen las diferencias de rendimiento en función de las edades que componen una misma categoría juvenil.

La recuperación de la frecuencia cardíaca (HRR) se ha estudiado referenciándose como la velocidad a la que la HR disminuye tras un ejercicio moderado o intenso, en respuesta a una combinación de la activación del sistema nervioso parasimpático y una desactivación del simpático (Ostojic, Stojanovic, & Calleja-Gonzalez, 2011). Bloomfield et al., (2007) reportaron que aproximadamente el 80-90% del rendimiento en un partido se realiza a baja y moderada velocidad de carrera, mientras que el restante 10-20% se realiza a alta intensidad en marcha y corriendo. Y es conocido que la HRR cambia en función de los cambios puntuales de la carga de entrenamiento (Borresen & Lambert, 2007). Sin embargo no hay resultados claros que indiquen que la HRR es una medida sensible de control autonómico (Yamamoto, Miyachi, Saitoh, Yoshioka, & Onodera, 2001), y si la HRR puede

ser utilizada como un índice que representa la capacidad del organismo para responder al entrenamiento, ni si existen diferencias en la HRR en sujetos de una misma categoría con diferentes edades.

Por lo tanto el objetivo de este estudio es analizar si los futbolistas de más edad dentro de una misma categoría pospuberal (juvenil), presentan mejores valores de rendimiento en la capacidad y resistencia aeróbica, en la capacidad de repetir sprints (RSA), y en la recuperación al finalizar un test máximo y entre las diferentes intensidades de esfuerzo de un test interválico progresivo y maximal.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diseño experimental.

Los 43 jugadores de fútbol fueron citados en el Laboratorio de Valoración de la Condición Física, del grupo de investigación VALFIS, con el suficiente tiempo como para realizar en análisis cineantropométrico y un calentamiento estandarizado antes de realizar el test ergoespirométrico máximo. Los otros tres test, TIVRE-Fútbol®, Course Navette y RSA eran realizados en este mismo orden durante los 15 siguientes días y con una separación de al menos 48 h y sin haber realizado actividad física el día previo, realizándose estos en su campo habitual de entrenamiento con su indumentaria habitual (botas de fútbol y ropa de entrenamiento). Se instó a los jugadores a no ingerir ningún tipo de bebida con cafeína previamente y durante la realización del estudio.

Valoración cineantropométrica.

Inicialmente se midió el peso corporal (báscula COBOS modelo 50K150, con precisión de 10 g); talla (Tallímetro Detecto, modelo D52, USA, con una precisión de 0.5 cm); y atendiendo a la metodología y ecuaciones propuestas por el ISAK (2011) y el GREC (Grupo Español de Antropometría) (Documento de consenso de FEMEDE, 2009) se estimó el porcentaje de grasa corporal (%GC) según la Ecuación de Carter: $\%GC=0,1051*(\text{sumatorio de 6 pliegues})+2,58$, siendo los pliegues cutáneos: Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo anterior y Pierna, tomados mediante adipómetro Harpender® (British Indicators LTD. Inglaterra), con precisión de 0.2 mm y 10 g/mm² de presión constante.

Medición de la cualidad aeróbica

El VO_2max fue determinado mediante test ergoespirométrico en Tapiz rodante (Cosmos® Pulsar 4.0) que atendió a un protocolo en rampa, triangular, progresivo, continuo y máximo, comenzando con una velocidad de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y con incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada min, y pendiente constante del 1%, hasta el agotamiento o extenuación. Se consideró VO_2max cuando se cumplieron al menos dos de los siguientes criterios: 1º, meseta en el VO_2max aun con el aumento de la velocidad mayor a 2 min, 2º, un cociente respiratorio (QR) superior a 1,15 y 3º, una frecuencia cardíaca (HR) $\pm 10 \text{ latidos}\cdot\text{min}^{-1}$ de la HRmax predicha para su edad (220-edad); en el caso de no obtenerse meseta y si un $\text{VO}_2\text{maxpico}$, éste se ha de acompañar de los 2 criterios referidos (Midgley, Carroll, Marchant, McNaughton, & Siegler, 2009; Midgley, McNaughton, Polman, & Marchant, 2007). Antes de cada prueba, el volumen ventilatorio y los gases se calibraron de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Durante la prueba a los sujetos se les preguntaba el nivel de esfuerzo percibido atendiendo a Escala de Borg de 1 a 10 al finalizar cada nivel de intensidad (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004). Mediante el software Medisoft se identificaron los umbrales ventilatorios, aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), atendiendo a criterios de incremento de la VE y del aumento del $\text{VE}\cdot\text{VO}_2^{-1}$ sin el aumento del $\text{VE}\cdot\text{VCO}_2^{-1}$ para el VT1, y del incremento del $\text{VE}\cdot\text{VO}_2^{-1}$ con un incremento paralelo del $\text{VE}\cdot\text{VCO}_2^{-1}$ para hallar el VT2 (Cottin et al., 2007).

Capacidad de repetir sprints.

Después de un calentamiento estandarizado de 12 minutos, cada jugador realizó un test RSA consistente en 8 sprints máximos de 30 m con 25 s de recuperación. Los jugadores de fútbol comenzaban desde 0.5 m antes de la primera fotocélula (Chaouachi et al., 2010) para correr lo más rápido posible, y después de la recuperación activa situarse en la línea de salida 2 o 3 s antes de realizar la siguiente repetición. Las fotocélulas (DSD *Laser System and software Sport test* (v3.2.1)) fueron usadas para evaluar el rendimiento e incrementar la fiabilidad. Si el rendimiento en el primer sprint en el test RSA era más lento que los criterios de maximalidad (un incremento del 5% respecto a su máxima velocidad determinada específicamente y mediante esta metodología en entrenamiento anterior) el test se daba por finalizado y el jugador repetía el test después de 5 min de recuperación. Como indicadores del rendimiento se seleccionaron 3 valores absolutos como son el tiempo total ($\text{RSA}_{\text{total}}$), el tiempo medio ($\text{RSA}_{\text{media}}$), y el mejor sprint ($\text{RSA}_{\text{mejor}}$); y 2 índices

de fatiga como son el decrecimiento (*Sdec*): $((TT/BT * n^{\circ} \text{ sprints}) * 100) - 100$ (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005), y la diferencia entre el primer y último sprint (*Change*): $(100 * ((FIRST - LAST)/LAST))$ (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008).

Test TIVRE FÚTBOL®.

El test interválico para la valoración de la resistencia específica del fútbol (TIVRE-Fútbol®, Garcia-Lopez et al., 2003), es un test de campo interválico o discontinuo, triangular, progresivo y máximo. Consiste en recorrer 256.2 m a la misma velocidad durante cada intervalo, que consta de 2 vueltas a un circuito de 128.1 m con 9.15 m de medida estándar, balizado con 14 conos de 0.5 m de altura cada 9.15 m para coincidir el ritmo de carrera con las señales acústicas (pitidos/beeps) emanadas del software y amplificadas por altavoces). La velocidad de inicio fue de $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, y tras completar el intervalo hay 30 s de recuperación pasiva en bipedestación en la misma baliza de inicio. Tras ella se incrementa en $0.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada intervalo seguido de su pausa de recuperación de 30 s. Y así hasta el máximo agotamiento, momento en el que no llega durante tres balizas consecutivas a seguir el ritmo emanado del software, procediéndose a anotar los metros recorridos.

Previamente al mismo los futbolistas realizaron un protocolo de familiarización con el test, que servía así mismo de calentamiento. También se instruye a los jugadores para que registren tanto su percepción de esfuerzo justo al finalizar cada intervalo correspondiente (Borg, Ljunggren, & Ceci, 1985), como su percepción de recuperación Escala TQR de 6 a 20 (Kentta & Hassmen, 1998) justo antes de comenzar el siguiente intervalo.

El punto de inflexión en la relación velocidad de carrera-frecuencia cardiaca a través del software específico (ProTrainer 5® V5.40.171, Polar® Electro Oy, Finland) mediante la traza de las rectas tangentes que pasen por el mayor número de frecuencias cardiacas máximas de cada intervalo se ha relacionado con la identificación del umbral anaeróbico (UAi) (Francis, McClatchey, Sumsion, & Hansen, 1989; Jones & Doust, 1995; Vaquera, Villa, Morante, Thomas, Renfree, & Peters, 2015) test objetivo y fiable para determinar el porcentaje de recuperación tras los 30 s de cada progresiva intensidad o intervalos de esfuerzo submáximos, pudiéndose promediar el porcentaje total de recuperación de todos los intervalos de esfuerzo completados, o incluso el porcentaje de recuperación de antes (%REC-PreUAi) y después (%REC-PostUAi) de la intensidad identificada como Umbral

Anaeróbico Interválico (UAI) en esta metodología. E incluso permitiría estimar el $VO_2\max$ en función del número de intervalos de esfuerzo completados, o del número de metros recorridos, en el test, al igual que en el Yo-Yo intermitente recovery test (Krustrup et al., 2003), Course Navette o test de Leger Mercier (Leger & Lambert, 1982).

Análisis Estadístico.

Los datos estadísticos fueron analizados con el software estadístico SPSS Statistics 17.0 V 17.0.0. Antes de realizar el análisis se comprobó la normalidad mediante la prueba Shapiro-Wilk. Se utilizó el Anova de un factor para comprobar la diferencia en el rendimiento y en la recuperación en las diferentes variables mediante el análisis post hoc Bonferroni y Student Neuman–Keuls con un nivel de significatividad de $p < 0.05$. La significación estadística se estableció en $p < 0.05$. Todos los datos se presentan como media y desviación estándar ($\pm SD$).

RESULTADOS.

Las características antropométricas analizadas en función de las diferentes edades que componen la categoría juvenil, los valores máximos, en el umbral, los cuales se obtienen a intensidades del $83.9 \pm 6.7\%$; $85.5 \pm 7.6\%$ y $84.9 \pm 4.5\%$ del $VO_2\max$ el VT2 y de 66.9 ± 7.6 ; 68.4 ± 7.6 y 68.5 ± 5.7 del $VO_2\max$ el VT1 para 16, 17 y 18 años y de recuperación, no muestran diferencias significativas entre las diferentes edades que componen la categoría juvenil (Tabla 1).

La distancia recorrida (m) por los jugadores en el test TIVRE-Fútbol® fue de 3088.7 ± 443.8 , 3048.4 ± 534.1 y 2767.4 ± 389.5 para los futbolistas juveniles de 16, 17 y 18 años respectivamente. Los valores máximos, en el umbral anaeróbico interválico (UAI) y en la recuperación del test TIVRE-Fútbol®, expresada como promedio del porcentaje de recuperación del total de los intervalos o diferentes intensidad de esfuerzo que lo integran (%REC-Tot), o en el promedio del porcentaje de recuperación de los intervalos de esfuerzos previos a la intensidad identificada como UAI (%REC-PreUAI), o posteriores (%REC-PostUAI), muestran que los jugadores mayores (18 años) presentan significativamente una mejor recuperación total y recuperación pre umbral anaeróbico interválico que sus los de menos edad (16 y 17 años) (Tabla 2).

Tabla 1. Parámetros cineantropométricos y valores máximos, en el umbral anaeróbico ventilatorio-VT2, el umbral aeróbico ventilatorio-VT1 y en la recuperación de la prueba ergoespirométrica máxima en función de la edad de los futbolistas de categoría juvenil

		Edad			
		16 (n=20)	17 (n=13)	18 (n=10)	Total (43)
Valores antropométricos	Peso (kg)	67.0 ± 5.3	68.7±8.7	66.8±7.7	67.5±6.9
	Talla (cm)	174.5±5.0	176.6±8.1	173.9±8.0	175.0±6.7
	IMC	22.1± 2.2	22.0±2.3	22.1±1.9	22.1±2.1
	%Grasa	15.3± 5.6	16.1±5.1	12.2±3.9	14.8±5.2
Valores máximos	HRmax (ppm)	194.9±7.5	195.0±10.5	194.7±7.0	194.9±8,3
	VO ₂ max (L·min ⁻¹)	3.7±0.3	3.9±0.6	3.6±0.3	3.7±0.4
	VO ₂ max R (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	55.3±4.0	55.6±4.0	54.5±5.8	55.2±4.4
	VE (l·min ⁻¹)	150.7±15.3	150.8±24.6	146.7±13.3	149.8±18.1
	Vel (km·h ⁻¹)	16.3±1.9	16.4±1.7	15.3±2.0	16.1±1.9
	METs VO ₂ max	15.7±1.2	15.9±1.1	15.5±1.7	15.7±1.3
Valores en el umbral anaeróbico VT2	VO ₂ (L·min ⁻¹)	3.1±0.3	3.4±0.7	3.0±0.3	3.2±0.5
	VO ₂ R (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	46.4±4.7	47.7±6.3	46.2±4.7	46.8±5.2
	%VO ₂ max	83.9±6.7	85.5±7.6	84.9±4.5	84.7±6.5
	Velocidad (km·h ⁻¹)	13.6±1.7	13.6±1.8	12.7±1.8	13.4±1.7
	%Vel max	83.4± 0.9	83.0±2.1	83.0±1.2	83.2±1.5
	HR (ppm)	180.5±7.4	181.9±9.1	178.9±13.3	180.6±9.4
	%HRmax	92.5±3.2	93.8±2.0	91.7±5.2	92.7±3.5
METs	13.3±1.3	13.6±1.8	13.2±1.3	13.4±1.5	
Valores en el umbral aeróbico VT1	VO ₂ (L·min ⁻¹)	2.5±0.3	2.6±0.6	2.5±0.3	2.5±0.4
	VO ₂ R (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	37.0±4.6	38.1±5.4	37.2±3.6	37.4±4.6
	%VO ₂ max	66.9±7.6	68.4±7.6	68.5±5.7	67.8±7.1
	Velocidad (km·h ⁻¹)	10.5±1.3	10.4±1.4	9.5±1.3	10.2±1.4
	%Vel max	64.6±2.6	63.0±1.8	62.1±2.4	63.6± 1.7
	HR (ppm)	158.6±11.2	159.2±12.4	158.3±12.5	158.7±11.6
	%HRmax	81.3± 5.0	81.9± 4.6	81.3± 6.8	81.5±5.2
METs	10.6±1.3	11.1±1.9	10.6±1.0	10.8±1.5	
Valores HR recuperación	%RECHRmax30 s	7.3±3.4	8.8±2.3	10.7±4.7	8.5±3.5
	%RECHRmax1 min	16.3±5.2	16.4±4.1	19.5±4.4	17.1±4.8
	%RECHRmax2 min	29.7±6.9	29.8±3.2	41.5±32.0	32.6±16.6
	%RECHRmax3 min	36.1±6.2	35.6±2.7	36.2±3.4	35.9±4.5

Antr = Antropometría; IMC= índice de masa corporal; VE = Ventilación; Vel = velocidad; REC = Recuperación; VT1 = umbral ventilatorio aeróbico; VT2 = umbral ventilatorio anaeróbico; HR = frecuencia cardíaca.

Los valores de recuperación expresados como porcentaje de recuperación de la frecuencia cardíaca, tanto al finalizar el test ergoespirométrico en laboratorio, como al finalizar el test de campo interválico se muestran en la figura 1. No se obtienen diferencias significativas en los valores de recuperación entre ambos test.

Tabla 2. Valores máximos, en la intensidad identificada como umbral anaeróbico interválico y en la de recuperación en el test TIVRE-Fútbol® en función de la edad.

		Edad			
		16 (n=20)	17 (n=13)	18 (n=10)	Total (43)
Max	HRmax (ppm)	195.4±6.4	194.9±8.9	198.5±7.0	196.1±7.4
	Distancia (m)	3088.7±443.8	3048.4±534.1	2767.4±389.5	2990.5±470.
	Vel (km·h ⁻¹)	16.5±1.0	16.1±1.2	15.3±1.4	16.1±1.3
Uai	HR (ppm)	182.4±6.5	182.8±8.7	187.9±6.8	184.0±7.6
	%HR	81.7±4.7	82.8±5.2	85.0±5.7	83.0±5.2
	Vel (km·h ⁻¹)	13.7±1.0	13.2±1.2	13.0±1.3	13.3±1.2
	%Vel max	93.4±3.3	93.8±1.5	94.7±2.3	93.9±2.5
REC	%RECHRmax 30 s	7.5±3.1	7.2±2.4	9.0±3.7	7.8±3.1
	%RECHRmax 1 min	19.6±5.8	17.3±4.2	18.9±5.3	18.6±5.2
	%RECHRmax 2 min	31.9±6.1	30.0±4.2	31.8±5.5	31.3±5.3
	%RECHRmax 3 min	36.5±4.5	34.0±2.9	36.2±5.5	35.7±4.5
	%REC-Tot	11.2±3.5	10.7±2.4	14.2±3.1 *†	11.9±3.3
	%REC-PreUai	13.3±3.9	12.6±2.7	16.7±4.1 *†	14.0±3.9
	%REC-PostUai	7.6±3.2	7.2±2.3	9.4±2.6	8.0±2.8

Máx. = Valores máximos; Vel = velocidad; Uai = valores en el umbral anaeróbico interválico; HR = frecuencia cardíaca; %RECHRmax = porcentaje de recuperación tras la finalización del test; %RECPost = promedio del porcentaje de recuperación de las intensidades mayores o posteriores a la identificada como umbral anaeróbico interválico; %RECPre = promedio del porcentaje de recuperación de las intensidades menores o previas a la identificada como umbral anaeróbico interválico; %RECTotal = promedio del porcentaje de recuperación de todas las intensidades o intervalos de esfuerzo del test TIVRE-Fútbol® Valores Medios ± SD. Diferencias significativas: * $p < 0.05$, entre 18 y 17 años; † $p < 0.05$ entre 18 y 16 años

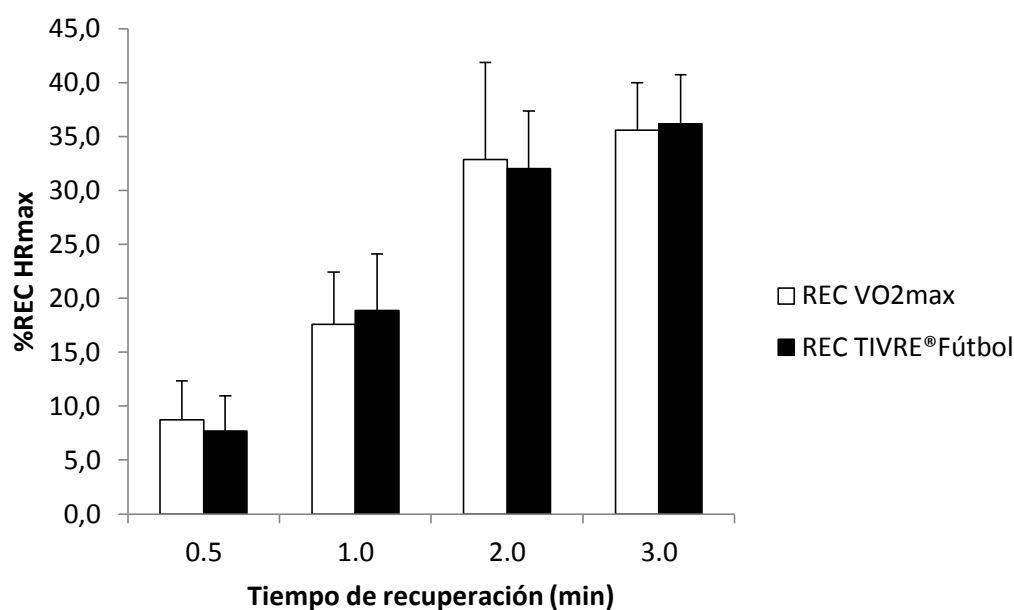


Figura 1. Valores de recuperación de la frecuencia cardíaca (HR) al finalizar es test ergoespirométrico máximo en laboratorio (REC VO₂max) y al finalizar el test específico intermitente progresivo y maximal (REC TIVRE®Fútbol) expresados en porcentaje de recuperación del HRmax.

Los valores de recuperación, entre cada uno de los intervalos de esfuerzo, progresivos, intermitentes, con una duración de 30 s se muestran en la figura 2. Hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los futbolistas de mayor edad (18 años) y sus compañeros de menor edad (15 años) en las recuperaciones a velocidades de 9, 9.6, 10.2 y 16.6 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Entre los futbolistas de mayor edad y los de 17 años, solo se obtienen diferencias significativas en el intervalo de recuperación tras una velocidad de 12.6 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

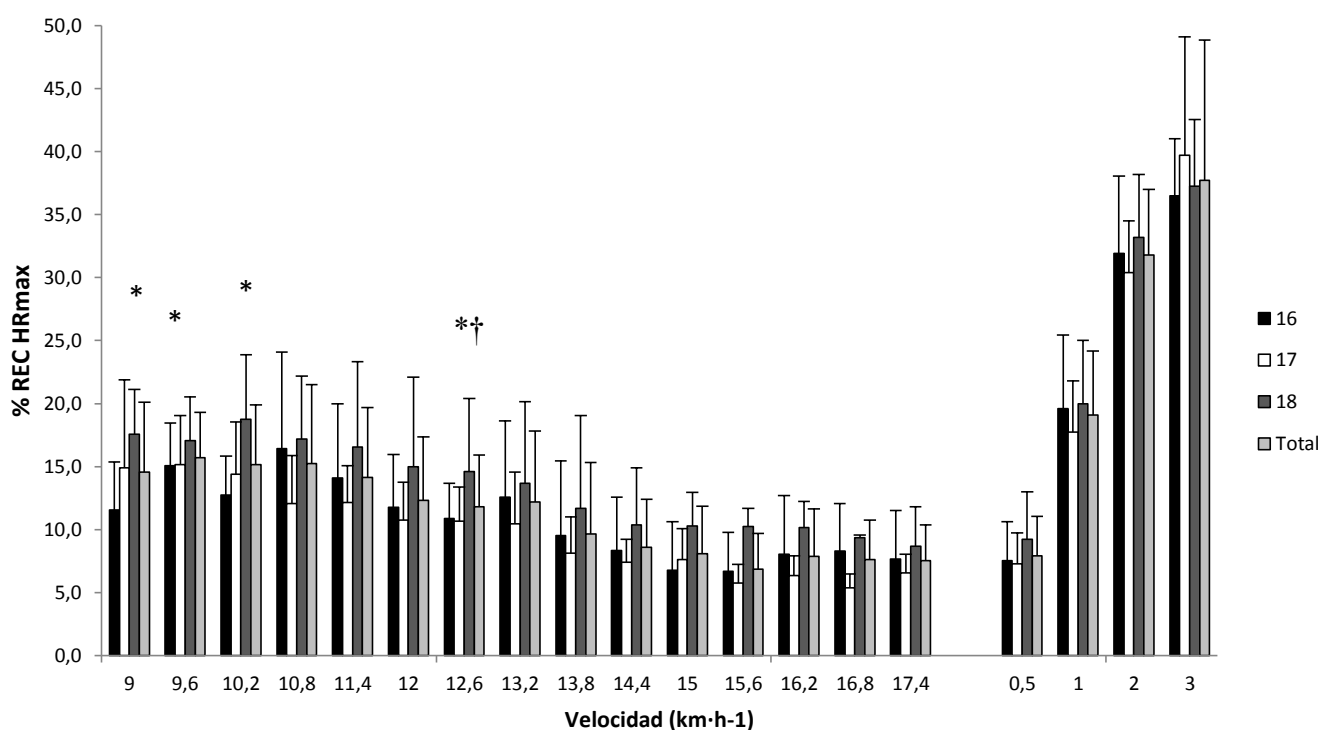


Figura 2. Valores de recuperación entre cada uno de los intervalos de recuperación del test TIVRE-Fútbol en función de la edad en sujetos de una misma categoría. Diferencias significativas: $*p < 0.05$ entre sujetos de 16 y 18 años de edad; Diferencias significativas: $\dagger p < 0.05$ entre sujetos de 18 y 17 años.

En la tabla 3 se muestra que no hay diferencias significativas en el rendimiento I en el test RSA ni en los valores absolutos ni en los índices de fatiga en función de las diferentes edades que componen la categoría juvenil, siendo valores similares y sin que se observe tendencia en los mismos en función de una mayor o menor edad.

Tabla 3. Valores absolutos e índices de fatiga en el test de campo para valorar la capacidad de repetir sprints (RSA), 8x30m, en función de la edad de los futbolistas de una misma categoría juvenil.

	16 (n=20)	17 (n=13)	18 (n=10)	TOTAL (43)
RSA _{mejor} (s)	4.40±0.18	4.43±0.19	4.51±0.34	4.43±0.21
RSA _{total} (s)	36.71±1.42	37.48±1.75	38.14±2.95	37.19±1.85
RSA _{media} (s)	4.59±0.18	4.69±0.22	4.77±0.37	4.65±0.23
Sdec (%)	4.19±2.03	5.69±2.27	5.60±1.58	4.91±2.14
Change (%)	5.90±4.45	9.36±3.71	7.76±4.22	7.35±4.37

RSA_{mejor} =sprint de mejor tiempo; RSA_{media} =tiempo medio de sprints; RSA_{total} =tiempo total de sprints; Sdec=decrecimiento de los sprints en el test; Change=disminución entre mejor y peor sprint. Valores Medios ± SD. Diferencias significativas: * $p < 0.05$

Las correlaciones obtenidas entre los valores máximos obtenidos tanto en el test de laboratorio como en ambos test de campo (TIVRE-Fútbol® y RSA) y los valores de recuperación pos test y durante los diferentes intervalos de esfuerzo se muestran en la tabla 4. En ella se muestran las correlaciones significativas obtenidas tanto entre el VO₂max medido en el laboratorio y la distancia recorrida en el test TIVRE-Fútbol ($r = 0.344$; $p = 0,030$) como la correlación obtenida entre el rendimiento en ambos test de campo ($r = -0.486$; $p = 0.003$); ($r = -0.578$; $p = 0.000$); ($r = -0.578$; $p = 0.000$) para la distancia recorrida en el TIVRE-Futbol® y el mejor tiempo, el tiempo total y el tiempo medio respectivamente.

Tabla 4. Coeficiente de correlación entre las variables máximas y de recuperación en el test ergoespirométrico de laboratorio, el test de campo TIVRE-Fútbol® y las variables determinantes del rendimiento absolutas índice de fatiga en un test RSA

	VO ₂ max Vel	VO ₂ max REC0,5	VO ₂ max REC1	VO ₂ max REC2	VO ₂ max REC3	TIVRE distancia	TIVRE Velmax	TIVRE %REC- Tot	TIVRE %REC- Pre	TIVRE %REC- Pos	RSA _{mejor}	RSA _{total}	RSA _{media}	Sdec
VO₂max	,605**	0,211	0,116	0,084	0,142	,344*	,521**	0,046	0,138	-0,122	-0,017	-0,108	-0,108	-0,229
VO₂maxVel		-0,08	-0,039	-0,232	0,161	,793**	,790**	-0,061	-0,013	-0,202	-,403*	-,532**	-,532**	-,367*
VO₂maxREC0,			,730**	0,148	0,138	-0,235	-0,037	,357*	0,285	,396*	0,057	0,007	0,007	-0,092
VO₂maxREC1				0,268	,545**	-0,128	-0,083	,361*	0,324	0,29	-0,126	-0,167	-0,167	-0,113
VO₂maxREC2						-0,144	-0,209	0,114	0,198	0,039	-0,13	-0,147	-0,147	-0,052
VO₂maxREC3						0,058	0,167	,413*	,396*	0,226	-0,02	-0,053	-0,053	-0,075
TIVREdis							,800**	-0,141	-0,128	-0,205	-,486**	-,578**	-,578**	-0,264
TIVREVelmax								0,008	0,035	-0,117	-0,216	-,435**	-,435**	-,536**
%REC-Tot									,958**	,819**	0,241	0,137	0,137	-0,221
%REC-PreUai										,666**	0,222	0,101	0,101	-0,267
%REC-PostUai											0,177	0,169	0,169	0,001
RSA_{mejor}												,909**	,909**	-0,074
RSA_{total}													1,000**	,348*
RSA_{media}														,348*

VO₂max R = VO₂max relativo ; VO₂maxVel = velocidad máxima alcanzada en el test ergoespirométrico en km•h⁻¹; VO₂maxREC0,5 = recuperación de la HR tras 30 s una vez alcanzado el VO₂max; VO₂maxREC1 = recuperación de la HR tras 1 min; VO₂maxREC2 = recuperación de la HR tras 2 min; VO₂maxREC3 = recuperación de la HR tras 2 min; TIVREdis = distancia recorrida en el test TIVREFútbol® ; TIVREVelmax = velocidad máxima alcanzada en el test TIVREFútbol® ; %REC-Tot=promedio del porcentaje de recuperación de la HR de todas las intensidades o intervalos de esfuerzo del test TIVRE-Fútbol ; %REC-PreUai = promedio del porcentaje de recuperación de la HR todas las intensidades o intervalos de esfuerzo pre umbral anaeróbico interválico del test TIVRE-Fútbol ; %REC-PostUai = promedio del porcentaje de recuperación de la HR de todas las intensidades o intervalos de esfuerzo post umbral anaeróbico interválico del test TIVRE-Fútbol; RSA_{mejor} = mejor sprint en test RSA en segundos; RSA_{total} = suma de todos los sprint en un test RSA en segundos; RSA_{media} = media de tiempo de los sprints en un test RSA; Sdec = decrecimiento del rendimiento en test RSA.

*p < 0.05;**p < 0.01

DISCUSIÓN.

El presente estudio analiza el rendimiento en la cualidad aeróbica, la recuperación y la capacidad de repetir sprints en futbolistas en función de la edad en sujetos de una misma categoría juvenil, no observándose diferencias en la capacidad aeróbica ($VO_2\text{max}$) ni en la resistencia aeróbica (umbrales aeróbico y anaeróbico ventilatorios) en función de la edad, con valores similares a los descritos en futbolistas de élite, pero si en la recuperación del esfuerzo, obteniendo que los de más edad (18 años) presentan significativamente una mejor recuperación entre las diferentes intensidades de esfuerzo de un test de campo discontinuo, interválico, progresivo y máximo, sin que tampoco se observen en función de la edad diferencias en los valores absolutos e índices de fatiga en la capacidad de repetir 8 sprints de 30 m (test RSA).

La capacidad aeróbica es importante para los jugadores de fútbol, ya que un alto $VO_2\text{max}$ esta correlacionado con la distancia recorrida durante un partido a alta intensidad (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001), con la situación competitiva (Kalapotharakos, Ziogas, & Tokmakidis, 2011) y el nivel del equipo (Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998). Diferentes estudios han analizado el $VO_2\text{max}$ concluyendo que los jóvenes jugadores (U18), presentan un menor $VO_2\text{max}$ que los jugadores adultos (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). Si analizamos edades más temporadas (prepubertad) los estudios no muestran diferencias en función de la edad, sino de la maduración y porcentaje de grasa, siendo más sensible la distancia o número de estadios completados en un test que el $VO_2\text{max}$ expresado en ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (Mota et al., 2002). En nuestro caso no hay diferencia en los sujetos que presentan un mayor $VO_2\text{max}$ ni absoluto ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) ni relativo ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Un estudio llevado a cabo con 1545 jugadores de fútbol obtuvo que los jugadores sub 18 presentaban significativamente ($p = 0.016$) valores más altos de $VO_2\text{max}$ relativo ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) medido en un test de laboratorio, que sujetos de edades entre 23 y 26 años (Tonnessen, Hem, Leirstein, Haugen, & Seiler, 2013) argumentando que puede ser debido a cambios en la composición corporal. El $VO_2\text{max}$ es la mejor medida para evaluar la potencia aeróbica (Reilly, 2005). Los valores de $VO_2\text{max}$, obtenidos en nuestro estudio son inferiores tanto a los obtenidos por sujetos adultos (Stolen et al., 2005) como a los obtenidos por sujetos de la misma edad (Helgerud et al. 2001; Stolen et al., 2005) e

inferiores al valor señalado como élite (Ostojic et al., 2011). Los jugadores del estudio no son jugadores de elite y ese factor es reflejado en el menor $VO_2\text{max}$ (Stolen et al., 2005).

El registro del $VO_2\text{max}$ se realizó al finalizar la pretemporada, considerándose el final de la temporada como el momento en el que el $VO_2\text{max}$ es más elevado (Casajus, 2001), mientras que otros estudios muestran lo contrario, siendo, el nivel inicial de $VO_2\text{max}$ en el comienzo de la temporada, así como el entrenamiento durante la temporada, factores que tienen un impacto en la evolución temporal de $VO_2\text{máx}$ durante la temporada (Stolen et al., 2005). De ahí que nuestros deportistas puedan obtener mejoras en este parámetro durante la temporada competitiva.

El test TIVRE-Fútbol® permite no solamente evaluar la recuperación al finalizar el mismo, sino también entre los diferentes palieres que lo componen al estar separados los mismos por 30 s, y no solo eso, sino que la identificación del umbral anaeróbico interválico (UAI) basándose en la ruptura de la linealidad de la HR (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, & Codeca, 1982), nos permitirá evaluar la capacidad de recuperación entre los diferentes intervalos de esfuerzo pre y post UAI, obteniendo que los sujetos de mayor edad (18 años) recuperan significativamente mejor que los sujetos más jóvenes en todos los parámetros de recuperación evaluados por este test. Las diferencias son significativas en la recuperación total y recuperación pre UAI entre los sujetos de 18 años y los sujetos de 17 y 16 años ($p = 0.007$) y ($p = 0.006$) respectivamente.

Además de la recuperación entre cada uno de los esfuerzos, hemos analizado la recuperación, tanto en un esfuerzo continuo progresivo y maximal (test de laboratorio) y un test interválico, progresivo y maximal (TIVRE-Fútbol®), a los 30 s 1, 2 y 3 min de finalizar el mismo. No obteniendo diferencias significativas entre la recuperación obtenida en ambos test ni en la recuperación en función de la edad.

Los resultados en nuestro estudio muestran que los futbolistas mayores son los que significativamente mejor recuperación total presentan. Estudios anteriores han obtenido que los sujetos de menor edad (11.4 ± 0.5 años) recuperan mejor tras esfuerzos de alta intensidad separados por 30 y 60 s, que jóvenes (14.7 ± 0.4 años) y adultos (24.1 ± 2.0 años) (Zafeiridis et al., 2005). Datos que están de acuerdo con estudios que muestran que los jóvenes recuperan mejor que los adultos a los 10 y 30 s tras finalizar esfuerzos de alta intensidad (Hebestreit, Mimura, & Bar-Or, 1993; Ratel et al., 2002). Argumentando que se produce una transición en el modelo de recuperación del niño al adulto, la cual se produce

en los últimos años de la pubertad (Zafeiridis et al., 2005). La diferencia puede deberse a que nuestros sujetos pertenecen a una misma categoría y comparamos sujetos con un rango de edad menor.

La recuperación depende de la magnitud de la fatiga y del ejercicio previamente realizado (Tomlin & Wenger, 2001). Se ha argumentado que los sujetos de menor edad no pueden automotivarse para realizar un esfuerzo máximo, situándolos en una posición ventajosa en la recuperación. Los mecanismos que se han argumentado para que los sujetos de menor edad recuperen mejor incluyen: los efectos de la regulación ácido-base en la energía y la generación de fuerzas, diferencias en la tasa de resíntesis de la PCr y diferencias en el metabolismo oxidativo y glucolítico durante la realización de esfuerzos de alta intensidad (Zafeiridis et al., 2005). Una mayor tasa de resíntesis de PCr puede acelerar el proceso de recuperación (Tomlin & Wenger, 2001). La tasa de resíntesis de PCr puede estar influenciada por la concentración de H^+ y la capacidad oxidativa del músculo (Arnold, Matthews, & Radda, 1984; Taylor, Bore, Styles, Gadian, & Radda, 1983). Es evidente que después del ejercicio de alta intensidad, el pH y la capacidad de las enzimas oxidativas son más altas en los niños que en los adultos (Taylor, Kemp, Thompson, & Radda, 1997). Esto está de acuerdo con hallazgos que muestran que la resíntesis de PCr es más rápida en niños que en los adultos (Kuno et al., 1995). Sin embargo nuestros datos analizando sujetos de una misma categoría (categoría juvenil española) obtienen que los jugadores de más edad son los que mejor recuperación presentan.

Una disminución de la HR en una carga submáxima, un aumento en la HRR y el aumento de los índices de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) vagales son aceptados como marcadores de mejora de la capacidad aeróbica (Buchheit et al., 2012). Cambios en la HRR e índices de HRV vagales se correlacionan en gran medida con las mejoras en las variables de rendimiento relacionadas con el fitness cardiorrespiratorio como la velocidad aeróbica máxima y el rendimiento en 10 km de carrera en corredores de fondo adultos aficionados (Buchheit, Chivot, et al., 2010). Sin embargo, un estudio con jugadores de fútbol de diferentes categorías (U13-U18) concluyeron que una mejora sustancial de la HRR no se asoció con cambios beneficiosos en cualquier variable relacionada con la aptitud-cardiorrespiratoria (VAM), mientras que una correlación moderada se encontró entre los cambios individuales en la HRR y el rendimiento en repetir sprints cuando se ajustan los cambios a la masa corporal (Buchheit et al., 2012). Datos que están de acuerdo con los hallazgos de que cambios en la HRR están más en concordancia con cambios en

el rendimiento en repetir sprints que en el rendimiento en la máxima velocidad de carrera intermitente (Velocidad final en el test 30-15) (Buchheit, Laursen, Millet, Pactat, & Ahmaidi, 2008). Este dato no ha sido corroborado por nuestro estudio, ya que no se han obtenido correlaciones entre la recuperación (evaluada tanto al finalizar un test de laboratorio, como durante y al finalizar un test de campo interválico) con las variables de rendimiento en los test RSA ni absolutas ni índices de fatiga.

La correlación baja obtenida, podría estar relacionada con las diferencias en los sujetos de estudio (el entrenamiento y los contenidos de entrenamiento), las pruebas de rendimiento empleadas (tiempo de recuperación entre esfuerzos) (Glaister, Stone, Stewart, Hughes, & Moir, 2005) y el método utilizado para el cálculo HRR (número de latidos recuperados en un minuto frente a la curva HRR).

La correlación moderada entre los valores iniciales de HRR y los cambios en MSS y el rendimiento en repetir sprints en toda la temporada, aunque se debe tener cuidado al interpretar correlación con una magnitud tan limitada, parecen confirmar que los jugadores que muestran una mayor función parasimpática en el inicio de la temporada (una HRR más rápida (Buchheit, Papelier, Laursen, & Ahmaidi, 2007) pueden mejorar más durante el transcurso de la competición (Hautala, Kiviniemi, & Tulppo, 2009).

La capacidad aeróbica puede ser una variable que influya en la capacidad de recuperación (Ostojic et al., 2011). Estudios anteriores han obtenido que sujetos con una capacidad aeróbica mayor, presentaban una HR más baja durante la recuperación que sujetos desentrenados (Short & Sedlock, 1997). Sin embargo, en los resultados de nuestro estudio, todos los grupos de edad obtienen valores similares de $VO_2\text{max}$ no existiendo diferencias significativas entre ninguno de los grupos de edad, por lo que parece que en este caso la mejora de la recuperación puede deberse a una mayor maduración o una mayor adaptación a ese tipo de esfuerzos por parte de los sujetos de más edad, más que a la influencia de la capacidad aeróbica. Sería interesante realizar este análisis en periodos de recuperación más cortos, ya que en los deportes colectivos la recuperación no es tan larga como la analizada y tampoco se realiza en una posición estática (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008).

A la hora de evaluar la capacidad aeróbica el $VO_2\text{max}$ es considerado uno de los elementos más importantes (Helgerud et al., 2001), pero no solo el $VO_2\text{max}$ es un valor determinante en el rendimiento en resistencia, sino que también el umbral anaeróbico ha

sido identificado como un valor sensible para evaluar cambios en el rendimiento (Helgerud, 1994). En este estudio hemos analizado el umbral en función de la velocidad a la que se produce, si es cierto que no obtenemos diferencias significativas ni en los dos umbrales de la prueba de laboratorio (VT1 y VT2), ni en el test de campo (UAI), ni en la velocidad o HR a la que se producen ni en sus respectivos porcentajes del máximo, pero sí que observamos el comportamiento anteriormente descrito.

Una de nuestras hipótesis es que el rendimiento estuviera más determinado por la edad, es decir que los sujetos de 18 años obtuvieran valores significativamente mejores que sus compañeros de menor edad, sobre todo en el VO_{2max} y en test RSA. Si tenemos en cuenta este último test, los sujetos de 16 años son los que obtienen los mejores resultados en todos los valores, tanto en valores absolutos como en los diferentes índices de fatiga analizados, si bien estas diferencias no son significativas. Estudios anteriores han analizado el rendimiento en test RSA en función de la edad (Mujika et al., 2009), obteniendo que los sujetos de menor edad (11 años) presentan un peor rendimiento en el RSA_{total} que los sujetos de más edad (15, 16, 17 y 18 años), no obteniéndose diferencias entre las edades comprendidas entre 15 y 18 años al igual que sucede en los datos de nuestro estudio. Estas diferencias en el rendimiento en RSA pueden ser debidas a la influencia de la maduración en la realización de esfuerzos máximos (Abranteset al., 2004; Hebestreit et al., 1993; Zafeiridis et al., 2005), pudiendo estar también relacionadas estas diferencias en el rendimiento con la composición corporal (Mujika et al., 2009), ya que los mayores cambios en el rendimiento se producen entre las edades de 13 y 14 años, momento en el que se muestran mayores cambios en la composición corporal. De acuerdo con anteriores estudios, los índices de fatiga no muestran diferencias significativas en el rendimiento en función de la edad (Mujika et al., 2009). Una de nuestras hipótesis es que si los sujetos de 18 años presentaban una mejor recuperación obtendrían unos mejores índices de fatiga en el test RSA, ya que parece ser que la cualidad aeróbica está más relacionada con los índices de fatiga (Buchheit, 2012) mientras que los valores absolutos se correlacionan con factores neuromusculares (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007). No obstante no se ha obtenido este resultado ni una correlación entre capacidad de recuperación y rendimiento en RSA.

Los datos de los valores absolutos, son inferiores a los mostrados por la literatura para sujetos de esa edad (Mujika et al., 2009; Spencer, Pyne, Santisteban, & Mujika, 2011), a pesar de que realizar un mayor número de repeticiones puede originar un índice de fatiga

peor (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011), los datos de los índices de fatiga son similares a los mostrados por estudios con sujetos de la misma edad (Impellizzeri et al., 2008; Mujika et al., 2009) y de otros deportes (Pyne et al., 2008; Spencer, Fitzsimons, Dawson, Bishop, & Goodman, 2006).

Una posible explicación del porque los sujetos de mayor edad no obtenían mejores valores en el rendimiento, es debido a que uno de los tres equipos a los cuales se les realizó la evaluación y que mejores resultados obtenían en las pruebas, es un equipo “b”, es decir filial de otro equipo y por consiguiente su edad es menor al resto, por lo tanto los jugadores de menor edad presentaban más nivel que los más adultos.

Si analizamos las correlaciones obtenidas, el primer hallazgo importante es la pobre correlación entre la cualidad aeróbica ($VO_2\text{max}$ y umbrales), medida y estimada en test de laboratorio y de campo. Si analizamos la relación entre la cualidad aeróbica y el rendimiento en RSA, obtenemos correlaciones significativas entre la velocidad máxima alcanzada en el test de laboratorio ($VO_2\text{maxVel}$), y el rendimiento en RSA, no solo para el RSA_{media} y RSA_{dec} , como nos muestra la literatura (Buchheti, 2012; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010), sino también para el RSA_{total} y el RSA_{mejor} . Es difícil comparar la $VO_2\text{maxVel}$ debido a los diferentes protocolos empleados y a las diferentes características de los sujetos, pero nuestros sujetos obtienen una $VO_2\text{maxVel}$ inferior ($16.1 \pm 1.9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) a los reportados por la literatura ($17.3 \pm 1.0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) para jugadores de fútbol de similar edad (da Silva et al., 2010) y para atletas entrenados en resistencia ($20.5 \pm 0.8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) (Billat, Flechet, Petit, Muriaux, & Koralsztejn, 1999). Sin embargo, son superiores a los alcanzados ($15.6 \pm 0.7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) por corredores moderadamente entrenados (Esfarjani & Laursen, 2007). Esa mayor velocidad de $VO_2\text{max}$ en atletas de resistencia entrenados probablemente reflejan la mayor cantidad de entrenamiento dedicado a la formación de la potencia aeróbica. Esta correlación puede ser debida a la importancia de factores locomotores ($VO_2\text{maxVel}$) en comparación con otros factores ($VO_2\text{max}$) en el rendimiento en el test RSA.

Si analizamos la relación entre el rendimiento en el test de campo TIVREFútbol y el rendimiento en el test RSA, obtenemos una correlación significativa entre la distancia recorrida y todos los valores absolutos y la máxima velocidad alcanzada en el test ($TIVREVel\text{max}$) y el rendimiento en el RSA_{total} , RSA_{media} y RSA_{dec} . Esta correlación no ha sido obtenida por estudios anteriores que comparaban el rendimiento en RSA y un test interválico (Yo-Yo IR 1), progresivo y maximal (Chaouachi et al., 2010). La posible

diferencia entre este estudio y el anteriormente citado es la diferencia de tiempo en los periodos de recuperación, ya que en el test de campo utilizado por este estudio se utilizan periodos similares de recuperación a los utilizados en el test RSA, mientras que en el Yo-Yo IR1 se utilizan periodos más cortos de recuperación. Esta correlación es muy importante desde el momento en que ambos factores son considerados en la actualidad indicadores del rendimiento en este deporte (Turner & Stewart, 2014), por lo tanto, si ambos factores pueden ser entrenados conjuntamente estaremos optimizando el tiempo de entrenamiento.

CONCLUSIONES

1. La edad de los futbolistas de categoría juvenil (16-18 años) no influye ni en la capacidad aeróbica, ni en la resistencia aeróbica, ni en la capacidad para realizar sprints repetidos (RSA)
2. Los futbolistas de mayor edad en la categoría juvenil, presentan mayor capacidad de recuperación al esfuerzo tanto tras intensidades máximas en test de laboratorio y campo, como tras submáximas en test de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrantes, C., Macas, V., & Sampaio, J. (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *J Sports Sci Med*, 3(YISI 1), 44-49.
- Arnold, D. L., Matthews, P. M., & Radda, G. K. (1984). Metabolic recovery after exercise and the assessment of mitochondrial function in vivo in human skeletal muscle by means of ³¹P NMR. *Magn Reson Med*, 1(3), 307-315.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.
- Beunen, G. P., Malina, R. M., Renson, R., Simons, J., Ostyn, M., & Lefevre, J. (1992). Physical activity and growth, maturation and performance: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc*, 24(5), 576-585.
- Billat, V. L., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G., & Koralsztejn, J. P. (1999). Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc*, 31(1), 156-163.
- Borg, G., Ljunggren, G., & Ceci, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(4), 343-349.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol*, 101(4), 503-511.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med*, 38(8), 633-646.

- Buchheit, M. (2012). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol*, 108(6), 1153-1167.
- Buchheit, M., Laursen, P. B., Millet, G. P., Pactat, F., & Ahmaidi, S. (2008). Predicting intermittent running performance: critical velocity versus endurance index. *Int J Sports Med*, 29(4), 307-315.
- Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*, 31(10), 709-716.
- Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 293(1), H8-10.
- Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 112(2), 711-723.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*, 38(10), 839-862.
- Casajus, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(4), 463-469.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- Coelho, E. S. M. J., Moreira Carvalho, H., Goncalves, C. E., Figueiredo, A. J., Elferink-Gemser, M. T., Philippaerts, R. M., & Malina, R. M. (2010). Growth, maturation, functional capacities and sport-specific skills in 12-13 year-old- basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 50(2), 174-181.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P., & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52(4), 869-873.
- Cottin, F., Medigue, C., Lopes, P., Lepretre, P. M., Heubert, R., & Billat, V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med*, 28(4), 287-294.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*, 18(2), 353-358.
- Esfarjani, F., & Laursen, P. B. (2007). Manipulating high-intensity interval training: effects on VO₂max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport*, 10(1), 27-35.

- Francis, K. T., McClatchey, P. R., Sumsion, J. R., & Hansen, D. E. (1989). The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 59(4), 273-277.
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res*, 21(2), 438-445.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M., Stone, M. H., Stewart, A. M., Hughes, M., & Moir, G. L. (2005). The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. *J Strength Cond Res*, 19(4), 831-837.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., & Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. *Neurosci Biobehav Rev*, 33(2), 107-115.
- Hebestreit, H., Mimura, K., & Bar-Or, O. (1993). Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *J Appl Physiol (1985)*, 74(6), 2875-2880.
- Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 68(2), 155-161.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Helsen, W. F., van Winckel, J., & Williams, A. M. (2005). The relative age effect in youth soccer across Europe. *J Sports Sci*, 23(6), 629-636.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1995). Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *Int J Sports Med*, 16(8), 541-544.
- Kalapocharakos, V. I., Ziogas, G., & Tokmakidis, S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1502-1507.
- Kentta, G., & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*, 26(1), 1-16.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Kuno, S., Takahashi, H., Fujimoto, K., Akima, H., Miyamaru, M., Nemoto, I., . . . Katsuta, S. (1995). Muscle metabolism during exercise using phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy in adolescents. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 70(4), 301-304.
- Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2 max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 49(1), 1-12.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6), 555-562.

- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Poon, T. K., Simpson, B., & Peltola, E. (2010). Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in young soccer players affected by maturation? *Pediatr Exerc Sci*, 22(4), 497-510.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Mero, A., Kauhanen, H., Peltola, E., Vuorimaa, T., & Komi, P. V. (1990). Physiological performance capacity in different prepubescent athletic groups. *J Sports Med Phys Fitness*, 30(1), 57-66.
- Midgley, A. W., Carroll, S., Marchant, D., McNaughton, L. R., & Siegler, J. (2009). Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set of standardized criteria. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(2), 115-123.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Med*, 37(12), 1019-1028.
- Mota, J., Guerra, S., Leandro, C., Pinto, A., Ribeiro, J. C., & Duarte, J. A. (2002). Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol*, 14(6), 707-712.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Ostojic, S. M., Stojanovic, M. D., & Calleja-Gonzalez, J. (2011). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise: relations to aerobic power in sportsmen. *Chin J Physiol*, 54(2), 105-110.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(6), 1048-1054.
- Ratel, S., Bedu, M., Hennegrave, A., Dore, E., & Duche, P. (2002). Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int J Sports Med*, 23(6), 397-402.
- Ratel, S., Duche, P., & Williams, C. A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med*, 36(12), 1031-1065.
- Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *J Sports Sci*, 23(6), 561-572.
- Short, K. R., & Sedlock, D. A. (1997). Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol*, 83(1), 153-159.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Fitzsimons, M., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*, 9(1-2), 181-184.
- Spencer, M., Pyne, D., Santisteban, J., & Mujika, I. (2011). Fitness determinants of repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(4), 497-508.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

- Taylor, D. J., Bore, P. J., Styles, P., Gadian, D. G., & Radda, G. K. (1983). Bioenergetics of intact human muscle. A ³¹P nuclear magnetic resonance study. *Mol Biol Med*, 1(1), 77-94.
- Taylor, D. J., Kemp, G. J., Thompson, C. H., & Radda, G. K. (1997). Ageing: effects on oxidative function of skeletal muscle in vivo. *Mol Cell Biochem*, 174(1-2), 321-324.
- Teixeira, A. S., Valente-Dos-Santos, J., Coelho, E. S. M. J., Malina, R. M., Fernandes-da-Silva, J., Cesar do Nascimento Salvador, P., . . . Guglielmo, L. G. (2015). Skeletal Maturation and Aerobic Performance in Young Soccer Players from Professional Academies. *Int J Sports Med*. 36(13), 1069-75.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Tonnessen, E., Hem, E., Leirstein, S., Haugen, T., & Seiler, S. (2013). Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989-2012. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(3), 323-329.
- Turner, A., & Stewart, T. (2014). Strength and Conditioning for Soccer Players. *Strength Cond J*, 36(4), 1-13.
- Van Praagh, E., & Dore, E. (2002). Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med*, 32(11), 701-728.
- Welsman, J. R., Armstrong, N., Nevill, A. M., Winter, E. M., & Kirby, B. J. (1996). Scaling peak VO₂ for differences in body size]. *Med Sci Sports Exerc*, 28(2), 259-265.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 30(3), 462-467.
- Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A., & Onodera, S. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*, 33(9), 1496-1502.
- Zafeiridis, A., Dalamitros, A., Dipla, K., Manou, V., Galanis, N., & Kellis, S. (2005). Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. *Med Sci Sports Exerc*, 37(3), 505-512.

5.3 INFLUENCIA DEL NÚMERO DE HORAS SEMANALES DE ACTIVIDAD FISICO-DEPORTIVA Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN EL RENDIMIENTO EN TEST RSA.

Resumen: La capacidad para realizar sprints repetidos (RSA) tiene un efecto directo sobre el rendimiento en deportes colectivos. El RSA mejora con el entrenamiento específico, y el rendimiento en RSA depende del nivel de entrenamiento previo, no conociéndose como influye el número de horas semanales de entrenamiento o de actividad físico-deportiva ni su relación con la composición corporal de jóvenes universitarios. 128 universitarios se clasificaron en función de las horas semanales de entrenamiento: 1-3h (n=46), 3-5h (n=40), >5h (n=42). Previo análisis cineantropométrico y de la composición corporal, y tras un calentamiento estandarizado de 12-min y 2 sprints submáximos, repiten 8 veces un sprint de 30 m con recuperación de 25 s realizando carrera suave hasta el punto de partida. Los resultados muestran que no hay diferencias entre los que entrenan 1-3h y 3-5h, y que sólo los de >5h de entrenamiento tienen significativamente mejores valores en las variables mejor tiempo (un 4.35% y 6.76%), tiempo total (4.8% y 7.28%), y tiempo medio (4.86% y 7.41% respectivamente); pero sin que haya diferencias significativas en los índices de fatiga (Sdec y CHANGE). Se ha obtenido correlación positiva significativa entre el porcentaje graso ($r=0.375$, $p<0.01$) y todas las variables del test; también una correlación negativa significativa entre el porcentaje libre de grasa y el rendimiento en las variables absolutas ($r = 0.525$, $p<0.01$); el porcentaje muscular se correlaciona significativamente ($r = 0.226$, $p<0.05$) sólo con 2 variables determinantes del rendimiento en RSA: tiempo total y tiempo medio empleado en los 8 sprints. Conclusión: es necesario realizar un mínimo de más de 5 horas semanales de entrenamiento para incrementar el rendimiento en RSA, habiendo significativas correlaciones entre el rendimiento en RSA y la composición corporal del deportista universitario.

Palabras clave: Nivel de actividad física, Capacidad de repetir sprints, Composición corporal, Entrenamiento.

INTRODUCCIÓN.

La capacidad para repetir sprint es considerada en la actualidad un factor clave de rendimiento en los deportes colectivos (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011) como el fútbol (Suarez-Arrones et al., 2014) o el fútbol sala (Caetano et al., 2015), el hockey (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008), el baloncesto (Castagna et al.,

2007) o el balonmano (Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Quesnel, & Ahmaidi, 2010), tanto en deportistas masculinos como femeninos (D. Bishop, Lawrence, & Spencer, 2003; D. Bishop & Spencer, 2004; Datson et al., 2014).

Numerosos estudios han analizado diferentes programas de entrenamiento y su influencia en el rendimiento en el RSA, comparando entrenamientos de sprint repetidos (2–3 series de 5–6 repeticiones de 15-20-m de ida y vuelta) con entrenamientos de fuerza explosiva (autocargas) (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010), los efectos del entrenamiento de resistencia con intervalos cortos y largos realizados al 90 y 115% de la velocidad máxima aeróbica (Buchheit & Ufland, 2011) la combinación de entrenamiento mediante sprint repetidos y dos programas de fuerza diferentes (entrenamiento en gimnasio y entrenamiento específico en campo)(Campos-Vazquez et al., 2015) el entrenamiento de moderada (85-95% del umbral de lactato) y alta intensidad (120-140% del umbral de lactato) (Edge, Bishop, Goodman, & Dawson, 2005), el entrenamiento de sprint contra el entrenamiento aeróbico de alta intensidad (4 x 4min al 90-95% de la HRmax) (Ferrari Bravo et al., 2008) el entrenamiento mediante sprints repetidos (40 m) (Tonnessen, Shalfawi, Haugen, & Enoksen, 2011) o un programa de flexibilidad dinámica (Turki-Belkhiria et al., 2014).

También se han intentado determinar cuáles pueden ser los factores determinantes del rendimiento en esta capacidad (Lopez-Segovia, Pareja-Blanco, Jimenez-Reyes, & Gonzalez-Badillo, 2015) analizando la incidencia de la cualidad aeróbica (Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2007; Buchheit, 2012; Castagna et al., 2007; Chaouachi et al., 2010; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010; Thebault, Leger, & Passelergue, 2011), la fuerza explosiva (Lopez-Segovia et al., 2015; Newman, Tarpinning, & Marino, 2004), la cualidad anaeróbica (Wadley & Le Rossignol, 1998), la velocidad (Pyne et al., 2008), la maduración (Mendez-Villanueva et al., 2010), pudiendo estar determinado el rendimiento por las cualidades neuromusculares del sujeto y su rendimiento en el sprint inicial (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007).

Se ha llevado a cabo un análisis del rendimiento en RSA entre deportistas entrenados en resistencia, deportistas de deportes colectivos y sujetos no entrenados, obteniendo que los deportistas de deportes colectivos presentan un mayor trabajo total (kJ) que los deportistas entrenados en resistencia y los sujetos no entrenados, y que si analizamos el rendimiento en trabajo total relativo ($J\ kg^{-1}$) los deportistas de deportes colectivos y entrenados en

resistencia obtienen significativamente un mayor rendimiento que los no entrenados, y los sujetos de deportes colectivos significativamente mayor que los entrenados en resistencia (Edg, Bishop, Hill-Haas, Dawson, & Goodman, 2006). Otros estudios han comparado el rendimiento entre deportistas bien entrenados en deportes colectivos y de resistencia (D. Bishop & Spencer, 2004), presentado los deportistas de deportes colectivos mayor pico de potencia, mayor trabajo total y mayor decrecimiento a pesar de presentar un similar VO_2 maxpico, pudiendo ser debido a la relación entre la recuperación de la potencia y la resíntesis de PCr (Bogdanis, Nevill, Boobis, Lakomy, & Nevill, 1995) y la resíntesis de PCr y la capacidad oxidativa del músculo (Walter, Vandenborne, McCully, & Leigh, 1997). Sin embargo, la entrega de O_2 y no la capacidad oxidativa del músculo, es considerado el primer factor limitante del VO_2 maxpico en atletas bien entrenados (Bassett & Howley, 2000). Además se ha sugerido que el mantenimiento de la potencia de salida es el resultado de adaptaciones oxidativas a nivel tisular, más que a adaptaciones en la entrega de O_2 (McMahon & Wenger, 1998). Por lo tanto, aunque el VO_2 maxpico es una variable común para expresar el fitness aeróbico, la falta de concordancia entre los cambios en la capacidad oxidativa y el VO_2 maxpico pueden explicar porque atletas con un similar VO_2 maxpico, presentan un decrecimiento diferente (Bishop & Spencer, 2004).

Se han obtenido correlaciones entre las diferencias en el rendimiento entre sujetos de diferente edad (sub 11 y sub 15) la composición corporal (peso corporal y altura) (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009), debido al incremento de peso y estatura que se produce en esas edades (Abbassi, 1998). Esa sustancial diferencia en el rendimiento puede estar relacionada con la maduración y su influencia en la realización de esfuerzos máximos (Abrantes, Macas, & Sampaio, 2004; Zafeiridis et al., 2005). Estas correlaciones significativas entre el peso corporal y la estatura y el rendimiento en RSA, pueden mostrar que el crecimiento puede contribuir significativamente a la mejora de rendimiento en RSA (Armstrong, Welsman, & Chia, 2001).

En función de estos antecedentes el objetivo de este estudio fue averiguar cómo influye el número de horas de actividad físico deportiva semanales en el rendimiento en test RSA, y la relación en entre el rendimiento en RSA y la composición corporal.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Diseño experimental.

Los 128 participantes fueron citados en el Laboratorio de Valoración de la Condición Física, del grupo de investigación VALFIS, con el suficiente tiempo como para realizar en análisis cineantropométrico y un calentamiento estandarizado antes de realizar el test RSA, realizándose este en la pista polideportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Para las comidas y cenas del día anterior al test recibieron indicaciones de que fueran ricas en carbohidratos (pasta, arroz, patatas... más pollo y fruta) y bien hidratados (al menos 1,5 l de agua), evitando cafeína, alcohol, estimulantes, y comidas copiosas, grasas e hiperprotéicas. La mañana del test, los sujetos desayunaban aproximadamente 2-3 horas antes del ejercicio, restringiendo las bebidas con cafeína, incluido café con leche y alcohol, así como el ejercicio durante las 24 h previas.

Sujetos.

128 universitarios se clasificaron en función de las horas semanales de práctica de actividad física y/o deportiva: sedentarios, 1-3h (n=46); activos, 3-5h de actividad físico deportiva (n=40); deportistas, >5h de entrenamiento deportivo (n=42). Las características antropométricas de los sujetos se muestran en la tabla 1. Los sujetos recibieron información acerca del estudio, sus pruebas y temporalidad, así como la voluntariedad del mismo y la confidencialidad de los datos. Los jugadores firmaron un consentimiento por escrito, que fue paterno en el caso de los jugadores que eran menores de edad.

Medición de la capacidad de repetir sprints.

Después de un calentamiento estandarizado de 12 minutos, cada jugador realizó un test RSA consistente en 8 sprints máximos de 30 m con 25 s de recuperación. Los jugadores de fútbol comenzaban desde 0.5 m antes de la primera fotocélula (Chaouachi et al., 2010) para correr lo más rápido posible, y después de la recuperación activa situarse en la línea de salida 2 o 3 s antes de realizar la siguiente repetición. Las fotocélulas (*DSD Laser System and software Sport test (v3.2.1)*) fueron usadas para evaluar el rendimiento e incrementar la fiabilidad. Si el rendimiento en el primer sprint en el test RSA era más lento que los criterios de maximalidad (un incremento del 2.5 % respecto a su máxima velocidad determinada específicamente y mediante esta metodología en entrenamiento anterior) el

test se daba por finalizado y el jugador repetía el test después de 5 min de recuperación (Impellizzeri et al., 2008). Como indicadores del rendimiento se seleccionaron 3 valores absolutos como son el tiempo total (RSA_{total}), el tiempo medio (RSA_{media}), y el mejor sprint (RSA_{mejor}); y 2 índices de fatiga como son el decrecimiento ($Sdec$): $((TT/BT * n^{\circ} \text{ sprints}) * 100) - 100$ (Fitzsimmons, Dawson, Ward, & Wilkinson, 1993), y la diferencia entre el primer y último sprint ($Change$): $(100 * ((FIRST - LAST)/LAST))$ (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008).

Valoración cineantropométrica.

Inicialmente se midió el peso corporal (báscula COBOS modelo 50K150, con precisión de 10 g); talla (Tallímetro Detecto, modelo D52, USA, con una precisión de 0.5 cm); y atendiendo a la metodología y ecuaciones propuestas por el ISAK (2011) y el GREC (Grupo Español de Antropometría) (Documento de consenso de FEMEDE, 2009) se estimó el porcentaje de grasa corporal (%GC) según la Ecuación de Carter: $\%GC = 0,1051 * (\text{sumatorio de 6 pliegues}) + 2,58$, siendo los pliegues cutáneos: Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo anterior y Pierna, tomados mediante adipómetro Harpende® (British Indicators LTD. Inglaterra), con precisión de 0.2 mm y presión de constante de 10 g/mm².

Análisis estadístico.

Antes de utilizar las pruebas paramétricas la condición de normalidad fue verificada usando el Shapiro–Wilk W -test. Diferencias en el test RSA y en los valores de composición corporal entre los diferentes grupos fueron analizadas mediante la prueba ANOVA de un factor. La prueba de correlación de Pearson fue utilizada para comprobar la relación entre las variables antropométricas y el rendimiento en RSA. La significación estadística fue $p < 0.05$. Los resultados se muestran como $media \pm SD$. El análisis estadístico se realizó usando el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS for Windows v.17.0, SPSS, Inc., Chicago, IL. USA).

RESULTADOS.

Los valores antropométricos de los sujetos clasificados en función de las horas semanales de actividad física se muestran en la tabla 1. Se obtienen diferencias significativas ($p < 0.05$) en la edad entre los sujetos que practican más horas de actividad física semanales (> 5 h) y

el resto de grupos. Los sujetos que realizan más horas semanales de actividad física presentan significativamente un mayor porcentaje de músculo ($p < 0.05$) que el grupo de sujetos que realiza menos horas semanales (1-3 h).

Tabla 1. Características antropométricas de los participantes en función del número de horas semanales de actividad física.

	1-3 h (n=46)	3-5 h (n=40)	>5 h (n=20)	Total (n=128)
Edad (años)	20.2±1.6	19.5±2.2	17.9±1.8 *	19.2±2.1
Altura (cm)	174.7±.3	177.9±6.9	177.3±6.7	176.5±8.0
Peso (kg)	70.8±12.4	68.5±7.2	70.7±6.7	69.9±9.6
Grasa (%)	11.1±2.9	10.1±2.7	10.1±2.4	10.5±2.7
Músculo (%)	57.2±10.2	54.3±9.7	51.1±8.2 †	54.8±9.8
MLGrasa (%)	59.5±10.6	59.7±7.8	60.6±5.8	59.8±8.6

MLGrasa = masa libre de grasa

* Diferencias significativas entre grupo de >5 h y otros dos grupos (3-5 h y 1-3 h). Niveles de significación* $p < 0.05$.

† Diferencias significativas entre grupo de >5 h y grupo de 1-3 h. Niveles de significación † $p < 0.05$.

Los resultados del test RSA en función de las horas semanales de actividad física se muestran en la Tabla 2. El grupo que más horas de actividad realizaba a la semana obtiene diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto los otros dos grupos en RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{total} y diferencias significativas ($p < 0.05$) con el grupo que menos horas realizaba (1-3 h semanales) en RSA_{peor} .

Tabla 2. Valores de rendimiento en el test RSA en función de las horas semanales de actividad física.

	1-3 h (n=46)	3-5 h (n=40)	>5 h (n=20)	Total (n=128)
RSA_{mejor} (s)	4.42±0.07	4.32±0.05	4.14±0.03 *	4.30±0.03
RSA_{total} (s)	37.12±0.51	36.26±0.44	34.60±0.28 *	36.03±0.26
RSA_{media} (s)	4.64±0.06	4.53±0.05	4.32±0.03 *	4.50±0.03
RSA_{peor} (s)	4.91±0.53	4.72±0.44	4.53±0.51 †	4.72±0.52
VelMax (km·h⁻¹)	24.72±2.21	25.13±1.69	26.14±1.34 *	25.3±1.92
Sdec (%)	5.11±0.41	4.93±0.34	4.45±0.43	4.84±0.23
Change (%)	10.59±0.75	9.37±0.64	9.36±1.86	9.81±0.69

RSA_{mejor} = mejor sprint test RSA; RSA_{total} = suma 8 sprints; RSA_{media} = media tiempo; RSA_{peor} = peor sprint test RSA; VelMax = velocidad máxima alcanzada en el test; Sdec = decrecimiento; Change = diferencias entre primer y último sprint

* Diferencias significativas entre grupo de >5 h y otros dos grupos (3-5 h y 1-3 h). Niveles de significación* $p < 0.05$.

† Diferencias significativas entre grupo de >5 h y grupo de 1-3 h. Niveles de significación † $p < 0.05$.

La correlación obtenida entre los indicadores de rendimiento absoluto fue significativa para RSA_{mejor} con los valores absolutos de RSA_{peor} ($r = 0.749$, $p = 0.000$), RSA_{total} ($r = 0.956$, $p = 0.000$) y RSA_{media} ($r = 0.956$, $p = 0.000$). El único valor absoluto que obtuvo una correlación significativa con los índices de fatiga fue el RSA_{peor} , ($r = 0.435$, $p = 0.000$; $r = 0.594$, $p = 0.000$ para Sdec y Change respectivamente). Los valores absolutos de RSA_{media} y RSA_{total} se correlacionaron significativamente ($r = 1.000$, $p = 0.000$)

Las correlaciones obtenidas entre los indicadores de rendimiento, tanto absolutos como índices de fatiga y los datos registrados de composición corporal se muestran en la Tabla 3

Las diferencias en cada uno de los 8 sprint que conforman el test RSA en función del número de horas de actividad física semanales se muestran en la Figura 1.

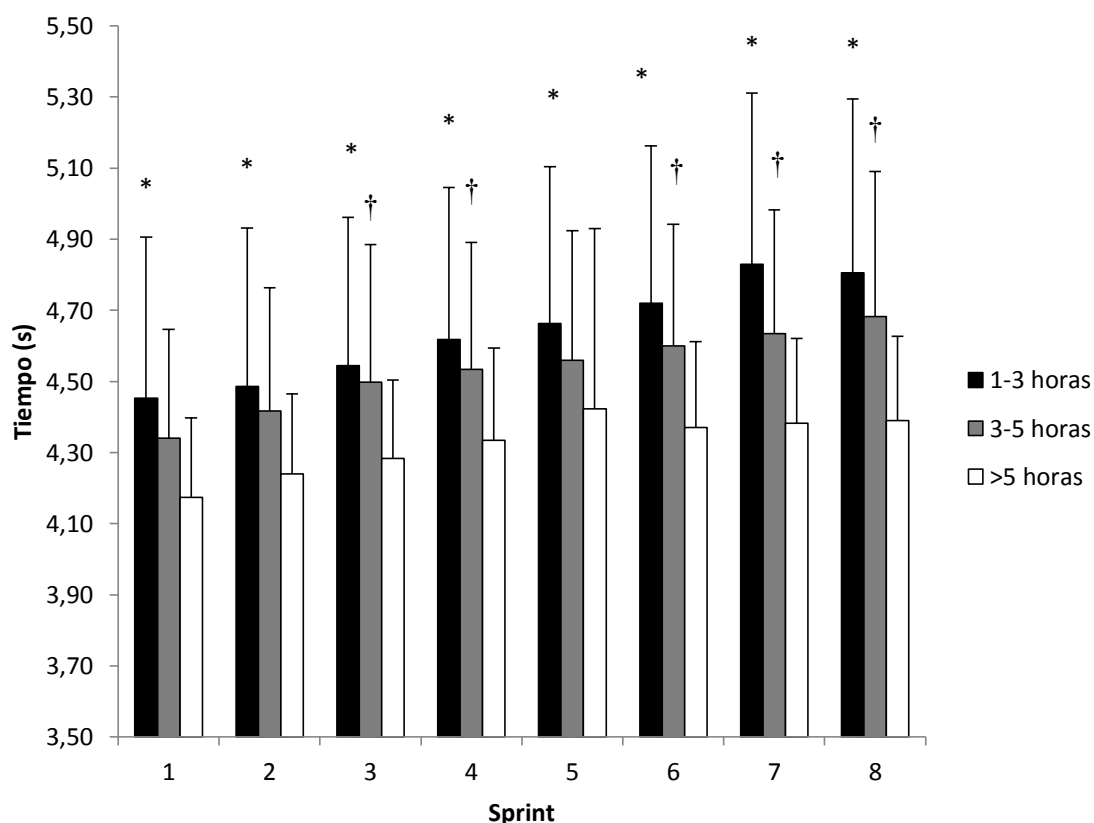


Figura 1. Valores en cada uno de los 8 sprint de un test RSA de 30 m intercalados con 25 s de recuperación activa, en función del número de horas semanales de actividad física.

* Diferencias significativas entre grupo de >5 h y grupo de 1-3 h. Niveles de significación* $p < 0.05$.

† Diferencias significativas entre grupo de >5 h y grupo de 3-5h. Niveles de significación † $p < 0.05$.

Tabla 3. Correlación entre variables de rendimiento en test RSA y variables antropométricas de composición corporal.

	RSA _{peor}	RSA _{suma}	RSA _{media}	S _{dec}	Altura	Peso	%Grasa	%Musculo	%MLGrasa	Horas
RSA _{mejor}	,749**	,956**	,956**	-,128	-,529**	-,332**	,288**	-,168	-,525**	-,323**
RSA _{peor}		,870**	,870**	,435**	-,472**	-,196*	,370**	-,178	-,415**	-,309**
RSA _{suma}			1,000**	,168	-,535**	-,282**	,376**	-,226*	-,505**	-,352**
RSA _{media}				,168	-,535**	-,282**	,376**	-,226*	-,505**	-,352**
S _{dec}					-,039	,151	,285**	-,178	,048	-,105
Altura						,678**	,021	,076	,779**	,144
Peso							,447**	,034	,855**	-,022
%Grasa								-,318**	,127	-,155
%Músculo									,181	-,243*
%MLGrasa										,045

RSA_{mejor} = mejor sprint test RSA; RSA_{total} = suma 8 sprints; RSA_{media} = media tiempo; RSA_{peor} = peor sprint test RSA; VelMax = velocidad máxima alcanzada en el test; S_{dec} = decrecimiento; %Grasa = porcentaje de grasa corporal; %Musculo = porcentaje de músculo corporal; %MLGrasa = porcentaje de masa libre de grasa; Horas = horas semanales de actividad física * Correlación de Pearson. Niveles de significación* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

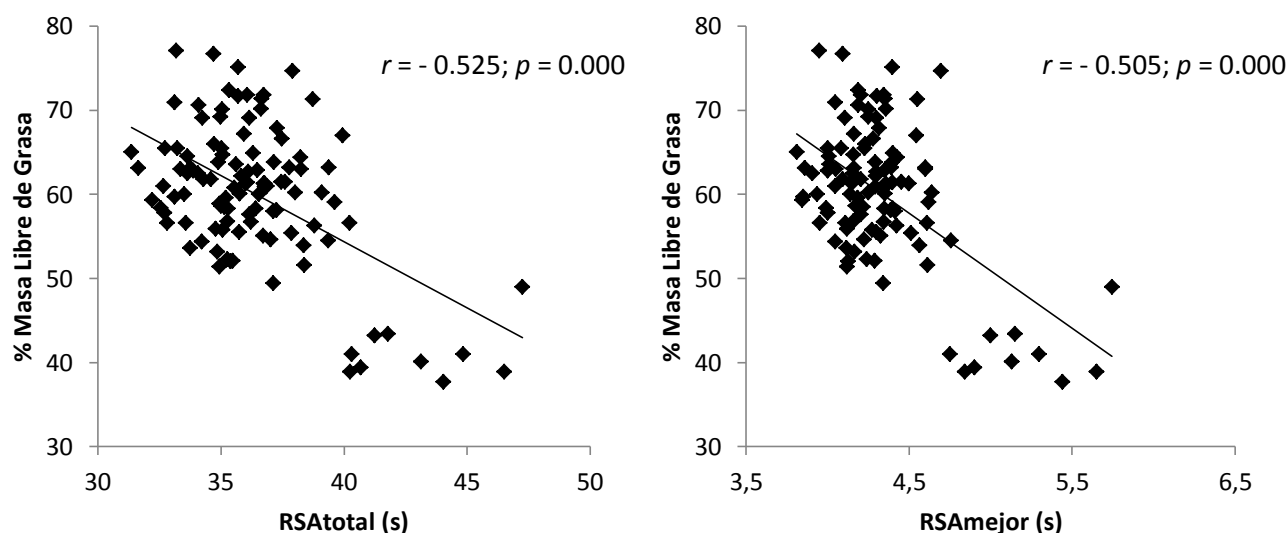


Figura 2. Correlación entre porcentaje de masa libre de grasa y a) mejor tiempo en el test (RSA_{mejor}) y b) tiempo total (RSA_{total}) en test RSA 8x30m con 25 s de recuperación.

DISCUSIÓN.

El objetivo del presente estudio fue averiguar cómo influye el número de horas de actividad físico deportiva semanales en el rendimiento en test RSA, y la influencia de la composición corporal en el rendimiento en la capacidad de repetir sprints. El principal descubrimiento es que es necesario realizar al menos 5 horas de actividad físico deportiva semanales para

mostrar diferencias en el test RSA, no mostrándose diferencias entre sujetos que realizan entre 1-3 horas y los que realizan entre 3-4 horas. Se ha obtenido correlaciones significativas entre el rendimiento en el test y la composición corporal, obteniéndose una correlación negativa significativa entre el la masa libre de grasa y el rendimiento en RSA_{mejor} ($r = -,505^{**}$, $p = 0.000$) y RSA_{media} y RSA_{total} ($r = -,525^{**}$, $p = 0.000$).

Estudios previos han analizado las diferencias en el rendimiento en test RSA entre jugadores de fútbol y sujetos activos (Wong del, Chan, & Smith, 2012), entre deportistas entrenados en resistencia y deportistas de equipo (D. Bishop & Spencer, 2004) y entre sujetos no entrenados, entrenados en resistencias y de deportes de equipo (Edg et al., 2006). Los resultados obtenidos en el test RSA por los tres grupos del estudio en los valores absolutos, son inferiores a los reportados por la literatura para jugadores de elite de fútbol de edades similares (Chaouachi et al., 2010), y los obtenidos por los jugadores de hockey (Pyne et al., 2008), aspecto que puede ser debido al nivel de entrenamiento de los sujetos (Girard et al., 2011; Impellizzeri et al., 2008). No obstante los índices de fatiga no muestran diferencias entre los resultados de este estudio y los mostrados por estudios previos con deportistas de nivel superior (Chaouachi et al., 2010), si bien es cierto que son peores a los mostrados por la literatura por deportistas (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012; Wong del et al., 2012), no obstante estos estudios utilizaban un menor número de repeticiones (6 vs. 8) y una menor distancia (20 vs. 30 m) , pudiendo condicionar estos aspectos el rendimiento en el test. Los índices de fatiga no son indicadores validos absolutos para la determinación del rendimiento en el test RSA (Impellizzeri et al., 2008) de ahí que no se obtengan diferencias entre sujetos que realizan diferente número de horas semanales de actividad física, ni tampoco entre nuestros sujetos y deportistas de alto nivel en test con las mismas características.

Las diferencias obtenidas en este estudio, no solo se manifiestan en el rendimiento general del test en los diferentes valores absolutos, sino que también se obtienen diferencias si llevamos a cabo un análisis individual de los diferentes sprint que componen el test. Obteniendo que es necesario realizar al menos 5 horas de actividad física para obtener diferencias en el rendimiento en test RSA.

Se ha analizado la relación entre la velocidad y las características antropométricas tanto en jugadores de hockey (Darrall-Jones, Jones, & Till, 2015) como en futbolistas (Mathisen & Pettersen, 2015), obteniéndose una correlación significativa entre las características

antropométricas (peso y estatura) y la velocidad de los jugadores de hockey, y menor en los jugadores de fútbol, mostrándose mayor correlación cuando los sujetos son de menor edad (10-12 vs 15-16) (Mathisen & Pettersen, 2015). Durante el periodo de crecimiento rápido, las variaciones en la maduración para la misma edad cronológica, han demostrado ser de entre 2 y 3 años, o incluso mayores, sugiriendo que la masa corporal y la madurez implican una variación del 50% en el rendimiento en sprints cortos en futbolistas jóvenes de 13 a 15 años de edad (Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro, & Aroso, 2004). En este período de edad, una pequeña diferencia en la maduración puede implicar una diferencia sustancial en la altura y el peso corporal, asociado con una gran diferencia en el rendimiento de velocidad (Gil, Ruiz, Irazusta, Gil, & Irazusta, 2007). Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por nuestro estudio, que ha obtenido una correlación significativa entre la altura y peso y la velocidad máxima de los sujetos, expresada como mejor tiempo en un test RSA o RSA_{mejor} .

Otros estudios han obtenido correlaciones significativas entre el rendimiento en test RSA determinado mediante el RSA_{total} y el RSA_{media} y la estatura de los sujetos (Mujika et al., 2009). Así el crecimiento y la maduración parecen contribuir a la mejora en el rendimiento (Arnason et al., 2004), debido al mayor porcentaje de fibras tipo II durante el final de la adolescencia (Fournier et al., 1982) y a la observación de un pico en el tamaño de las fibras musculares a la edad de 16 años en ambos sexos (Glenmark, Hedberg, & Jansson, 1992).

Si analizamos la relación entre el rendimiento y la masa libre de grasa de los sujetos obtenemos una relación negativa significativa con todos los valores absolutos determinantes del rendimiento en el test RSA (RSA_{mejor} , RSA_{media} , RSA_{total} y RSA_{peor}), por lo tanto la masa libre de grasa se muestra como un factor determinante en el rendimiento en RSA.

Este aspecto puede estar relacionado con la relación entre la fuerza muscular y el rendimiento en los primeros sprint del test RSA (Lopez-Segovia et al., 2015), ya que habitualmente el mejor sprint es el primero y los valores absolutos parecen estar más relacionados con aspecto de fuerza y anaeróbicos (Bishop & Edge, 2006; Bishop, 2012) mientras que los índices de fatiga se relacionan más con aspectos aeróbicos (Ferrari Bravo et al., 2008). No obstante no se han obtenido correlaciones significativas entre ninguno de los índices de fatiga y la masa muscular de los sujetos. Esta ausencia de correlación puede

deberse la falta de validez de los índices de fatiga como indicadores de rendimiento en test RSA (Impellizzeri et al., 2008). Esta relación significativa también ha sido obtenida si tenemos en cuenta el porcentaje de grasa de los sujetos y el rendimiento en valores absolutos en el test, a menor porcentaje de grasa, mejor rendimiento en el test RSA, tanto en RSA_{mejor} como en RSA_{media} y RSA_{total} .

Al contrario de nuestra hipótesis, los sujetos que más horas semanales de actividad física realizaban, presentaban significativamente un menor porcentaje de masa muscular, aspecto que puede ser debido al bajo nivel de los sujetos que realizan más horas semanales de actividad física o a su menor edad y una posible menor maduración y crecimiento (Malina et al., 2004).

CONCLUSIÓN.

1. Los universitarios que entrenan más de 5 horas semanales incrementan el rendimiento en la capacidad para realizar sprints repetidos (RSA), relacionándose éste rendimiento en el RSA con la mayor masa libre de grasa y menor porcentaje de grasa del deportista universitario.

BIBLIOGRAFÍA.

- Abbassi, V. (1998). Growth and normal puberty. *Pediatrics*, 102(2 Pt 3), 507-511.
- Abrantes, C., Macas, V., & Sampaio, J. (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *J Sports Sci Med*, 3(YISI 1), 44-49.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Chia, M. Y. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *Br J Sports Med*, 35(2), 118-124.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 278-285.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *Eur J Appl Physiol*, 97(4), 373-379.
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport*, 6(2), 199-209.
- Bishop, D., & Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(1), 1-7.

- Bishop, D. J. (2012). Fatigue during intermittent-sprint exercise. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 39(9), 836-841.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*, 482 (Pt 2), 467-480.
- Buchheit, M. (2012). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T., & Ahmaidi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(2), 152-164.
- Buchheit, M., & Ufland, P. (2011). Effect of endurance training on performance and muscle reoxygenation rate during repeated-sprint running. *Eur J Appl Physiol*, 111(2), 293-301.
- Caetano, F. G., de Oliveira, M. J., Marche, A. L., Nakamura, F. Y., Cunha, S. A., & Moura, F. A. (2015). Characterization of the Sprint and Repeated-Sprint Sequences Performed by Professional Futsal Players, According to Playing Position, During Official Matches. *J Appl Biomech*, 31(6), 423-429.
- Campos-Vazquez, M. A., Romero-Boza, S., Toscano-Bendala, F. J., Leon-Prados, J. A., Suarez-Arrones, L. J., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2015). Comparison of the Effect of Repeated-Sprint Training Combined With Two Different Methods of Strength Training on Young Soccer Players. *J Strength Cond Res*, 29(3), 744-751.
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1172-1176.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Darrall-Jones, J. D., Jones, B., & Till, K. (2015). Anthropometric, Sprint and High Intensity Running Profiles of English Academy Rugby Union Players by Position. *J Strength Cond Res*. [Epub ahead of print]
- Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Med*, 44(9), 1225-1240.
- Edg, E. J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*, 96(3), 225-234.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11), 1975-1982.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.

- Fitzsimmons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson, A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(4), 82-87.
- Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A. W., Ferguson, R. J., Montpetit, R. R., & Chaitman, B. R. (1982). Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, 14(6), 453-456.
- Gil, S., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J., & Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(1), 25-32.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glenmark, B., Hedberg, G., & Jansson, E. (1992). Changes in muscle fibre type from adolescence to adulthood in women and men. *Acta Physiol Scand*, 146(2), 251-259.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Lopez-Segovia, M., Pareja-Blanco, F., Jimenez-Reyes, P., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2015). Determinant factors of repeat sprint sequences in young soccer players. *Int J Sports Med*, 36(2), 130-136.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6), 555-562.
- Mathisen, G., & Pettersen, S. A. (2015). Anthropometric factors related to sprint and agility performance in young male soccer players. *Open Access J Sports Med*, 6, 337-342.
- McMahon, S., & Wenger, H. A. (1998). The relationship between aerobic fitness and both power output and subsequent recovery during maximal intermittent exercise. *J Sci Med Sport*, 1(4), 219-227.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Poon, T. K., Simpson, B., & Peltola, E. (2010). Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in young soccer players affected by maturation? *Pediatr Exerc Sci*, 22(4), 497-510.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Newman, M. A., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J Strength Cond Res*, 18(4), 867-872.
- Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 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. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.

- Suarez-Arrones, L., Torreno, N., Requena, B., Saez de Villarreal, E., Casamichana, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Munguia-Izquierdo, D. (2014). Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness*.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- Tonnessen, E., Shalfawi, S. A., Haugen, T., & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(9), 2364-2370.
- Turki-Belkhiria, L., Chaouachi, A., Turki, O., Chtourou, H., Chtara, M., Chamari, K., . . . Behm, D. G. (2014). Eight weeks of dynamic stretching during warm-ups improves jump power but not repeated or single sprint performance. *Eur J Sport Sci*, 14(1), 19-27.
- Wadley, G., & Le Rossignol, P. (1998). The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *J Sci Med Sport*, 1(2), 100-110.
- Walter, G., Vandenborne, K., McCully, K. K., & Leigh, J. S. (1997). Noninvasive measurement of phosphocreatine recovery kinetics in single human muscles. *Am J Physiol*, 272(2 Pt 1), C525-534.
- Wong del, 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. *J Strength Cond Res*, 26(9), 2324-2330.
- Zafeiridis, A., Dalamitros, A., Dipla, K., Manou, V., Galanis, N., & Kellis, S. (2005). Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. *Med Sci Sports Exerc*, 37(3), 505-512.

5.4 EFECTOS DE COMBINAR LOS *SMALL SIDED GAMES* Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO DE ALTA INTENSIDAD EN LA CUALIDAD AERÓBICA, LA RECUPERACIÓN Y LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS.

Resumen: El objetivo de este estudio es analizar los efectos de un programa de entrenamiento que combina los juegos reducidos (SSGs) y el entrenamiento aeróbico de alta intensidad (2 x 4 min 85%HRmax + 2 x 4 min SSGs 85% HRmax) en la cualidad aeróbica, la recuperación y el rendimiento en la capacidad de realizar sprints (test RSA). Veintisiete jóvenes futbolistas fueron seleccionados y categorizados en tres grupos: Grupo de intervención con juegos reducidos (GASG) (n= 8), Grupo de entrenamiento específico (GEI) (n=9), y grupo control (GC) (n=10) comparándose el rendimiento tras 12 semanas de intervención. Todos los sujetos completaron un análisis cineantropométrico, una prueba de esfuerzo ergoespirométrica máxima en tapiz rodante, un test de Course Navette y un test RSA (8x30 m con 25 s de recuperación activa) antes y después de la intervención. Sólo el grupo de intervención (GASG aumenta tanto su VO₂max (7.4%) como su resistencia aeróbica (un 15,12%); aunque todos los grupos mejoraron el porcentaje de recuperación en los test máximos. No hubo diferencias entre el VO₂max medido el laboratorio y el estimado en test de campo; ni en la carga interna de entrenamiento analizada de forma global en los 2 grupos, aunque es mayor el tiempo en zonas de intensidad por encima del 80% HRmax en el grupo GASG que en GEI. En el test RSA previo a las intervenciones no se obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento entre los grupos. Tras la intervención tanto el GASG como el GEI mejoran el tiempo total (RSA_{total}), tiempo medio (RSA_{media}), y mejor tiempo (RSA_{mejor}); sin cambios en el porcentaje de decrecimiento (Sdec), ni en la diferencia entre el primer y el último sprint (Change). Se concluye que la introducción de los juegos reducidos en la programación de entrenamiento en fútbol juvenil induce mejoras significativas en parámetros determinantes del rendimiento de los futbolistas como la capacidad y resistencia aeróbica y la de realizar sprints repetidos (RSA).

Palabras clave: RSA, entrenamiento aeróbico de alta intensidad, juegos reducidos, capacidad aeróbica, Recuperación, Frecuencia cardíaca.

INTRODUCCIÓN.

Varios autores han argumentado que el ejercicio anaeróbico diferencia mejor que el aeróbico entre los estándares del fútbol, sin embargo un partido de fútbol dura 90 minutos y se ha estimado que el 98% del tiempo la energía es derivada del metabolismo aeróbico y el 2% del metabolismo anaeróbico (Bangsbo, 1994).

La frecuencia cardíaca durante competición se sitúa en torno al 80-90% de la HRmax correspondiente al 70-80% del VO₂max (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005) sugiriéndose que la producción de energía aeróbica es más del 90% del total, por lo tanto la capacidad de realizar ejercicio intenso durante periodos prolongados de tiempo debe de ser entrenada específicamente. Este requisito se puede lograr mediante la realización de entrenamientos aeróbicos de alta intensidad de forma regular (Helgerud, 1994). El ejercicio aeróbico de alta intensidad provoca un aumento de los parámetros cardiovasculares tales como el tamaño del corazón, la capacidad del flujo de sangre, y la distensibilidad arterial (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Helgerud et al., 2007) mejorando la capacidad del sistema cardiovascular para transportar oxígeno, la cinética pulmonar y muscular (Bailey, Wilkerson, Dimenna, & Jones, 2009) y aumentando el VO₂max (Ferrari Bravo et al., 2008; Helgerud et al., 2007) suministrando mayor energía por la vía aeróbica, lo que permite al jugador mantener el ejercicio intenso durante más tiempo y recuperarse más rápidamente entre las fases de alta intensidad del juego (Laia, Rampinini, & Bangsbo, 2009). El entrenamiento interválico con una intensidad de 90-95% de la HRmax entre 3-8 min ha demostrado ser eficaz para el desarrollo de la resistencia y para mejorar el rendimiento durante los partidos de fútbol (Helgerud et al., 2001; Hoff & Helgerud, 2004; Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002).

Los Small Sided Games (SSGs), son tareas basadas en el acondicionamiento mediante el juego (Gabbett & Mulvey, 2008), modificando las características, zonas, espacios del campo de fútbol, y a menudo utilizando normas adaptadas y que implican un número menor de jugadores (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011). El principal argumento de este tipo de tareas es que reproducen lo que sucede en competición, por lo que el futbolista ha de tomar decisiones en presencia de fatiga (Gabbett & Mulvey, 2008). Se han analizado los efectos del entrenamiento mediante juegos reducidos en el rendimiento, mostrándose como una estrategia de entrenamiento útil ya que mejora parámetros como la distancia recorrida en test específico de campo (Yo-Yo IR1) (Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2009), la velocidad máxima aeróbica y velocidad final en test específico (30-15 test) (Dellal, Varliette, Owen, Chirico, & Pialoux, 2012) la distancia recorrida a alta intensidad durante competición y de la velocidad a la que se manifiesta el umbral láctico (Impellizzeri et al., 2006) la capacidad de aceleración y de salto (Katis & Kellis, 2009) el tiempo total en un test RSA y el VO₂ a una intensidad submáxima (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012) sin embargo estudios no han mostrado mejoras en la

cualidad aeróbica (VO_{2max}) utilizando esta estrategia (Hill-Haas et al., 2009; Impellizzeri et al., 2006).

Estos juegos reducidos son ampliamente utilizados para desarrollar habilidades técnicas y tácticas, así como para mejorar la resistencia de los jugadores de deportes de equipo. La manipulación de diferentes variables como las reglas del juego, el tamaño de la zona de juego, el número de jugadores o la combinación de esas variables, alteran la intensidad de la tarea (Halouani, Chtourou, Gabbett, Chaouachi, & Chamari, 2014). Obteniendo estas tareas intensidades que oscilan entre el 70-80% de la HRmax en función del número de jugadores empleados (Aguiar, Botelho, Lago, Macas, & Sampaio, 2012) incluso más altas en otros estudios $88.9 \pm 3.9\%$ y $86.0 \pm 5.8\%$ de la HRmax, con una percepción subjetiva del esfuerzo de entre 6.7 ± 0.8 y 5.7 ± 1.0 y una velocidad máxima de entre 18.05 ± 1.5 a $23.1 \pm 2.1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ para tareas realizadas 5 vs. 5 en 62 x 44 m y 32x 23 m respectivamente (Casamichana & Castellano, 2010).

Lo ideal sería que los entrenamientos de resistencia se llevaran a cabo con el balón, ya que así los jugadores desarrollaran aspectos técnico-tácticos similares a las que se encuentran en competición, siendo además más motivantes (Helgerud et al., 2001). Sin embargo la intensidad se reduce cuantos más aspectos técnico-tácticos intervienen. Si el objetivo es trabajar a una intensidad comprendida entre el 90-95% es difícil de realizar en una situación real, sobre todo para los equipos de divisiones inferiores, debido fundamentalmente a sus limitaciones técnicas (Iaia et al., 2009).

Las recomendaciones actuales para mejorar el VO_{2max} en jugadores de fútbol es realizar 4 series de 4 min al 90-95% de la HRmax intercaladas con periodos de 3 min trotando al 70% de la HRmax para eliminar el lactato acumulado, ya sea en una pista, con el balón o en un tapiz rodante (Ferrari Bravo et al., 2008; Helgerud et al., 2001; Helgerud et al., 2007; Hoff et al., 2002)

Los test RSA se basan en la repetición de sprints, con periodos cortos de recuperación (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). Este tipo de ejercicio produce unas respuestas metabólicas similares a las que se producen en las acciones explosivas en un partido, tales como la disminución del pH muscular, la fosfocreatina y el ATP, la activación de la glucólisis y una participación significativa del metabolismo aeróbico (Rampinini et al., 2007; Spencer, Pyne, Santisteban, & Mujika, 2011; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000) siendo el componente aeróbico

importante a medida que se realizan más repeticiones (Thebault, Leger, & Passelergue, 2011). Varios estudios han demostrado que el entrenamiento basado en la repetición de esfuerzos al máximo durante breve tiempo (5-30 s) puede producir mejoras en la habilidad de repetir varias series de ejercicios anaeróbicos (Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell, & Gibala, 2005; Dawson et al., 1997; MacDougall et al., 1998; Ortenblad, Lunde, Levin, Andersen, & Pedersen, 2000).

El objetivo del estudio fue analizar los efectos producidos en el rendimiento tras la realización de un programa de ejercicio de 12 semanas consistente en una combinación de entrenamiento aeróbico de alta intensidad y juegos reducidos en jóvenes futbolistas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Sujetos.

Veintisiete de los cincuenta y ocho futbolistas juveniles cumplieron los criterios de inclusión (n=27): alcanzar valores máximos en el test de laboratorio (Midgley, Carroll, Marchant, McNaughton, & Siegler, 2009; Midgley & McNaughton, 2006; Midgley, McNaughton, Polman, & Marchant, 2007) y en el test de campo (Impellizzeri et al., 2008) tener un correcto funcionamiento del pulsómetro durante las evaluaciones y asistir como mínimo al 80% de las sesiones de entrenamiento (Figura 1).

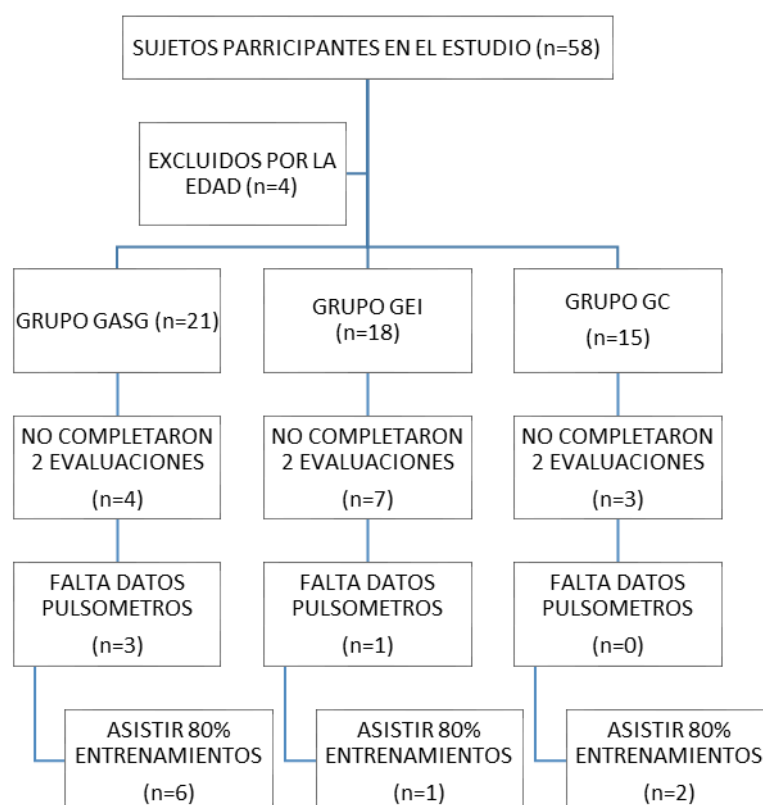


Figura 1. Exclusión de los sujetos en función de los criterios de inclusión establecidos.

Los sujetos recibieron información acerca del estudio, sus pruebas y temporalidad, así como la voluntariedad del mismo y la confidencialidad de los datos. Los jugadores firmaron

un consentimiento por escrito, que fue paterno en el caso de los jugadores que eran menores de edad.

Diseño experimental.

Un análisis paralelo de tres grupos con un reparto aleatorio de los futbolistas entre ellos fue llevado a cabo en este estudio longitudinal (pre y pos test) de 12 semanas de duración en pleno periodo competitivo. Después de las mediciones iniciales los grupos fueron asignados al azar al grupo de entrenamiento aeróbico de alta intensidad combinado con los juegos reducidos (GASG), al grupo de entrenamiento específico integrado (GEI) y al grupo control (GC). El estudio tuvo una duración de 12 semanas de intervención, comenzando una vez finalizada la pretemporada, y a mayores constaba con una semana previa de pruebas (pre-intervención) y otra posterior a la intervención (post-intervención). Además de estas intervenciones específicas, cada grupo continuaba con su entrenamiento común convencional. Todos los grupos compartían preparador físico por lo que las cargas de trabajo, al margen de la intervención, eran iguales en los grupos GASG y GEI. Antes y después del periodo de intervención los futbolistas realizaron las sesiones de evaluación siempre en el mismo orden, una sesión para las pruebas de laboratorio (análisis cineantropométrico y test ergoespirométrico máximo en laboratorio con análisis de gases) y dos sesiones para los test de campo (RSA y Course Navette). Antes de cada sesión de evaluación los futbolistas eran instruidos para que no realizasen entrenamiento ni competición alguna durante todo el día anterior, y a que no realizasen ingesta de comida en las tres horas previas al test ni bebidas con cafeína en las ocho horas previas. Los test fueron realizados en las mismas horas del día y por los mismos investigadores en ambas evaluaciones.

Programa de entrenamiento.

Durante la temporada competitiva se llevaron a cabo los tres entrenamientos diferentes, realizando tres sesiones semanales de entrenamiento más el partido de competición semanal en cada grupo. Todos los futbolistas portaban un pulsómetro para analizar su carga de entrenamiento, y las sesiones de entrenamiento de los grupos experimentales nunca fueron llevadas a cabo en dos días consecutivos:

- ✓ **Grupo de intervención con entrenamiento aeróbico de alta intensidad combinado con los juegos reducidos (GASG)** (Figura 2), realizándose 2 veces por semana (2 x 4

min al 85% HRmax + 2 x 4 min de SSGs al 85% HRmax) además de su entrenamiento habitual. Las series están compuestas por tres tipos de ejercicios:

1. Un circuito o carrera aeróbica de alta intensidad durante 4 min al 85% de la HRmax. Este ejercicio fue realizado en forma de circuito en el que se incluyen cambios de sentido y dirección (Figura 1). Los jugadores salían de una esquina del campo (córner) para realizar una carrera de alta intensidad en la cual se encontraban en un primer momento un zig-zag delimitado por conos con una separación de 4 m de ancho y 2 m entre cada cono. Posteriormente y tras una carrera en línea recta realizaban una carrera con 6 cambios de dirección con una separación de 20 m y 14.5 m y para realizar el mismo circuito en la parte contraria del campo. El tiempo de este ejercicio también es de 4 min.
2. La realización de un juego reducido a una intensidad del 85% de la HRmax en un espacio de 24 x 16,5 m cuando en SSG participaban 4 vs. 4 futbolistas; y de 29 x 20 m cuando participaban 5 vs. 5 futbolistas (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011). La utilización de una medida estándar, como es el área de penalti, permite llevar a cabo la delimitación de los juegos reducidos de una forma sencilla. Estos juegos reducidos tendrán una duración de 4 minutos. En este ejercicio el entrenador podía incluir consignas tácticas para desarrollar otros aspectos, como el número de toques posibles por jugador, colocación de las porterías, etc.
3. Recuperación. Entre cada uno de los ejercicios anteriores realizaremos una recuperación de 3 minutos de duración, corriendo al 50% de la HRmax.

El tiempo total de la intervención era de 28 minutos y la secuencia de realización de los ejercicios era las series 1 y 3 realizando la carrera alrededor del campo y las series 3 y 4 mediante el juego reducido descrito.

- ✓ **Grupo de Entrenamiento Integrado específico (GEI)**, realizan todas las tareas mediante juegos con balón y tareas específicas. No tratan los aspectos físicos analíticamente, sino que llevan a cabo un entrenamiento basado en la integración de estos aspectos en el juego real, mediante la realización de juegos y acciones combinativas. Realizan un trabajo específico atendiendo a las características competitivas del deporte en cuestión.

- ✓ Grupo Control (GC), que simplemente realizan un acondicionamiento de tipo general consistente en la realización de ejercicios generales mediante carrera continua y desarrollo de la fuerza con autocargas.

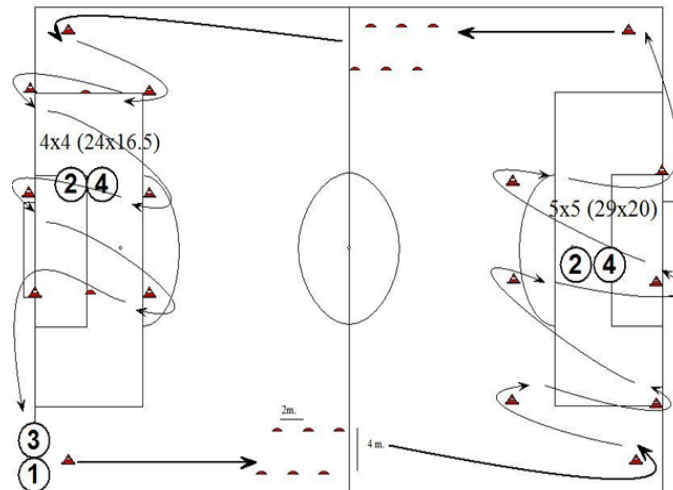


Figura 2. Representación gráfica de la colocación de las balizas tomando como referencia el área de penalti para realizar la intervención de juegos reducidos (SSGs) y las carreras de alta intensidad en circuito por los futbolistas del grupo GASG. A la izquierda de la figura el espacio en metros (24x16,5) para juegos reducidos (SSGs) 4x4 futbolistas; a la derecha el espacio (29x20m) para SSGs de 5x5 futbolistas. Los números 1, 2, 3 y 4 representan el orden y lugar de inicio de cada repetición. Repeticiones 1 y 3 mediante carrera de alta intensidad y repeticiones 2 y 4 mediante juegos reducidos

Análisis cineantropométrico.

Inicialmente antes de realizar la prueba de esfuerzo ergoespirométrica en laboratorio, se procedió a medir en éste el peso corporal (báscula COBOS modelo 50K150, con precisión de 10 g); talla (Tallímetro Detecto, modelo D52, USA, con una precisión de 0.5 cm); y atendiendo a la metodología y ecuaciones propuestas por el ISAK (2011) y el GREC (Grupo Español de Antropometría) (Documento de consenso de FEMEDE, 2009) se estimó el porcentaje de grasa corporal (%GC) según la Ecuación de Carter: $(\%GC=0,1051*(\text{sumatorio de 6 pliegues})+2,58)$, siendo los pliegues cutáneos utilizados: Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo anterior y Pierna, tomados mediante adipómetro Harpenden® (British Indicators LTD. Inglaterra), con precisión de 0.2 mm y presión constante de 10 g/mm².

Medición de la potencia y capacidad aeróbica.

El VO_{2max} fue determinado mediante test ergoespirométrico en Tapiz rodante (Cosmos® Pulsar 4.0) con análisis de gases espirados (Medisoft) y control electrocardiográfico (Medcard) y mediante pulsómetro PolarTeam1 (Polar® Electro Oy, Finland) y atendió a un protocolo en rampa, triangular, progresivo, continuo y máximo, comenzando con pendiente constante del 1%, durante todo el test, a una velocidad de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y con incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada min, hasta el agotamiento o extenuación. Se consideró VO_{2max} cuando se cumplieron al menos dos de los siguientes criterios: 1) meseta en el VO_{2max} aun con el aumento de la velocidad mayor a 2 min, 2) un índice de intercambio respiratorio superior a 1.15 y 3) una $HR \pm 10 \text{ latidos}\cdot\text{min}^{-1}$ de la HR_{max} predicha para su edad ($220-\text{edad}$), en el caso de no obtenerse meseta y si un VO_{2max} pico, éste se ha de acompañar de los 2 criterios referidos (Midgley et al., 2009; Midgley et al., 2007) Antes de cada prueba, el volumen y los gases se calibraron de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Durante la prueba a los sujetos se les preguntaba el nivel de esfuerzo percibido atendiendo a Escala de Borg de 1 a 10 al finalizar cada nivel de intensidad (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004). Una vez finalizado el test y mediante el software Medisoft se identificaron los umbrales ventilatorios, aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), atendiendo a criterios de incremento de la VE y del aumento del $VE\cdot VO_2^{-1}$ sin el aumento del $VE\cdot VCO_2^{-1}$ para el VT1, y del incremento del $VE\cdot VO_2^{-1}$ con un incremento paralelo del $VE\cdot VCO_2^{-1}$ para hallar el VT2 (Cottin et al., 2007).

Test de capacidad de repetir sprint (RSA).

Después de un calentamiento estandarizado de 12 minutos, cada jugador realizó un test RSA consistente en 8 sprints máximos de 30 m con 25 s de recuperación. Los jugadores de fútbol comenzaban desde 0.5 m antes de la primera fotocélula (Chaouachi et al., 2010) para correr lo más rápido posible, y después de la recuperación activa situarse en la línea de salida 2 o 3 s antes de realizar la siguiente repetición. Las fotocélulas (DSD *Laser System and software Sport test* (v3.2.1)) fueron usadas para evaluar el rendimiento e incrementar la fiabilidad. Si el rendimiento en el primer sprint en el test RSA era más lento que los criterios de maximalidad (un incremento del 5% respecto a su máxima velocidad determinada específicamente y mediante esta metodología en entrenamiento anterior) el test se daba por finalizado y el jugador repetía el test después de 5 min de recuperación. Como indicadores del rendimiento se seleccionaron 3 valores absolutos como son el

tiempo total (RSA_{total}), el tiempo medio (RSA_{media}), y el mejor sprint (RSA_{mejor}); y 2 índices de fatiga como son el decrecimiento (S_{dec}): $((TT/BT * n^{\circ} \text{ sprints}) * 100) - 100$ (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005), y la diferencia entre el primer y último sprint ($Change$): $(100 * ((FIRST - LAST)/LAST))$ (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008).

Course Navette (Leger & Lambert, 1982).

Test de campo indirecto, progresivo, continuo y maximal (hasta agotamiento) que estima el VO_{2max} en función del número de recorridos de ida y vuelta sobre una distancia de 20 m efectuados sobre una pista. En este caso el test se lleva a cabo en la superficie habitual de entrenamiento (campo de hierba artificial) llevando los jugadores su vestimenta habitual de entrenamiento (bota de fútbol) y portando un pulsómetro. El test fue realizado 48 días después de la realización del test de laboratorio ergoespirométrico máximo y 48 h antes de la realización del test RSA. Este test consiste en recorrer dicha distancia, ininterrumpidamente, al ritmo que marca una grabación sonora, que progresivamente irá aumentando el ritmo de carrera al oír la señal de salida el ejecutante tendrá que desplazarse hasta la línea contraria (20 m) y pisarla esperando oír la siguiente señal. Se repetirá constantemente este ciclo hasta que no pueda pisar la línea en el momento en que le señale el magnetófono. Cada vez que suena la señal el sujeto debe encontrarse en uno u otro extremo del trazado de 20 m. Cada periodo rítmico se denomina "palier" y tiene una duración de 1 minuto, siendo la velocidad inicial de $8,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ incrementándose en $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en cada palier. Permite valorar el VO_{2max} atendiendo a la ecuación (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988):

- $VO_{2max} = 31.025 + (3.238 \times V) - (3.248 \times E) + (0.1536 \times V \times E)$.

Siendo V la velocidad en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ del último palier completado y E la edad en años.

Carga de entrenamiento.

La frecuencia cardíaca fue registrada en una sesión tipo de cada equipo a través de un pulsómetro PolarTeam1® (Polar® Electro Oy, Finland), y posteriormente se usó un software específico para el análisis de los datos (ProTrainer 5® V5.40.171 Polar® Electro Oy, Finland). También se llevó a cabo un registro de la percepción subjetiva de esfuerzo (Newman, Tarpinning, & Marino) después de una sesión tipo por parte de los jugadores,

utilizando una escala de Borg de 1 a 10 (Day et al., 2004), con el objetivo de cuantificar las cargas de entrenamiento.

Para calcular la carga interna de entrenamientos (LT) se utilizó la ecuación de Edwards (Edwards, 1993):

- $LT = (t^0 \text{ en zona al } 50\text{-}60\% \text{ HRmax} \times 1) + (t^0 \text{ en zona al } 60\text{-}70\% \text{ HRmax} \times 2) + (t^0 \text{ en zona al } 70\text{-}80\% \text{ HRmax} \times 3) + (t^0 \text{ en zona al } 80\text{-}90\% \text{ HRmax} \times 4) + (t^0 \text{ en zona al } 90\text{-}100\% \text{ HRmax} \times 5).$

Siendo t^0 , el tiempo en minutos y % HRmax el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima.

También se cuantifico la carga de entrenamiento a través de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg de 1 a 10 (Foster et al., 2001), atendiendo a la ecuación:

- $\text{Carga de entrenamiento} = \text{Duración real del entrenamiento en minutos multiplicada por el valor escala de Borg.}$

Análisis Estadístico.

El paquete estadístico SPSS 17.0.0 se utilizó para realizar el análisis de los datos. Se efectuó una estadística descriptiva para todas las variables analizadas. Antes de realizar las pruebas paramétricas se determinó la normalidad con la prueba Kolmogorov-Smirnov. La relación entre el máximo consumo de oxígeno y las diferentes variables analizadas en el RSA, se determinó mediante el análisis de prueba de Pearson ($p < 0.05$). El análisis de la prueba t para muestras relacionadas se utilizó para determinar las diferencias significativas en el rendimiento antes y después de la intervención. El ANOVA de un factor se utilizó para establecer las diferencias entre los grupos de análisis, mediante el análisis post hoc Bonferroni y Student Neuman–Keuls con un nivel de significatividad de $p < 0.05$. Los siguientes criterios se adoptaron para la interpretación de la magnitud de la correlación (r) entre las medidas de prueba: 0.1, trivial, 0.1-0.3, pequeño, 0.3-0.5, moderado, 0.5-0.7, grandes, 0.7-0.9, muy grande, y 0.9 -1,0, casi perfecto. Todos los datos se presentan como valores medios $\pm SD$.

RESULTADOS

Carga de entrenamiento.

No se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos en carga interna de entrenamiento (LT). La media de la carga interna de entrenamiento (LT) atendiendo al tiempo en la zonas de HRmax (Edwards, 1993) fue de 161.3 ± 18.2 y 174.9 ± 50.7 para GASG y el GEI respectivamente; y tampoco se obtuvieron diferencias analizando la carga de entrenamiento atendiendo a duración del entrenamiento y a la percepción subjetiva del esfuerzo (Foster, et al, 2001), que fue de 405 ± 111.35 y 371.83 ± 115.76 para GASG y el GEI respectivamente (Figura 3)

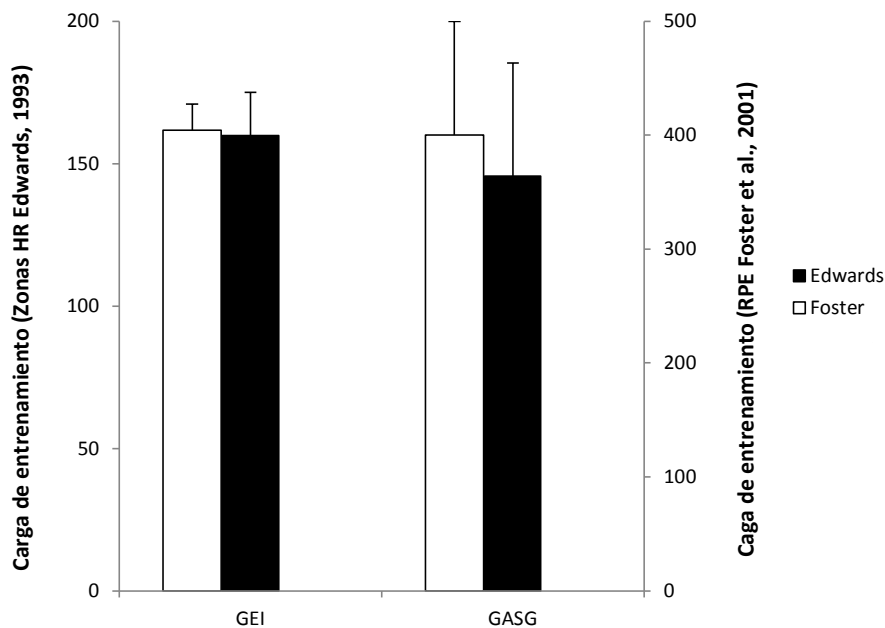


Figura 3. Carga interna de entrenamiento en función del tiempo en el mismo por parte del grupo de intervención con juegos reducidos y carrera aeróbica de alta intensidad (GSAG), y por parte del grupo de entrenamiento integrado específico (GEI). A la izquierda en función de las zonas en %HRmax (Edwards, 2003). A la derecha en función de la percepción subjetiva de esfuerzo (Foster et al, 2001).

Aunque no hubo diferencias en la carga total de entrenamiento, si que se obtuvieron diferencias significativas en las tres zonas de entrenamiento comprendidas entre el 60-100% HRmax entre GASG y GEI (Figura 4). El grupo GASG presenta un significativo ($p = 0.038$) mayor tiempo (5.9%) entrenando en la zona correspondiente a la intensidad del 80-90% HRmax, la intensidad diseñada en la intervención, con respecto a GEI; y aunque no significativa, también un 4.2% más en la zona de máxima intensidad (90-100% HRmax); por lo que fue significativamente menor el tiempo en las zonas no objetivo de la

intervención por ser las de menor intensidad (un 7.9% en la de 60-70% HRmax y un 3.9% en la de 70-80% de HRmax) (Figura 4).

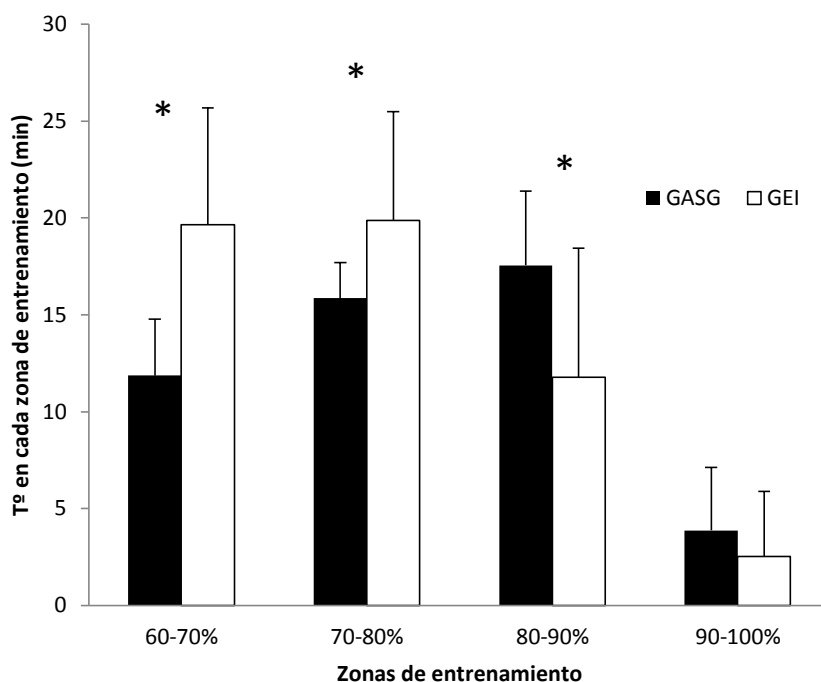


Figura 4. Tiempo en cada zona de intensidad expresado en minutos en un entrenamiento tipo. GASG=grupo de intervención (entrenamiento aeróbico combinado con small sided games). GEI= grupo de entrenamiento integrado específico. Valores medios \pm SD. * = diferencias significativas entre grupos en cada zona. Nivel de significación: * = $p < 0.05$

Cineantropometría y cualidad aeróbica.

No hay diferencias significativas entre los tres grupos en la evaluación previa en ninguna de las variables cineantropométricas analizadas, ni el peso corporal, ni en la talla, ni en el IMC, ni en el porcentaje de grasa corporal (valor medio del 10,8% en todos los grupos). Tampoco se han observado diferencias significativas en la capacidad aeróbica (VO_2max), valor medio de $54.6 \pm 3.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en todos los grupos, ni en la frecuencia cardiaca máxima alcanzada (valor medio de $193.6 \pm 7.3 \text{ ppm}$, y alcanzando el 95.2% de la HRmax), ni en el cociente respiratorio (valor medio de 1.3 ± 0.6), parámetros que reflejan el haber realizado un esfuerzo máximo. El único valor en el que se han observado diferencias significativas ($p < 0.05$) es en la recuperación al esfuerzo máximo (porcentaje de recuperación de la HR a los 30 s de finalizar el test ergoespirométrico de laboratorio), entre el GC y el GEI.

Igualmente tampoco se han obtenido diferencias significativas ni en la intensidad a la que se identifica el umbral ventilatorio anaeróbico (VT2), indicador de la resistencia aeróbica, tanto en velocidad (valor medio de $13.4 \pm 1.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), como en frecuencia cardiaca (valor medio de $179.2 \pm 9.9 \text{ ppm}$), como en porcentajes respecto a los valores máximos ($84.2 \pm 7.5 \%$ del VO_2max y $92.6 \pm 4.2\%$ de la HRmax); ni en la intensidad a la que se identifica el umbral ventilatorio aeróbico (VT1), tanto en velocidad (valor medio de $10.3 \pm 1.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), como en frecuencia cardiaca (valor medio de $157.0 \pm 11.8 \text{ ppm}$), como en porcentajes respecto a los valores máximos ($68.4 \pm 7.6\%$ del VO_2max y $81.0 \pm 5.7\%$ de la HRmax).

Tras las 12 semanas de entrenamientos se observa que sólo en el grupo de intervención GASG aumenta significativamente ($p = 0.012$) un 7.4% el VO_2max , al mismo tiempo que mejora significativamente un 44.18% el porcentaje de recuperación de la HR a los 30 s de finalización del test, respecto de la HRmax alcanzada en el mismo; al igual que mejora la resistencia aeróbica en un 15,1% expresada como velocidad a la que se identifica el umbral ventilatorio anaeróbico (VT2). El GEI no mejora significativamente ni la capacidad aeróbica (VO_2max) ni la resistencia aeróbica (si bien tiende a aumentarlas) tras el periodo de entrenamiento, aunque mejora significativamente un 77.4% el porcentaje de recuperación a los 30 s. Tampoco el GC muestra modificaciones significativas en la capacidad y resistencia aeróbica (incluso tiende a reducir el VO_2max), pero sigue mejorando significativamente en un 44,64% el porcentaje de recuperación de la HR a los 30 s en 5 puntos. El umbral ventilatorio aeróbico (VT1) presenta un comportamiento similar al anaeróbico (VT2) mejorando sólo significativamente ($p = 0.001$) un 20% la intensidad a la que se produce en el GASG (Tabla 1).

Tabla 1. Cineantropometría y test en rampa ergoespirométrico máximo en laboratorio antes y después de 12 semanas de intervención en periodo competitivo de futbolistas de categoría juvenil.

	GASG		GEI		GC	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Peso (kg)	65.7 ± 5.2	67.1 ± 5.7	67.1 ± 5.2	67.7 ± 5.1	64.8 ± 8.1	68.7 ± 6.2
Talla (cm)	176.5 ± 7.4	178.0 ± 7.21	173.0 ± 4.5	173.7 ± 0.5	174.0 ± 4.8	174.7 ± 4.33
IMC	21.2 ± 2.3	21.9 ± 2.3	22.4 ± 1.1	22.5 ± 3.2	22.5 ± 2.7	22.6 ± 2.3
Grasa corporal (%)	10.1 ± 0.9	9.9 ± 0.7	10.8 ± 0.6	9.5 ± 0.5 *	11.6 ± 0.9	11.4 ± 0.8
VO₂max (L·min⁻¹)	3.4 ± 0.1	3.7 ± 0.1 *	3.7 ± 0.1	3.9 ± 0.1	3.8 ± 0.1	3.7 ± 0.17
VO₂max (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	52.2 ± 0.8	56.2 ± 1.0 *	55.3 ± 1.0	58.7 ± 1.9	55.9 ± 1.5	53.8 ± 2.06
HRmax (ppm)	191.3 ± 8.6	193.0 ± 8.6	192.9 ± 7.6	191.0 ± 8.4	196.1 ± 6.2	193.8 ± 8.7
REC-30 s (%HRmax)	8.6 ± 1.0	12.4 ± 1.4 *	5.9 ± 1.2 †	10.23 ± 1.2 *	11.2 ± 0.9	16.2 ± 1.6 *
VT2 (VO₂)	44.3 ± 5.5	46.5 ± 4.4	46.9 ± 5.2	50.1 ± 4.3	46.7 ± 4.0	45.6 ± 6.3
VT2 (%VO₂max)	84.4 ± 9.6	82.5 ± 4.2	84.7 ± 8.2	86.6 ± 4.07	83.7 ± 5.5	84.6 ± 3.8
VT2 (km·h⁻¹)	11.9 ± 0.3	13.7 ± 0.4 *	14.0 ± 0.4	14.7 ± 0.3	14.0 ± 0.3	14.4 ± 0.3
VT2 (HR)	179.3 ± 14.2	179.4 ± 12.1	177.0 ± 7.3	179.8 ± 9.0	182.0 ± 8.8	182.8 ± 10.6
VT2 (%HRmax)	93.7 ± 5.4	92.9 ± 2.8	91.8 ± 3.3	94.1 ± 2.2	93.0 ± 3.8	94.6 ± 2.3
VT1 (VO₂)	34.6 ± 5.2	36.4 ± 3.8	38.1 ± 3.9	41.1 ± 5.0	38.9 ± 4.6	38.0 ± 6.5
VT1 (%VO₂max)	66.1 ± 9.8	64.6 ± 4.4	68.9 ± 6.5	71.0 ± 6.7	69.7 ± 7.0	68.9 ± 6.7
VT1 (km·h⁻¹)	8.9 ± 0.2	10.6 ± 0.4*	10.9 ± 0.2	11.3 ± 0.3	11.0 ± 0.3	11.2 ± 0.3
VT1 (HR)	161.9 ± 9.8	156.3 ± 16.5	156.6 ± 11.3	159.1 ± 10.5	155.3 ± 12.2	153.0 ± 17.1
VT1 (%HRmax)	84.7 ± 4.1	80.8 ± 5.7	81.1 ± 4.1	83.3 ± 4.6 *	79.1 ± 5.9	79.1 ± 6.3

GASG= entrenamiento aeróbico de alta intensidad combinado con juegos reducidos; GEI=grupo de entrenamiento específico integrado; GC=grupo control; PRE = evaluación antes de la intervención; POST = evaluación después de la intervención; REC-30 s = recuperación a los 30 s de finalizar el test ergoespirométrico de laboratorio; VT2 = umbral anaeróbico ventilatorio; VT1 = umbral aeróbico ventilatorio. Valores medios ± SD.

* = diferencias significativas entre PRE y POST en mismo grupo. Nivel de significación: * = $p < 0.05$

† = diferencias significativas entre GEI y GC. Nivel de significación: † = $p < 0.05$

Antes de la intervención se realizó el test de campo Course Navette para establecer la correlación entre el VO₂max medido con la prueba de laboratorio y el estimado en función de la velocidad y edad en el test de campo, siendo esta muy significativa (Figura 5) ($r = 0.553$; $p = 0.004$). El VO₂max medido en el test de laboratorio fue de $54.6 \pm 3.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, mientras que el estimado en el test de campo de Course Navette fue de $55.8 \pm 0.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ sin establecerse diferencias significativas.

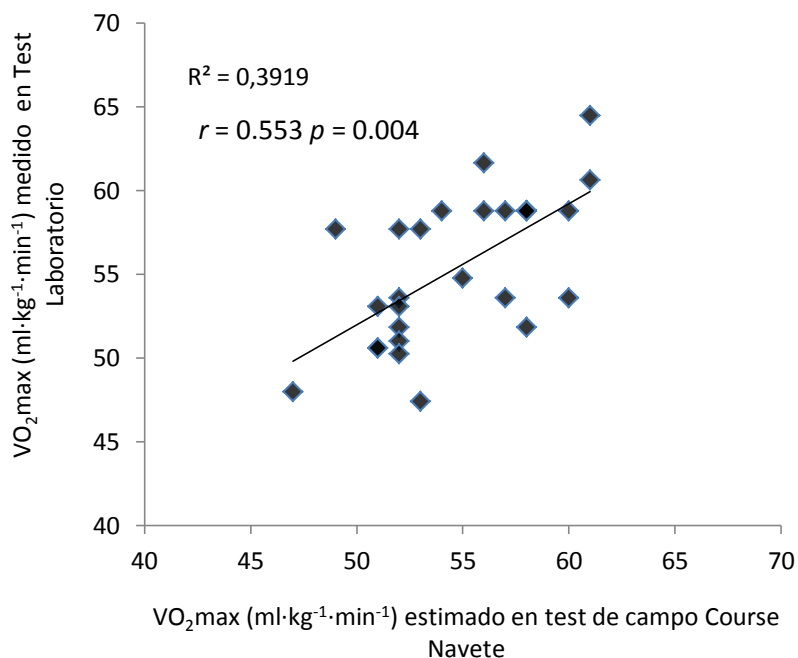


Figura 5. Correlación de Pearson entre el VO₂max (ml·kg⁻¹·min⁻¹) medido en el test en rampa en tapiz rodante en laboratorio y el VO₂max estimado en el test de la Course Navette.

Cambios en la capacidad de repetir sprints.

La realización del test RSA no mostró diferencias significativas en ninguno de los dos índices de fatiga (*Sdec* y *Change*) utilizados entre ninguno de los tres grupos en la evaluación inicial. En cambio sí se encontraron diferencias significativas tras las 12 semanas de entrenamiento tanto para el grupo de intervención GAGS como para el GEI. Estas diferencias significativas fueron todas en los valores absolutos de la prueba, en el GASG fueron del 3.2%, 3.8% y 3.7% respectivamente para el RSA_{mejor} ($p = 0.006$), el RSA_{total} ($p = 0.017$) y el RSA_{media} ($p = 0.017$). GEI mejoró significativamente un 2.1%, 2% y 2% para el RSA_{mejor}, RSA_{total} y RSA_{media} respectivamente. Por el contrario, en el GC sólo se redujo significativamente en un 2.4% el RSA_{media} (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de test de RSA (8 x 30 m con 25 s de recuperación activa) antes y después de 12 semanas de intervención en periodo competitivo de futbolistas de categoría juvenil.

	GASG		GEI		GC	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
RSA_{mejor} (s)	4.46 ± 0.08	4.32 ± 0.53	4.29 ± 0.04	4.20 ± 0.02	4.57 ± 0.07	4.46 ± 0.09
RSA_{total} (s)	37.73 ± 0.57	36.37 ± 0.55	36.05 ± 0.42	35.31 ± 0.34	38.10 ± 0.66	37.54 ± 0.71
RSA_{media} (s)	4.72 ± 0.07	4.55 ± 0.06	4.50 ± 0.05	4.41 ± 0.04	4.76 ± 0.08	4.69 ± 0.08
Sdec (%)	5.67 ± 0.86	5.13 ± 1.06	5.09 ± 0.50	4.99 ± 0.56	4.10 ± 0.59	5.22 ± 0.75
Change (%)	7.37 ± 4.48	8.36 ± 5.97	9.98 ± 2.48	7.47 ± 4.45	6.00 ± 3.75	8.46 ± 4.40

GASG= entrenamiento aeróbico de alta intensidad combinado con juegos reducidos; GEI=grupo de entrenamiento específico integrado; GC=grupo control; PRE = evaluación antes de la intervención; POST = evaluación después de la intervención; RSA_{mejor} = mejor tiempo en el test RSA; RSA_{total} = tiempo total empleado; RSA_{media} = tiempo medio empleado en el test. Sdec = decrecimiento; Change = diferencia entre primer y último sprint. Valores medios ± SD. * = diferencias significativas entre PRE y POST en mismo grupo. Nivel de significación: *= $p < 0.05$

DISCUSIÓN.

De acuerdo con nuestra hipótesis el entrenamiento aeróbico de alta intensidad combinado con juegos reducidos (GASG) es útil para conseguir entrenar con balón un mayor tiempo a altas intensidades de esfuerzo y mejorar significativamente la capacidad aeróbica (VO₂max) y la resistencia aeróbica (umbral ventilatorio anaeróbico VT2) en jóvenes futbolistas, al tiempo que mejora significativamente el tiempo de realización de sprints en el test RSA, sin cambios en los índices de fatiga. En cambio el entrenamiento integrado específico (GEI) sólo cursa con mejoras en el tiempo del test RSA, sin cambios en los índices de fatiga ni en los valores de cualidad aeróbica.

En el presente estudio, a pesar de no haber diferencias en la carga total de entrenamiento, los jugadores de GASG acumulaban más tiempo a altas intensidades (5.9% más a intensidades de 80-90%HRmax) y menos tiempo a bajas intensidades (7.9% menos a intensidades de 60-70% HRmax) intensidades similares a las obtenidas por estudios anteriores utilizando protocolos inespecíficos (Helgueroud et al., 2001). Por su parte, el poco tiempo empleado por los jugadores GEI en altas intensidades, puede explicar la ausencia de cambios en el VO₂max tras el programa de entrenamiento (Hill Hass et al., 2009). Curiosamente, el grupo GASG que presenta una mayor carga de trabajo a altas intensidades, muestra una menor percepción de la carga de entrenamiento, siendo superior en GEI esto puede ser debido a que los jugadores estaban más acostumbrados a ese tipo de trabajo (Hill Hass et al., 2009).

Las mejoras obtenidas en la cualidad aeróbica (7.4 % de VO_2max) son inferiores a las obtenidas (10.4%) por estudios anteriores (Helgerud et al., 2001; Tabata et al., 1996) durante la competición (si bien es cierto que utilizaban un protocolo menos específico), similares a las obtenidas por estudios como protocolos específicos basados en los small sided games (Impellizzeri et al., 2009) y superiores a las obtenidas por estudios que utilizaban este protocolo pero sin la presencia del balón (Ferrari Bravo et al., 2008). Mostrándose esta estrategia útil para la mejora de la VAM (Dellal et al., 2012). Otros estudios no muestran cambios en el VO_2max tras la realización de un programa mediante juegos reducidos durante la pretemporada (Hill Hass et al., 2009). Es posible que la alta intensidad de las tareas escogidas para el entrenamiento de los juegos reducidos (Hill Hass et al., 2011) junto con la combinación de repeticiones mediante HIT pueda ocasionar mejoras, que en tareas realizadas solo mediante small sided games y entrenamientos genéricos. Las mejoras obtenidas son aún más importantes ya que el periodo en el que se realizó el estudio es la propia temporada competitiva.

El que en el grupo GASG mejore la cualidad aeróbica es un aspecto muy importante y relevante, ya que se ha correlacionado la capacidad aeróbica con la distancia recorrida por los jugadores en un partido de fútbol (Bangsbo & Lindquist, 1992; Helgerud et al., 2001). La media del VO_2max ($54.6 \pm 3.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de todos los futbolistas que participaron en el estudio, está en el límite inferior de la media propuesta ($55\text{-}68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) para jugadores de fútbol de élite (Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998) y es similar a la de estudios anteriores con jóvenes futbolistas de edades similares (Ferrari Bravo et al., 2008).

Se ha demostrado que las tareas con juego reducidos son más motivantes para el jugador (Gabbett & Mulvey, 2008), y esta motivación hacia la tarea ha podido ocasionar una mayor intensidad de trabajo y con ella un mayor aumento del rendimiento, a pesar de que las limitaciones técnicas pueden disminuir la intensidad de la tarea (Iaia et al., 2009). La diferencia entre nuestro programa de intervención y el de los estudios anteriormente mencionados, es la introducción de los juegos reducidos como herramienta de trabajo del entrenamiento aeróbico de alta intensidad, ya que las series, intensidad, tiempo y recuperación son los mismos, esto es una ventaja ya que en el fútbol lo ideal sería que el entrenamiento de resistencia se llevara a cabo con el balón (Helgerud et al., 2001) mostrándose el programa diseñado tan válido como el entrenamiento específico sin balón. No se han obtenido mejoras el rendimiento aeróbico (VO_2max) tras la aplicación de un programa exclusivamente basado en tareas específicas (Hill-Haas, et al., 2009; Impellizzeri

et al., 2006), sin embargo si ha aumentado la distancia recorrida en un test de campo como el Yo-Yo intermittent recovery test (Hill-Haas et al., 2009). La no obtención de las mejoras puede ser debido a las características de las tareas seleccionadas en los juegos reducidos, ya que de ellas dependerá la intensidad de las mismas (Casamichana & Castellano, 2010)

Varios estudios han descrito los cambios que manifiesta la cualidad aeróbica en una temporada competitiva en fútbol (Kalapotharakos, Ziogas, & Tokmakidis, 2011; Metaxas, Sendelides, Koutlianos, & Mandroukas, 2006), no obteniéndose cambios durante el periodo competitivo (Helgeroud et al., 2001), sino incrementando esta cualidad después de un periodo de inactividad (pretemporada) (Helgeroud et al., 2001; Impellizzeri et al., 2006), por el contrario esta intervención obtiene mejoras en el rendimiento tanto en la capacidad (VO_2max) como en la resistencia (VT_2) aeróbica durante el periodo competitivo.

El motivo de estas diferencias puede ser la orientación e intensidad del entrenamiento desarrollado en pretemporada (Ferrari Bravo et al., 2008) y el nivel inicial de VO_2max de los jugadores (Hill Hass et al., 2009), no obstante el nivel inicial de los deportistas de esta investigación ($54.6 \pm 3.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) fue similar ($55.6 \pm 3.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) al de investigaciones que no obtuvieron cambios durante la temporada (Impellizzeri et al., 2006). Estudios anteriores que analizaron la evolución de la cualidad aeróbica durante la pretemporada y primera parte de la temporada, no obtuvieron cambios en el VO_2max durante la pretemporada, pero si durante la temporada, mejorando durante la pretemporada en la velocidad correspondiente a la concentración de $3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de lactato (Bangsbo & Lindquist, 1992).

En la determinación de la cualidad aeróbica, el VO_2max es considerado uno de los elementos más importantes (Helgerud et al., 2001). Otro elemento importante es el umbral anaeróbico (VT_2) definido como la intensidad de ejercicio en el que el aumento de la ventilación se convierte en desproporcionada al aumento de la potencia de salida o velocidad de locomoción durante una prueba de esfuerzo incremental (Svedahl & MacIntosh, 2003). En los deportes de resistencia, el umbral anaeróbico es un mejor indicador de del rendimiento aeróbico que el VO_2max (Helgerud, 1994). La velocidad a la que aparecen los umbrales en nuestros futbolistas es similar a la obtenida en estudios anteriores con protocolos similares y con futbolistas de la misma edad (Cottin et al., 2007; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010). El grupo GASG tuvo un aumento significativo de la velocidad a la que aparecen los umbrales ventilatorios ($p = 0.006$; $p = 0.001$) para VT_2 y

VT1 respectivamente, demostrando así que el protocolo empleado es útil para aumentar el rendimiento en resistencia y por lo tanto el rendimiento en el fútbol (Helgerud et al., 2001; Kalapotharakos et al., 2011). Hay un consenso general que el $VO_2\text{max}$ se limita principalmente por la capacidad del sistema cardiovascular para el transporte de O_2 a los músculos activos, y umbral de lactato por la capacidad periférica de utilizar O_2 y, en particular, por la actividad de la enzima mitocondrial (Impellizeri et al., 2006). Mientras que los factores centrales (es decir $VO_2\text{max}$) se restauran rápidamente en un tiempo relativamente corto (4 semanas), los factores periféricos (es decir la actividad oxidativa de las enzimas musculares) probablemente requiera un tiempo más largo para mejorar, mostrándose esta intervención útil en la mejora de ambos parámetros (Impellizeri et al., 2006).

Diferentes estudios han analizado la relación entre la cualidad aeróbica y el rendimiento en RSA (Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2007; Buchheit, 2012b; Gibson, Currie, Johnston, & Hill, 2013; Ingebrigtsen et al., 2014) mostrando diferentes resultados que parecen estar determinados por el test RSA empleado (Thebault et al., 2011) y la variable de rendimiento aeróbico comparada (Buchheit, 2012b). Cambios en el tiempo medio sin cambios en los índices de fatiga son explicados como mejoras en el metabolismo anaeróbico (Ferrari Bravo et al., 2008), pero no en la capacidad de recuperar entre los diferentes sprint, directamente relacionado con la cualidad aeróbica (Thebault et al., 2011), produciéndose aquí una contradicción que puede ser explicada por la poca sensibilidad de los índices de fatiga como indicadores del rendimiento (Buchheit, 2012a, 2012c).

El entrenamiento a alta intensidad es útil no solo para la mejora del $VO_2\text{max}$ (Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal, & Wisloff, 2010), sino también el metabolismo anaeróbico (Dellal et al., 2010) de ahí que nuestra hipótesis fuese que este grupo mejorase el rendimiento también en el test RSA. Las variables utilizadas para medir el rendimiento en el test RSA, no se correlacionaron bien con ninguna de las variables de los test utilizados que miden la capacidad aeróbica, ni con el test de laboratorio ni con el test de campo, estudios anteriores no han mostrado correlaciones entre rendimiento en test de laboratorio ($VO_2\text{max}$) y test de campo MST (paliers completados) y rendimiento en test RSA (RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{total}) en jóvenes futbolistas (Aziz et al., 2007) pero si entre el RSA_{total} y el $VO_2\text{max}$ ($r = -0.346$ $p < 0.05$) en jugadores de hockey (Aziz, Chia, & Teh, 2000), mosrandose como variable con mayor relación e incidencia la velocidad máxima en un test incremental (Buchheit, 2012b).

Esto puede ser debido a que el protocolo utilizado en el RSA tenía un número escaso de repeticiones, ya que en otros estudios donde utilizaban más repeticiones (3 x 5 x 40 m) obtuvieron una correlación significativa entre los índices de fatiga de las últimas series y la capacidad aeróbica (Thebault et al., 2011), mostrando que la importancia de la cualidad aeróbica es mayor cuantas más repeticiones se realicen en el test RSA.

En esta línea de pensamiento, los estudios que reportaron una correlación significativa entre la aptitud aeróbica y RSA que se basan a menudo en tan solo 5 o 6 repeticiones (Aziz et al., 2000; Bell, Snyder, Davies, & Quinney, 1997; Bishop, Lawrence, & Spencer, 2003; Edge, Hill-Haas, Goodman, & Bishop, 2006), podrían ser engañosos, ya que el número de repeticiones no es representativo de lo que está ocurriendo realmente en la competición en los deportes intermitentes y acíclicos. Esta puede ser la causa de que no se encuentre correlación entre la capacidad aeróbica y el rendimiento en el test RSA en nuestro estudio, y de encontrarse, esas correlaciones no serían relevantes, ya que no están reflejando lo que ocurre realmente en la competición.

Por otra parte, la importancia de la cualidad aeróbica en el rendimiento en test RSA está demostrada y aceptada por varios estudios (Buchheit, 2012b; Castagna et al., 2007; Dupont, McCall, Prieur, Millet, & Berthoin, 2010; Pyne et al., 2008). Los atletas entrenados en resistencia tienen un menor decrecimiento del rendimiento en un test RSA de 10 repeticiones de 6 s con 30 s de recuperación (Hamilton, Nevill, Brooks, & Williams, 1991).

La duración de los periodos de recuperación entre los diferentes sprints afecta al rendimiento en el test RSA (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996; Bogdanis, Nevill, Boobis, Lakomy, & Nevill, 1995). Con un periodo de recuperación suficientemente largo, el test RSA es dependiente de la concentración muscular de ATP y la depleción y resíntesis de la PCr durante las fases de recuperación, que a su vez está limitado por la falta de oxígeno (Glaister, 2005). Si los periodos de recuperación son demasiado cortos para permitir la reposición de la PCr, la contribución de la glucólisis anaeróbica se incrementa, tal como refleja el aumento de la concentración de lactato (Glaister, Stone, Stewart, Hughes, & Moir, 2005).

Se encontraron diferencias significativas por tiempo de intervención tanto para el grupo de intervención (GASG) como para el grupo de entrenamiento integrado (GEI). Estas diferencias significativas fueron todas en los valores absolutos de la prueba. Así las diferencias en el grupo de intervención fueron significativas para el RSA_{mejor} ($p = 0.006$), el

RSA_{total} ($p = 0.017$) y el RSA_{media} ($p = 0.017$). Las diferencias en el grupo de entrenamiento integrado fueron $p=0.017$, $p=0.023$ y $p=0.023$ para el RSA_{mejor}, el RSA_{total} y el RSA_{media} respectivamente. Los valores obtenidos en los índices de fatiga (*Sdec*) de este estudio son similares a los encontrados en estudios anteriores (4-6%) con protocolos similares (Pyne et al., 2008), pero al igual que el porcentaje de cambio (*Change*) no muestra diferencias significativas tras la intervención en ninguno de los grupos mostrándose este indicador menos sensible a los cambios en el rendimiento, pudiendo ser debido a la relación con el sprint inicial y la evaluación de los parámetros absolutos (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007).

Como hemos mencionado anteriormente la elección del índice de fatiga es determinante para evaluar el rendimiento en el test RSA (Thebault et al., 2011). Por este motivo hemos utilizado aquellos más comunes en la literatura como *Sdec* (Buchheit, 2012a; Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010; Dawson, 2012; Dawson et al., 1997; Impellizzeri et al., 2008) y *Change* (Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008).

No se obtuvieron correlaciones significativas entre los valores absolutos y los índices de fatiga. Por otra parte se correlaciono muy significativamente los dos índices de fatiga utilizados entre sí ($r = 0.744$) ($p = 0.000$). También se obtuvieron correlaciones muy significativas entre los tres valores absolutos del test, el RSA_{total}, RSA_{mejor} y RSA_{media} obteniendo ($r = 0.938$) para RSA_{mejor} con los otros dos valores y ($r = 1$) para RSA_{total} con RSA_{media}.

Siguiendo nuestra hipótesis, los sujetos que llevaron a cabo un entrenamiento más específico (GEI), obtuvieron mejoras en el test RSA. Estas mejoras se produjeron en todos los parámetros, siendo significativas para el RSA_{total} ($p = 0.023$) para el RSA_{mejor} ($p = 0.017$) y para el RSA_{media} ($p = 0.023$) no obteniéndose diferencias significativas entre el antes y el después en los índices de fatiga. Sin embargo las mejoras del grupo de intervención en los diferentes índices de fatiga, aunque no significativas, fueron mayores ya que mejoraron un 9.53% en el *Sdec* por un 2.7% por parte del grupo de entrenamiento integrado. El grupo control no mejoro en ningún índice de fatiga y solo mejoro en el RSA_{mejor} en los valores absolutos.

A pesar de no realizar un entrenamiento específico para obtener mejoras en el test RSA el GASG mejoro en todos los aspectos, lo que pone de manifiesto que la mejora en el rendimiento aeróbico mejora el rendimiento en el test RSA (Owen et al., 2012). La

capacidad de recuperarse entre cada uno de los sprints repetidos se considera determinante en deportes intermitentes como el fútbol, y puede ser facilitada por un sistema de energía aeróbica superior (Bishop, Edge, & Goodman, 2004). Durante la fase de recuperación, el VO_2 es elevado para restaurar los procesos metabólicos a situaciones pre ejercicio. Las adaptaciones asociadas con un mayor nivel de aptitud aeróbica pueden facilitar el proceso de recuperación y el rendimiento de velocidad posterior, al proporcionando energía derivada de la vía aeróbica a una tasa más rápida durante el período de recuperación (Taoutaou et al., 1996; Tomlin & Wenger, 2001). Quedando patente la combinación de SSGs e HIT para la mejora del rendimiento en jugadores de fútbol. El rendimiento en el test RSA depende en las primeras repeticiones de la utilización de los fosfatos de alta energía (ATP, PC), pero al finalizar el test, y sobre todo si el test tiene el número suficiente de repeticiones, la capacidad aeróbica es determinante en el rendimiento (Thebault et al., 2011).

CONCLUSIONES.

1. La combinación del entrenamiento aeróbico de alta intensidad y juegos en espacios reducidos a intensidades mayores al 85% de la frecuencia cardíaca máxima, es eficaz para mejorar la cualidad aeróbica, al aumentar tanto la capacidad aeróbica ($VO_2\text{max}$), como la resistencia aeróbica (umbral ventilatorio anaeróbico VT2) e incrementar el porcentaje de recuperación al esfuerzo máximo, al tiempo que cursa con mejoras en los valores absolutos de un test RSA en jóvenes jugadores de fútbol.
2. Los mejores cambios obtenidos al combinar el trabajo físico con el trabajo técnico-táctico en jóvenes futbolistas, conlleva una mayor optimización del tiempo, de tal forma que la combinación de juegos reducidos y entrenamiento de alta intensidad logra ser más efectiva que el entrenamiento específico integrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Macas, V., & Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *J Hum Kinet*, 33, 103-113.
- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.

- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.
- Bailey, S. J., Wilkerson, D. P., Dimenna, F. J., & Jones, A. M. (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *J Appl Physiol*, 106(6), 1875-1887.
- Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci*, 12 Spec No, S5-12.
- Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol*, 92(4-5), 540-547.
- Bangsbo, J., & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med*, 13(2), 125-132.
- Bell, G. J., Snyder, G. D., Davies, D. S., & Quinney, H. A. (1997). Relationship between aerobic fitness and metabolic recovery from intermittent exercise in endurance athletes. *Can J Appl Physiol*, 22(1), 78-85.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport*, 6(2), 199-209.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol* (1985), 80(3), 876-884.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*, 482 (Pt 2), 467-480.
- Buchheit, M. (2012a). Fatigue during Repeated Sprints: precision needed. *Sports Med*, 42(2), 165-167.
- Buchheit, M. (2012b). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M. (2012c). Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance? *Sports Med*, 42(2), 169-172; author reply 172-163.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol*, 98(6), 1985-1990.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci*, 28(14), 1615-1623.
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1172-1176.

- Cottin, F., Medigue, C., Lopes, P., Lepretre, P. M., Heubert, R., & Billat, V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med*, 28(4), 287-294.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Dawson, B. (2012). Repeated-sprint ability: where are we? *Int J Sports Physiol Perform*, 7(3), 285-289.
- Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M., & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand J Med Sci Sports*, 7(4), 206-213.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*, 18(2), 353-358.
- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong del, P., & Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3219-3226.
- Dellal, A., Varliette, C., Owen, A., Chirico, E. N., & Pialoux, V. (2012). Small-sided games versus interval training in amateur soccer players: effects on the aerobic capacity and the ability to perform intermittent exercises with changes of direction. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2712-2720.
- Dupont, G., McCall, A., Prieur, F., Millet, G. P., & Berthoin, S. (2010). Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. *Eur J Appl Physiol*, 110(3), 627-634.
- Edge, J., Hill-Haas, S., Goodman, C., & Bishop, D. (2006). Effects of resistance training on H⁺ regulation, buffer capacity, and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, 38(11), 2004-2011.
- Edwards, S. (1993). *The Heart Rate Monitor Book*. 8th ed. Sacramento, CA.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *J Strength Cond Res*, 22(2), 543-552.
- Gibson, N., Currie, J., Johnston, R., & Hill, J. (2013). Relationship between measures of aerobic fitness, speed and repeated sprint ability in full and part time youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(1), 9-16.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757-777.

- Glaister, M., Stone, M. H., Stewart, A. M., Hughes, M., & Moir, G. L. (2005). The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. *J Strength Cond Res*, *19*(4), 831-837.
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014). Small-sided games in team sports training: Brief review. *J Strength Cond Res*, *28*(12):3594-618.
- Hamilton, A. L., Nevill, M. E., Brooks, S., & Williams, C. (1991). Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *J Sports Sci*, *9*(4), 371-382.
- Hautier, C. A., Arsac, L. M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(4), 839-843.
- Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *68*(2), 155-161.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(11), 1925-1931.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(4), 665-671.
- Hill-Haas, S., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Med*, *41*(3), 199-220.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Rowsell, G. J., & Dawson, B. T. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med*, *30*(9), 636-642.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, *34*(3), 165-180.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, *36*(3), 218-221.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, *4*(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, *27*(6), 483-492.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, *29*(11), 899-905.
- Ingebrigtsen, J., Brochmann, M., Castagna, C., Bradley, P. S., Ade, J., Krusturup, P., & Holtermann, A. (2014). Relationships between field performance tests in high-level soccer players. *J Strength Cond Res*, *28*(4), 942-949.
- Kalopotharakos, V. I., Ziogas, G., & Tokmakidis, S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, *25*(6), 1502-1507.
- Katis, A., & Kellis, E. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *J Sports Sci Med*, *8*(3), 374-380.
- Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *49*(1), 1-12.

- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6(2), 93-101.
- MacDougall, J. D., Hicks, A. L., MacDonald, J. R., McKelvie, R. S., Green, H. J., & Smith, K. M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol*, 84(6), 2138-2142.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Metaxas, T., Sendelides, T., Koutlianos, N., & Mandroukas, K. (2006). Seasonal variation of aerobic performance in soccer players according to positional role. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(4), 520-525.
- Midgley, A. W., Carroll, S., Marchant, D., McNaughton, L. R., & Siegler, J. (2009). Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set of standardized criteria. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(2), 115-123.
- Midgley, A. W., & Mc Naughton, L. R. (2006). Time at or near VO₂max during continuous and intermittent running. A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near VO₂max. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(1), 1-14.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Med*, 37(12), 1019-1028.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Newman, M. A., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J Strength Cond Res*, 18(4), 867-872.
- Ortenblad, N., Lunde, P. K., Levin, K., Andersen, J. L., & Pedersen, P. K. (2000). Enhanced sarcoplasmic reticulum Ca(2+) release following intermittent sprint training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 279(1), R152-160.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- 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. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Pyne, D., Santisteban, J., & Mujika, I. (2011). Fitness determinants of repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(4), 497-508.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*, 28(2), 299-323.

- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Med Sci Sports Exerc*, 28(10), 1327-1330.
- Taoutaou, Z., Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Ahmaidi, S., & Prefaut, C. (1996). Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(5), 465-470.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 30(3), 462-467.
- Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(3), 653-660.
- 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. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 77-83.

5.5 EVOLUCIÓN EN EL RENDIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS (RSA) SEGÚN EL MOMENTO DE LA TEMPORADA Y EN FUNCIÓN DE LA DEMARCACIÓN EN JÓVENES FUTBOLISTAS.

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar las variaciones en la capacidad de repetir sprints (RSA) durante la temporada competitiva y establecer diferencias en su rendimiento en función de la demarcación de los jóvenes futbolistas. 16 jóvenes jugadores de fútbol (edad: 17.4 ± 0.7 años; peso: 68.8 ± 5.3 kg; estatura: 1.76 ± 0.05 m; grasa corporal: 9.6 ± 2.6 %) realizaron un análisis cineamtrópométrico y un test RSA (8 x 30 m con 25 s de recuperación activa) en 4 momentos diferentes de una temporada de fútbol, para valorar cambios en el rendimiento, además otros 49 futbolistas de categoría juvenil nacional (edad: 17.7 ± 0.8 años; peso: 67.2 ± 4.5 kg; estatura: 1.75 ± 0.06 m; grasa corporal: 9.8 ± 2.34 %) realizaron una única evaluación, para comprobar la relación entre el rendimiento y la demarcación ocupada en el terreno de juego. Existen mejoras significativas en el rendimiento en RSA cuando se comparan los valores del inicio de la pretemporada con el final de la misma ($p < 0.01$), y con el final de la primera vuelta ($p < 0.05$). Se observa una disminución significativa del rendimiento ($p < 0.05$) entre el final de la primera vuelta y el comienzo de la segunda en los valores absolutos del test. No hay cambios en el decrecimiento (Sdec) pero si se encuentran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el porcentaje de pérdida entre el primer y último sprint (Change) entre el final de la pretemporada y el inicio de la segunda vuelta. Cuando se analiza el rendimiento en función de la demarcación ocupada, no se encuentran diferencias significativas en ninguna variable absoluta ni índice de fatiga. Los valores absolutos del rendimiento en RSA varían a lo largo de la temporada de fútbol, mostrándose sensible a los cambios ocasionados por el entrenamiento, no dependiendo el rendimiento de la demarcación ocupada en el terreno de juego en jóvenes futbolistas.

Palabras clave: capacidad de repetir sprints, Índice de fatiga, test RSA, Fútbol, Demarcación.

INTRODUCCIÓN.

El fútbol requiere altos niveles de capacidad aeróbica ya que los partidos duran 90 minutos, con una intensidad media próxima al umbral anaeróbico, y una frecuencia cardiaca del 80-90% de la HRmax (Bangsbo, 1994) siendo el 90% de la energía facilitada mediante el metabolismo aeróbico (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002). Sin embargo la presencia de sprints y esfuerzos de alta intensidad, con fases cortas de recuperación, conocido como capacidad para repetir sprints o “repeat sprint ability” (RSA) (Mujika, Santisteban, Impellizzeri, & Castagna, 2009) es clave para que el jugador tenga

éxito en la competición, condicionando sus posibilidades para ganar o no la posesión del balón (Paton, Hopkins, & Vollebregt, 2001). La imposibilidad para mantener el rendimiento en cada sprint (fatiga) se manifiesta mediante el descenso en la velocidad de desplazamiento, siendo este el indicador del rendimiento en los test utilizados para medir el RSA (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2008).

Diversos estudios han utilizado el test RSA en el fútbol (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011) analizado los efectos de programas de entrenamiento (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010; Ferrari Bravo et al., 2008), la influencia de la cualidad aeróbica (Buchheit, 2012; Ingebrigtsen et al., 2014), la utilización de suplementos como la cafeína (Carr, Dawson, Schneiker, Goodman, & Lay, 2008), la aplicación de estiramientos previos (Turki-Belkhiria et al., 2014), la relación con el nivel competitivo (Rampinini et al., 2009) y la demarcación ocupada en el terreno de juego (Kaplan, 2010). Por esta razón frecuentes y repetidas evaluaciones son necesarias para mantener un alto nivel de rendimiento en la capacidad para repetir sprints.

Diversos estudios han analizado los cambios en la durante el periodo competitivo tanto en jugadores profesionales (Casajus, 2001) como semiprofesionales (Caldwell & Peters, 2009). Mostrando que la cualidad aeróbica mejora después de la pretemporada (Kalapotharakos, Ziogas, & Tokmakidis, 2011) y se mantiene constante durante el periodo competitivo (Casajus, 2001; Kalapotharakos, Ziogas, & Tokmakidis, 2011), comportamiento idéntico si analizamos a los jugadores en grupos en función de la demarcación ocupada (Metaxas, Sendelides, Koutlianos, & Mandroukas, 2006). Si analizamos el comportamiento durante competición, se observa que los jugadores recorren significativamente más distancia (10617 ± 769 m vs. 10921 ± 753 m) y recorren más distancia a alta intensidad ($> 14.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) (2456 ± 533 m vs. 2738 ± 527 m) y muy alta intensidad ($> 19.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) (813 ± 231 m vs. 977 ± 213 m) al final de la temporada que en comparación con el inicio de la temporada competitiva (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007). La velocidad disminuye significativamente durante el periodo de transición entre temporadas, aumenta durante la pretemporada y sigue mejorando significativamente hasta que se mantiene constante desde mediada la segunda vuelta hasta el final de la temporada, comportamiento idéntico al mostrado por la flexibilidad (Caldwell & Peters, 2009).

Varios estudios indican que la posición ocupada en el terreno de juego acarrea especialización, sugiriendo que los defensas son menos activos durante el partido

(Ekblom, 1986). Estudios muestran que los centrocampistas son los jugadores con un mayor $VO_2\text{max}$ (Davis, Brewer, & Atkin, 1992), los delanteros son los que presentan un mejor sprint (Al Haddad, Simpson, Buchheit, Di Salvo, & Mendez-Villanueva, 2015) mientras que otros estudios no han obtenidos diferencias en la cualidad aeróbica en función de la demarcación del jugador (Metaxas et al., 2006).

Tanto el entrenamiento de pretemporada de 8 ± 2 semanas (Rodríguez-Fernández, Sánchez-Sánchez & Villa, 2014) como la propia competición, durante periodos de 14 ± 2 semanas, (Ferrari Bravo et al., 2008; Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012) originan cambios en el RSA, pero se desconoce cómo el rendimiento en la capacidad de realizar sprints (RSA) varía a lo largo de toda la temporada. Por lo tanto el objetivo de este estudio fue por una parte analizar las variaciones en el rendimiento en el RSA durante toda la temporada de un equipo de fútbol juvenil de categoría nacional y, por otra parte, analizar posibles diferencias en el rendimiento en el RSA en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Sujetos.

16 jóvenes jugadores de fútbol de los 24 que inicialmente formaban parte de un equipo de fútbol juvenil de División de Honor (máxima categoría nacional) cumplieron los requisitos de inclusión y participaron en el estudio para analizar variaciones en la capacidad de repetir sprints (test RSA). Los criterios de inclusión fueron pertenecer al equipo durante la temporada, asistiendo como mínimo al 90% de las sesiones de entrenamientos y participar al menos en el 50% de los partidos, además de completar las 4 evaluaciones que se llevaron a cabo. Además otros 49 futbolistas de categoría nacional de la provincia de León participaron en el estudio en diciembre, cuando llevaban más de 10 semanas de competición, para poder determinar posibles variaciones en el rendimiento en el test RSA en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego. A tal efecto todos debían de cumplir los mismos criterios de inclusión, pero en sus respectivos equipos.

Los jóvenes futbolistas recibieron información acerca del estudio, sus pruebas y temporalidad, así como la voluntariedad del mismo y la confidencialidad de los datos. Los jugadores firmaron un consentimiento por escrito, que fue paterno en el caso de los

jugadores que eran menores de edad, ajustando el trabajo a lo acordado en la Declaración de Helsinki.

Diseño experimental.

Un diseño experimental intra sujeto longitudinal se utilizó para examinar cambios en el test RSA. Para ello un equipo de fútbol juvenil de División de Honor (n=16) realizó un análisis cineantropométrico y un test RSA en 4 momentos diferentes durante la temporada: en julio (inicio de la pretemporada); tras 6 semanas en septiembre (final de la pretemporada); tras 10 semanas de competición en diciembre (final de la primera vuelta); y tras 2 semanas de descanso navideño en Enero (después de la interrupción de la competición en navidades). En el mes de diciembre, tras llevar los equipos de categoría nacional de León 10 semanas de competición, se amplió la muestra con 49 futbolistas juveniles, para incrementar el número de futbolistas juveniles en cada demarcación ocupada en el terreno de juego. Las diversas demarcaciones seleccionadas fueron: portero, defensa lateral, defensa central, centrocampista centro, centrocampista externo y delantero (Di Salvo et al., 2007).

Análisis cineantropométrico.

Al inicio del estudio, en la evaluación de julio, se midió el peso corporal y la talla mediante el uso de una báscula (COBOS® precisión, modelo 50K150), con un rango de medición entre 0 y 150 kg y una precisión de 10 g, y el tallímetro (Tallímetro Detecto, modelo D52, USA), con un rango de medición entre 60 y 200 cm y una precisión de 0.5 cm. La estimación de los porcentajes de grasa corporal atendió a la metodología y ecuaciones propuestas por el ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría) (2011) y el GREC (Grupo Español de Antropometría) (Documento de consenso de FEMEDE, 2009), se estimó el porcentaje de grasa corporal (%GC) según la Ecuación de Carter: ($\%GC=0,1051*(\text{sumatorio de 6 pliegues})+2,58$), siendo los pliegues cutáneos utilizados: Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo anterior y Pierna), tomados mediante un adipómetro modelo Harpenden® (British Indicators LTD. Inglaterra), con precisión de 0.2 mm y de presión constante 10 g/mm² en el rango de apertura de 0 a 4 mm.

Capacidad de repetir sprints (Test RSA).

El test RSA consistía en 8 repeticiones de 30 m a máxima velocidad con 25 s de recuperación activa, previa realización de un calentamiento estandarizado (12 minutos,

ejercicios de carrera continua y movilidad articular sin estiramientos más dos sprints en la zona del test). Durante la recuperación los jugadores regresan en carrera de baja intensidad a la posición de inicio, situándose 3 ó 4 s antes de realizar el siguiente sprint. El test era realizado por un jugador cada vez que salía a una distancia de 0.5 m antes de la primera fotocélula (*DSD Laser System*) llevándose a cabo en el campo y calzado habitual de entrenamiento. Cuando el primer sprint no alcanzaba el criterio de maximalidad (<5%), determinado en una prueba previa (Impellizzeri et al., 2008) se daba el test por finalizado, recuperando 10 min antes de comenzar de nuevo el test. El rendimiento fue determinado mediante valores absolutos: tiempo medio (RSA_{medio}), tiempo total (RSA_{total}), mejor tiempo (RSA_{mejor}) y el peor tiempo (RSA_{peor}) de los ocho sprints, y también se determinó el decrecimiento ($Sdec$) $Sdec = \left(\frac{RSA_{total}}{RSA_{mejor} \times n^{\circ} \text{ repeticiones}} - 1 \right) \times 100$ y el índice de Fatiga (FI) de la diferencia entre el primer y último sprint ($Change$) $Change = 100 \left(\frac{\text{primer sprint} - \text{ultimo sprint}}{\text{mejor sprint}} \right)$.

Programa de entrenamiento.

Los 16 futbolistas juveniles realizaban 5 sesiones de entrenamiento más un partido oficial, presentando similar distribución de la carga semanal (Tabla 1). Los 49 futbolistas pertenecientes a equipos de categoría nacional fueron seleccionados en la medida que sus equipos tenían preparador físico y seguían una programación similar pero de 3 ó 4 días semanales más el partido.

Tabla 1. Microciclo tipo durante el periodo competitivo del equipo de fútbol juvenil de División de Honor.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
M	-	-	-	-	-	Acti ABP	Comp
	<u>Suplentes:</u> SSGs 20' F Resistencia 30' Prevención 20'	-	P Aeróbica 30' F Explosiva 30' SSGs 30' (6vs.6 y 8vs.8)	R Especifica 25' Táctico 30' Simulación competición 2x15' RSA 10'	Técnica 15' Acciones combinativas 20' Velocidad 10'	-	-
T	<u>Titulares:</u> A ligero 20' F Resistencia 30' Prevención 20'						

M = mañana; T= tarde; Acti = activación; ABP = acciones a balón parado; Comp = competición; SSGs = juegos reducidos; F = fuerza; P = potencia; R = específica; RSA = habilidad de repetir sprints

Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SPSS 17.0 para Windows. Valores medios \pm SD fueron calculadas. La prueba *t* para muestras relacionadas con un intervalo de confianza del 95% y un análisis de medias repetidas de la varianza (ANOVA) con el análisis *Post Hoc* Bonferroni, fueron aplicados para examinar si había diferencias significativas en el rendimiento a lo largo de la temporada y en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego. La significación estadística se determinó para $p < 0.05$.

RESULTADOS.

Las características antropométricas de los futbolistas del equipo juvenil de División de Honor no presentan diferencias significativas con los de los equipos juveniles de categoría Nacional de León (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los participantes del equipo juvenil División de Honor y de los juveniles de nivel Nacional participantes en el estudio.

	Juvenil División Honor (16)	Juvenil Nacional (49)
Edad(años)	17.4 \pm 0.7	17.7 \pm 0.8
Peso (kg)	68.8 \pm 5.3	67.2 \pm 4.5
Talla (m)	1.76 \pm 0.1	1.74 \pm 0.1
Grasa (%)	9.6 \pm 2.6	9.8 \pm 2.3

Capacidad de repetir sprints (test RSA).

La realización del test RSA al equipo de fútbol juvenil de División de Honor a lo largo de la temporada muestra que los valores absolutos presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) en la pretemporada, es decir entre las evaluaciones de julio y septiembre (principio y fin de pretemporada) tanto en el RSA_{mejor}, (un 2.9% mejor), como en el RSA_{medio} (un 3.2% mejor) y en el RSA_{total} (un 3.2% mejor), y sin diferencias en el RSA_{peor}. También se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en entre los meses de julio (inicio de pretemporada) y diciembre (plena competición) tanto en el RSA_{mejor}, (un 3.8% mejor), como en el RSA_{medio} (un 3.9% mejor) y en el RSA_{total} (un 2.7% mejor), y sin diferencias en el RSA_{peor}. En cambio no se encontraron diferencia alguna en estos valores absolutos entre septiembre (principio de la competición) y diciembre (en plena competición tras 10 jornadas). Por el

contrario, se muestra también una disminución significativa ($p < 0.05$) del rendimiento en estos valores absolutos entre los meses diciembre (final de periodo competitivo y previo al inicio del descanso navideño) y el mes de enero (justo antes de empezar la competición tras el descanso navideño), tanto en el RSA_{mejor} (un 1.9% peor), como en el RSA_{medio} (un 1.9% peor) y en el RSA_{total} (un 1.7% peor), y sin diferencias en el RSA_{peor} (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento en test RSA (8x30 m con 25 s de recuperación) en equipo de fútbol juvenil de División de Honor en 4 diferentes momentos durante la temporada competitiva.

	JULIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
RSA_{mejor} (s)	4.17 ± 0.18 (3.85-4.45)	4.05 ± 0.17 (3.79-4.30)*	4.01 ± 0.19 (3.60-4.30) *	4.09 ± 0.17 (3.72-4.50) †
RSA_{media} (s)	4.34 ± 0.18 (3.99-4.64)	4.20 ± 0.17 (3.89-4.43)*	4.17 ± 0.14 (3.91-4.43)*	4.25 ± 0.19 (3.94-4.73) †
RSA_{total} (s)	34.74 ± 1.47 (31.9-37.12)	33.62 ± 1.36 (31.09-35.43) *	33.38 ± 1.10 (31.25-335.41) *	33.96 ± 1.50 (31.52-37.87) †
RSA_{peor} (s)	4.49 ± 0.22 (4.00-4.79)	4.35 ± 0.22 (3.98-4.69)	4.30 ± 0.12 (4.05-4.54)	4.36 ± 0.20 (4.02-4.80)

Valores medios ± SD y rango (valor mínimo-valor máximo). RSA_{mejor} = mejor tiempo en el test; RSA_{medio} = tiempo medio; RSA_{total} = tiempo total; RSA_{peor} = peor tiempo.

* Diferencias significativas con Julio * $p < 0.05$,

† Diferencias significativas con Diciembre † $p < 0.05$

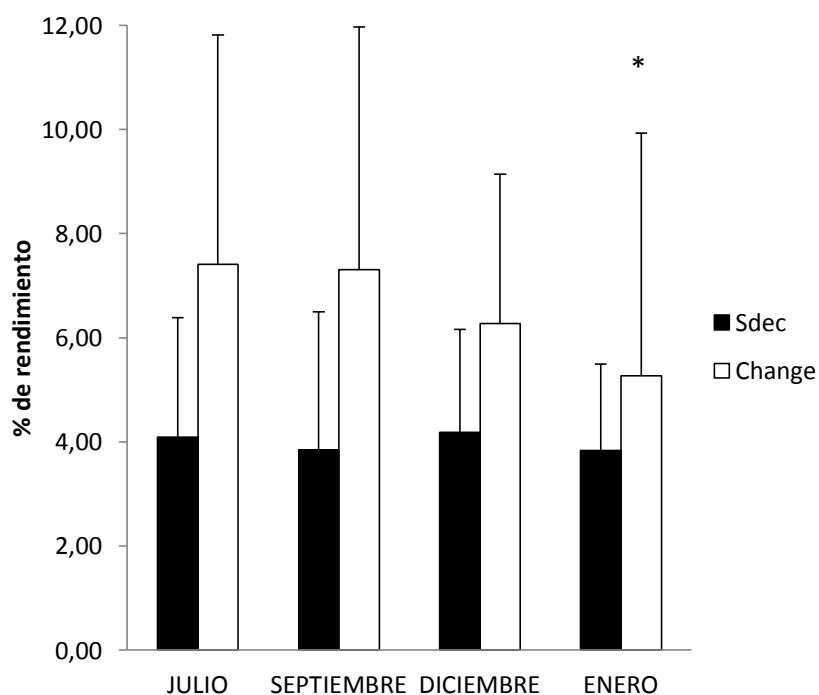


Figura 1. Decrecimiento (*Sdec*) y diferencia entre el primer y último sprint (*Change*) en un test RSA (8x30 m con 25 s de recuperación) en equipo de fútbol juvenil de División de Honor en 4 diferentes momentos durante la temporada competitiva. Valores medios ± SD. Nivel de significación:

* $p < 0.05$. Diferencias significativas entre septiembre y enero en *Change*.

Respecto de los índices de fatiga (*Sdec* y *Change*) no se obtienen diferencias significativas entre ninguna de las evaluaciones, excepto entre la evaluación de septiembre final de pretemporada) y enero (tras periodo de descanso navideño) en el *Change* que es significativamente menor tras éste último (7.3% vs 5.3%). Los valores del índice de fatiga *Sdec* no muestran diferencias significativas en los 4 momentos de la temporada analizados, y oscilando entorno al 4% (Figura 1).

La realización del test RSA en pleno periodo competitivo (mes de diciembre) al equipo de fútbol juvenil de División de Honor y a los futbolistas de categoría nacional juvenil no mostraron diferencia alguna ni en los valores absolutos (RSA_{mejor} , RSA_{medio} , RSA_{total} y RSA_{peor}) ni en los índices de fatiga (*Sdec* y *Change*).

Tampoco se observado diferencias significativas en el rendimiento en ninguna de las variables seleccionadas en el test RSA en función de las 6 demarcaciones ocupada en el terreno de juego: porteros; defensas laterales; defensas centrales; centrocampistas centro; centrocampistas externo; delanteros (Tabla 4).

Tabla 4. Rendimiento Test RSA (8x30 m con 25 s de recuperación) de futbolistas de categoría juvenil nacional en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego.

	GK (n=6)	DL (n=10)	DC (n=16)	CD (n=15)	CE (n=10)	F (n=8)	TOTAL (n=65)
RSA_{mejor} (s)	4.15 ± 0.18	4.07 ± 0.23	4.10 ± 0.21	4.14 ± 0.15	4.06 ± 0.23	4.01 ± 0.27	4.09 ± 0.21
RSA_{media} (s)	4.33 ± 0.18	4.26 ± 0.19	4.29 ± 0.15	4.31 ± 0.15	4.22 ± 0.21	4.22 ± 0.23	4.27 ± 0.18
RSA_{total} (s)	34.64 ± 1.48	34.04 ± 1.51	34.33 ± 1.23	34.45 ± 1.19	33.77 ± 1.68	33.78 ± 1.83	34.16 ± 1.45
RSA_{peor} (s)	4.48±0.20	4.36±0.20	4.41±0.11	4.42±0.18	4.33±0.22	4.34±0.22	4.39±0.19
<i>Sdec</i> (%)	4.50 ± 1.83	4.57 ± 1.76	4.71 ± 2.43	3.98 ± 1.83	3.95 ± 1.52	5.42 ± 2.29	4.43 ± 1.89
<i>Change</i> (%)	8.35 ± 2.97	7.72 ± 2.56	8.74 ± 4.03	7.04 ± 2.76	7.46 ± 2.58	9.18 ± 2.85	7.88 ± 2.85

Valores medios ± SD. GK = portero; DL = defensa lateral; DC = defensa central; CD = centrocampista centro; CE = centrocampista externo; F = delantero; RSA_{mejor} = mejor tiempo en el test; RSA_{media} = tiempo medio; RSA_{total} = tiempo total; RSA_{peor} = peor tiempo; *Sdec* = decrecimiento; *Change* = diferencia entre primer y último sprint.

No se obtuvieron correlaciones significativas entre las demarcaciones ocupadas por los jugadores en el terreno de juego y el rendimiento en el test RSA, a excepción de una correlación significativa ($r = -0.660$; $p = 0.005$) entre el *Sdec* y las demarcaciones en la evaluación inicial (comienzo pretemporada) (Tabla 5).

Tabla 5. Correlaciones entre el las demarcaciones y el rendimiento en las evaluación con peor (pretemporada) y mejor rendimiento (1ª vuelta)

		RSA _{mejor} pre	RSA _{mejor} 1ª vuelta	RSA _{media} pre	RSA _{media} 1ª vuelta	RSA _{total} pre	RSA _{total} 1ª vuelta	Sdec pre	Sdec 1ª vuelta
Demarcación	<i>r</i>	,270	,122	-,071	,148	-,071	,148	-,660**	-,072
	<i>p</i>	,312	,652	,795	,584	,795	,584	,005	,792

RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{media} = tiempo medio; RSA_{total} = tiempo total; Sdec = decrecimiento; pre = evaluación al inicio de la pretemporada; 1ª vuelta = evaluación al final de la primera vuelta. * Correlación de Pearson. Niveles de significación* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

DISCUSIÓN.

El objetivo de este estudio fue analizar diferencias en el rendimiento de futbolistas juveniles de la máxima categoría nacional en el Test RSA a lo largo de la temporada y en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego, obteniendo que el rendimiento en RSA sufre cambios a lo largo del macrociclo competitivo, habiéndose registrado mejoras tras 8 semanas de pretemporada, y una pérdida de rendimiento tras la interrupción de la competición durante 2 semanas a finales del mes de diciembre, no habiéndose observado diferencias significativas entre las diferentes demarcaciones.

La capacidad aeróbica ha sido tradicionalmente uno de los factores de rendimiento más importantes en el fútbol (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005), pues se ha relacionado con la distancia recorrida (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001) o el ranking del equipo (Kalapotharakos et al., 2006). Actualmente junto con la cualidad aeróbica el RSA se ha convertido en factor determinante (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Girard et al., 2011). Esta relación entre el RSA y el rendimiento deportivo obliga a los técnicos a desarrollar un protocolo de evaluación periódico, con el fin de controlar los valores en los futbolistas en los micro y macrociclos a lo largo de la temporada.

Las mejoras en el RSA se caracterizan por una reducción del tiempo empleado en recorrer una distancia (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007). Estas mejoras se observan en el periodo que transcurre entre el inicio y el fin de la pretemporada, en los valores absolutos del test (2,9, 3,2, 3,2 % para RSA_{mejor}, RSA_{media} y RSA_{total}, respectivamente). No obstante no se producen cambios en los índices de fatiga Sdec o Change en este periodo. No se han obtenido diferencias significativas entre el final de la pretemporada (septiembre) y el final de la primera vuelta de competición, tras 10 jornadas, (diciembre), ni en los valores absolutos ni en los índices de fatiga. Estudios anteriores ya han mostrado mejoras en los valores absolutos sin cambios en los índices de fatiga tanto durante el periodo de

pretemporada (Rodríguez-Fernández, et al., 2014) como durante el competitivo (Ferrari Bravo et al., 2008) esto nos muestra que los índices de fatiga pueden no ser un indicador sensible a cambios en el rendimiento (Impellizzeri et al., 2008). El RSA_{media} , es el parámetro con mayor fiabilidad absoluta, mientras que el *Sdec* es el menos fiable, mostrándose el RSA_{media} como el parámetros más sensible para detectar cambios originados por intervenciones específicas durante la pretemporada (Impellizzeri et al., 2008).

El *Sdec* no se modifica a lo largo de las 4 evaluaciones sucesivas del macrociclo de la temporada, se mantiene constante en valores que oscilan del 4,1% (final de la primera vuelta tras 10 semanas de competición) al 4,3% (tras 2 semanas de descanso del periodo navideño y comienzo de la segunda vuelta), valores similares a los obtenidos por estudios previos con jugadores de edades similares (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009). Sin embargo el *Change* muestra cambios en el rendimiento, mostrando una tendencia a reducirse a lo largo de la temporada, obteniendo diferencias significativas entre septiembre o final de la pretemporada y enero o comienzo de la segunda vuelta tras 2 semanas de descanso navideño. El comportamiento del *Change* es diferente al de los valores absolutos, ya que este mejora el rendimiento significativamente, pudiendo estar determinado por un peor sprint inicial, ya que se ha establecido una correlación entre este valor y el índice de fatiga (Mendez-Villanueva et al., 2007). El *Change* tiene en cuenta el primer y último sprint, al tener los jugadores un peor primer sprint, son capaces de mantener ese esfuerzo en el tiempo, lo que origina un mejor índice de fatiga.

El rendimiento en RSA se equipara con un índice de fatiga bajo (disminución del rendimiento desde el primer al último sprint), ya que el *Sdec* es considerado como el mejor indicador de rendimiento (Glaister, 2008), sin embargo es importante tener en cuenta que el rendimiento en RSA se describe mejor por un alto rendimiento en la media de sprints (RSA_{media}), con o sin un índice de fatiga bajo (Bishop et al., 2011). Esto es así ya que un mejor o peor índice de fatiga no siempre equivale a un mejor o peor rendimiento (Mohr et al., 2007). Por lo tanto, el único parámetro que muestra una fiabilidad absoluta y relativa aceptable para el seguimiento es el RSA_{media} . El *Sdec* ha mostrado una fiabilidad más pobre (absoluta y relativa) lo que indica que este parámetro no debe ser utilizado exclusivamente para evaluar a los jugadores de fútbol (Impellizzeri et al., 2008).

La disminución del rendimiento en los valores absolutos del test RSA (2%, 1.9%, 1.7% para RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{total} , respectivamente) obtenida en enero, tras 2 semanas de descanso, puede deberse a múltiples causas, pero parece que la ausencia de estímulo específico durante el mes de diciembre y enero puede haber provocado la disminución significativa de los valores registrados. Durante este periodo no se realizó ningún tipo de actividad física, mostrándose como tiempo suficiente para que se produzca una pérdida en el rendimiento o desentrenamiento en el test RSA. La desaparición del estímulo de entrenamiento ha podido originar la desadaptación de variables musculares, metabólicas y cardiorrespiratorias que pueden ocasionar una disminución en el rendimiento deportivo (Mujika & Padilla, 2000). Debido a la posible relación entre la cualidad aeróbica y el rendimiento el RSA, (Buchheit, 2012) la disminución del $VO_2\text{max}$, que puede verse disminuido en un 3.6-6% durante 2-4 semanas de desentrenamiento tras 8 semanas de entrenamiento (Klausen, Andersen, & Pelle, 1981; Wibom et al., 1992) puede ser una de las causas del descenso del rendimiento, si bien es cierto que otros estudios no han encontrado disminución del $VO_2\text{max}$ en periodos tan cortos de desentrenamiento en atletas altamente entrenados (Bangsbo & Mizuno, 1987).

El nivel de glucógeno muscular se ve afectado negativamente por el cese de entrenamiento de tan sólo 1 semana (Mujika & Padilla, 2000). De hecho, se han registrados reducciones del 20% en este período de tiempo en nadadores competitivos, (Neufer, Costill, Fielding, Flynn, & Kirwan, 1987) y en 4 semanas en triatletas, ciclistas y corredores (Madsen, Pedersen, Djurhuus, & Klitgaard, 1993). Esta reducción es debida al rápido decline de la conversión de glucosa en glucógeno y a la actividad de la glucógeno sintetasa (Mikines, Sonne, Tronier, & Galbo, 1989).

Si atendemos a factores musculares, el área de la sección transversal de la fibra muscular se ha visto reducida en jugadores de fútbol en solo dos semanas de desentrenamiento (Bangsbo & Mizuno, 1987), sobre todo en la reducción del área de las fibras de contracción rápida (Houmard et al., 1992) que junto con una disminución de la actividad de las enzimas oxidativas (Moore et al., 1987) la producción mitocondrial de ATP (Wibom et al., 1992) y la actividad EMG (Hortobagyi et al., 1993) pueden causar la disminución del rendimiento durante este periodo.

Además los valores obtenidos tras dos semanas de desentrenamiento, muestran diferencias significativas de los valores alcanzados antes del periodo de desentrenamiento

(tras una pretemporada de 6 semanas y un periodo competitivo de 10), y aunque no son significativamente diferentes a los obtenidos tras la realización de la pretemporada, tienden a ser peores, solo dos semanas de inactividad, es suficiente para obtener menores ventajas que las que reporta el entrenamiento de 6 semanas de pretemporada.

Estudios anteriores ya han analizado la relación entre la demarcación ocupada por el futbolista en el terreno de juego y el rendimiento en el test RSA (Impellizzeri et al., 2008; Kaplan, 2010); si bien se propone que debe ser ampliada y confirmada en equipos de nivel amateur y jugadores en formación (Gil, Gil, Ruiz, Irazusta, & Irazusta, 2007). Se ha descrito el rendimiento físico durante un partido oficial, mostrando que los defensas recorren menos distancia a alta intensidad y esprintando que el resto de posiciones (Di Salvo et al., 2007; Rampinini et al., 2007). Estos hallazgos sugieren que la defensa es probablemente la demarcación menos exigente físicamente, como también se indica por los valores mas bajos de $VO_2\text{max}$ reportados por Puga et al. (1993) para defensas centrales ($54.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) en comparación con las otras posiciones de juego ($> 60.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Esto ha sido también confirmado por el menor rendimiento de los defensas en test como el Yo-Yo IR 1 (Krustrup et al., 2003). No obstante, en nuestro estudio los defensas no son los jugadores con peor rendimiento en este test, de acuerdo con otros estudios anteriores que mostraban un peor rendimiento en el test RSA de los centrocampistas con respecto a los defensas y delanteros en el $\text{RSA}_{\text{media}}$ e índice de fatiga (Kaplan, 2010), y un mejor $\text{RSA}_{\text{mejor}}$ en delanteros con respecto al resto de posiciones, sin obtenerse diferencias significativas entre ellos.

Los valores obtenidos en el $\text{RSA}_{\text{mejor}}$ muestran que los jugadores que tienden a tener mejor rendimiento son los delanteros, datos que corroboran estudios anteriores (Impellizzeri et al., 2008; Kaplan, 2010) si bien no se han obtenido diferencias significativas entre posiciones, siendo este un valor determinante en el fútbol (Silvestre, West, Maresh, & Kraemer, 2006). Estudios anteriores muestran diferencias en el $\text{RSA}_{\text{mejor}}$ entre futbolistas profesionales y amateurs cuando la distancia de sprint es de 10 m, pero no cuando la distancia es de 30 m (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001). Los jugadores profesionales son más rápidos en distancias de 10 m ya que son más frecuentes en la situación competitiva en jugadores de elite que en jugadores de nivel inferior, realizando 76 carreras de alta intensidad sobre distancias de entre 12 y 15 m en la primera división Danesa (Cometti et al., 2001) o 62 sprints por partido de 15.7 m en la primera división Inglesa (Reilly, & Thomas, 1976). Por lo tanto la medición de la velocidad sobre 10-

15 m es relevante para la actividad en el terreno de juego. Por otro lado, la velocidad de más de 30 m no mostró diferencias significativas entre equipos profesionales y no profesionales, contrariamente a los datos reportados para jugadores del fútbol inglés (Dunbar, & Power, 1995) Esta diferencia puede ser debida a las diferentes características de las competiciones desarrolladas en ambos países.

Estos resultados deben de ser tomados en cuenta por los entrenadores para el diseño y planificación de sus temporadas competitivas para maximizar el rendimiento en el fútbol.

CONCLUSIONES

1. En futbolistas juveniles de la máxima categoría nacional, bien entrenados y de idónea antropometría y composición corporal, el rendimiento en la realización de sprints repetidos (test RSA) mejora con la pretemporada, se mantiene estable durante el periodo competitivo, y se reduce tras 2 semanas de inactividad.
2. Los índices de fatiga *Sdec* y *Change* no parecen ser indicadores del rendimiento en el test RSA al mostrarse insensibles a las modificaciones del test durante el macrociclo de temporada
3. No existen diferencias en el rendimiento en el test RSA según la demarcación en el terreno de juego de los futbolistas juveniles de categoría nacional.

BIBLIOGRAFIA.

- Al Haddad, H., Simpson, B. M., Buchheit, M., Di Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Peak Match Speed and Maximal Sprinting Speed in Young Soccer Players: Effect of Age and Playing Position. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7):888-96.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*, 619, 1-155.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Buchheit, M. (2012). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Caldwell, B. P., & Peters, D. M. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1370-1377.
- Casajus, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(4), 463-469.

- Carr, A., Dawson, B., Schneiker, K., Goodman, C., & Lay, B. (2008). Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(4), 472-478.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*, 22(1), 45-51.
- Davis, J. A., Brewer, J., & Atkin, D. (1992). Pre-season physiological characteristics of English first and second division soccer players. *J Sports Sci*, 10(6), 541-547.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.
- Dunbar GM, Power K. Fitness profiles of English professional and semi-professional soccer players using a battery of fields tests. *J Sports Sci* 1995; 13, 501-502
- Eklom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Med*, 3(1), 50-60.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res*, 21(2), 438-445.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M. (2008). Multiple-sprint work: methodological, physiological, and experimental issues. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(1), 107-112.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, 36(3), 218-221.
- Hortobagyi, T., Houmard, J. A., Stevenson, J. R., Fraser, D. D., Johns, R. A., & Israel, R. G. (1993). The effects of detraining on power athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 25(8), 929-935.
- Houmard, J. A., Hortobagyi, T., Johns, R. A., Bruno, N. J., Nute, C. C., Shinebarger, M. H., & Welborn, J. W. (1992). Effect of short-term training cessation on performance measures in distance runners. *Int J Sports Med*, 13(8), 572-576.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Ingebrigtsen, J., Brochmann, M., Castagna, C., Bradley, P. S., Ade, J., Krustrup, P., & Holtermann, A. (2014). Relationships between field performance tests in high-level soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(4), 942-949.
- Kalapotarakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., Karvounidis, C., Diamantopoulos, K., & Kapreli, E. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(4), 515-519.
- Kalapotarakos, V. I., Ziogas, G., & Tokmakidis, S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1502-1507.

- Kaplan, T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1495-1501.
- Klausen, K., Andersen, L. B., & Pelle, I. (1981). Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta Physiol Scand*, 113(1), 9-16.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Madsen, K., Pedersen, P. K., Djurhuus, M. S., & Klitgaard, N. A. (1993). Effects of detraining on endurance capacity and metabolic changes during prolonged exhaustive exercise. *J Appl Physiol* (1985), 75(4), 1444-1451.
- Mikines, K. J., Sonne, B., Tronier, B., & Galbo, H. (1989). Effects of acute exercise and detraining on insulin action in trained men. *J Appl Physiol* (1985), 66(2), 704-711.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, 103(4), 411-419.
- Metaxas, T., Sendelides, T., Koutlianos, N., & Mandroukas, K. (2006). Seasonal variation of aerobic performance in soccer players according to positional role. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(4), 520-525.
- Mohr, M., Krustrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602.
- Moore, R. L., Thacker, E. M., Kelley, G. A., Musch, T. I., Sinoway, L. I., Foster, V. L., & Dickinson, A. L. (1987). Effect of training/detraining on submaximal exercise responses in humans. *J Appl Physiol* (1985), 63(5), 1719-1724.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(2), 79-87.
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci*, 27(2), 107-114.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Neufer, P. D., Costill, D. L., Fielding, R. A., Flynn, M. G., & Kirwan, J. P. (1987). Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 19(5), 486-490.
- Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G., & Vollebregt, L. (2001). Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 822-825.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024.

- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(6), 1048-1054.
- Reilly T, & Thomas V. (1976) A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum Mov Study*, 2, 87-97
- Rodríguez-Fernández, A., Sánchez-Sánchez, J., & Villa, J.G. (2014). Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol. *CCD*, 9(27), 251-259.
- Silvestre, R., West, C., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2006). Body composition and physical performance in men's soccer: a study of a National Collegiate Athletic Association Division I team. *J Strength Cond Res*, 20(1), 177-183.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Turki-Belkhiria, L., Chaouachi, A., Turki, O., Chtourou, H., Chtara, M., Chamari, K., . . . Behm, D. G. (2014). Eight weeks of dynamic stretching during warm-ups improves jump power but not repeated or single sprint performance. *Eur J Sport Sci*, 14(1), 19-27.
- Wibom, R., Hultman, E., Johansson, M., Matherei, K., Constantin-Teodosiu, D., & Schantz, P. G. (1992). Adaptation of mitochondrial ATP production in human skeletal muscle to endurance training and detraining. *J Appl Physiol* (1985), 73(5), 2004-2010.

5.6 EFECTOS DE SIETE SEMANAS DE ESTIRAMIENTO ESTÁTICO DE LOS ISQUIOTIBILIAES, EN LA FLEXIBILIDAD Y LA CAPACIDAD DE ACELETACIÓN EN JÓVENES FUTBOLISTAS EN FUNCIÓN DE SU DEMARCACIÓN.

Resumen: El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de 7 semanas de estiramiento estático de los isquiotibiales en la flexibilidad y la capacidad de aceleración de jóvenes futbolistas. Ciento tres jóvenes jugadores de fútbol participaron voluntariamente en este estudio. Los sujetos fueron asignados a un grupo control ($n = 22$, 16.5 ± 0.7 años, 174.0 ± 5.4 cm y 68.0 ± 6.8 kg) y un grupo experimental ($n = 81$, 18.9 ± 1.8 años, 176.0 ± 5.8 cm y 68.2 ± 8.4 kg). Todos los sujetos realizaron un test de flexibilidad sit-and-reach y una prueba de sprint de 30 m para evaluar su capacidad de rendimiento en flexibilidad y capacidad de aceleración respectivamente, antes y después de un programa de 7 semanas de estiramiento estático de isquiotibiales. El programa de estiramiento estático consistía en 4 ejercicios de estiramiento realizados al final de la sesión de entrenamiento durante 6 días a la semana. Cada estiramiento se realizó durante 30-s y se realizó dos veces con 15 s de descanso entre cada repetición. El grupo experimental mejoró significativamente ($p < 0.05$) la flexibilidad. Esta mejora se analizó en todas las demarcaciones de juego estudiadas. Hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y post 30-m sprint en ambos grupos. Los sujetos de todas las demarcaciones mejoraron de forma significativa ($p < 0.05$) su rendimiento en flexibilidad en el grupo experimental. Sin embargo, en el grupo de control solo los defensores mejoraron significativamente ($p < 0.05$) el tiempo de sprint. El uso de estiramiento estático al final de las sesiones de entrenamiento evita el efecto negativo de la carga sobre flexibilidad de los isquiotibiales y puede influir en la mejora de la flexibilidad.

Palabras clave: Estiramiento estático; Flexibilidad, Condición física; Músculo esquelético; Ejercicio, Fútbol, Demarcación.

INTRODUCCIÓN.

El rendimiento en fútbol no depende de un único factor (Cossio-Bolanos, Portella, Hespanhol, Fraser, & de Arruda, 2012). Aunque las acciones técnicas, la resistencia y la capacidad de repetir sprint tiene un mayor efecto en el rendimiento durante la competición (Rosch et al., 2000), otras cualidades como la flexibilidad son consideradas importantes (Arnason et al., 2004; Gabbett & Mulvey, 2008). La contribución específica de entrenamiento de la flexibilidad a aumentar el rendimiento deportivo no se ha determinado

de forma concluyente (Bazett-Jones, Gibson, & McBride, 2008). Investigaciones epidemiológicas han citado como factor etiológico en las lesiones la reducida flexibilidad (Henderson, Barnes, & Portas, 2010; Weldon & Hill, 2003; Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have, & Cambier, 2003) pudiendo influir en el rendimiento deportivo (Dadebo, White, & George, 2004; Zakas, Galazoulas, Grammatikopoulou, & Vergou, 2002). Se ha planteado la hipótesis de que si el estiramiento crónico aumenta la *compliance* muscular, entonces la energía necesaria para mover la extremidad puede ser reducida, causando un incremento de la fuerza y la contracción muscular (Shrier, 2004). Esto puede ser bueno para los deportes que implican habilidades de tipo 'explosivo', con muchos movimientos del ciclo de estiramiento-acortamiento máximos que requieren una unidad músculo-tendón que es bastante compatible con el almacenamiento y liberación de grandes cantidades de energía elástica (Witvrouw, Mahieu, Danneels, & McNair, 2004).

El estiramiento debe formar parte de las sesiones de entrenamiento de los jugadores de fútbol (Stojanovic & Ostojic, 2011). La inclusión del estiramiento estático como rutina dentro del calentamiento, ha sido una práctica común en multitud de deportes, incluido el fútbol (Bazett-Jones et al., 2008), pero algunas revisiones han sugerido que las rutinas de estiramiento estático antes de realizar un ejercicio, no protege contra la lesión, no disminuye el dolor muscular de origen retardado ni mejora el rendimiento (Herbert & Gabriel, 2002; Shrier, 2004; Thacker, Gilchrist, Stroup, & Kimsey, 2004; Weldon & Hill, 2003). El estiramiento estático parece tener un negativo efecto en las siguientes acciones, predominantemente cuando esta acción es dependiente de la fuerza (Rubini, Costa, & Gomes, 2007). Por ejemplo, ese tipo de ejercicio ha mostrado que disminuye el rendimiento en 1 repetición máxima en el press de pierna (Bacurau et al., 2009), en el rendimiento en sprint de 20 m (Nelson, Driscoll, Landin, Young, & Schexnayder, 2005), en el salto vertical (Young & Elliott, 2001) y en el torque concéntrico del extensor de la rodilla (Cramer et al., 2005). Si el estiramiento perjudica el rendimiento, la inclusión en el calentamiento está totalmente contraindicada (Cramer et al., 2005) y debería ser usada al final de la sesión (Shrier, 2004).

Hay estudios que han evaluado la extensibilidad de los isquiotibiales (Caldwell & Peters, 2009; Kibler & Chandler, 2003; McIntyre, 2005; Toskovic, Blessing, & Williford, 2004; Trehearn & Buresh, 2009). Otros estudios han investigado los efecto de un programa de estiramientos en la extensibilidad de los isquiotibiales (Cipriani, Abel, & Pirrwitz, 2003; Chan, Hong, & Robinson, 2001; Rowlands, Marginson, & Lee, 2003; Zakas et al., 2002).Y

pocos estudios han investigado los efectos en el rendimiento del estiramiento crónico cuando este es incluido en el entrenamiento específico (Bazett-Jones et al., 2008). Esos estudios han mostrado un incremento del rango de movimiento asociado con el estiramiento. Sin embargo, las numerosas metodologías propuestas en la literatura, hacen difícil identificar la mejor estrategia para mejorar la flexibilidad de los isquiotibiales (Decoster, Cleland, Altieri, & Russell, 2005). Después de revisar 23 estudios, que incluían estiramiento estático, facilitación neuromuscular propioceptiva y estiramiento balístico con ambos géneros, Shrier (2004) reveló que el estiramiento regular puede provocar resultados positivos de rendimiento a largo plazo. Ninguna posición específica de estiramiento (de pie, sentado, supino) mostró una diferencia significativa en la magnitud de la amplitud de movimiento (Decoster et al., 2005).

La flexibilidad ha sido evaluada con herramientas como goniómetros para medir ángulos articulares, flexómetros para medir el grado de flexión, y artómetros para medir articulaciones (Thacker et al., 2004). El test *sit-and-reach* (Wells & Dillon, 1952) se ha utilizado en los atletas de un múltiples disciplinas (McIntyre, 2005; Trehearn & Buresh, 2009). La validez de la prueba *sit-and-reach* ha sido discutida en algunas publicaciones (Hemmatinezhad, Afsharnezhad, Nateghi, & Damirchi, 2009; Kawano et al., 2010). Esta prueba es una técnica que ha sido criticado debido a la influencia de la longitud de las extremidades superiores e inferiores, la abducción escapular y flexión lumbar, la longitud de los isquiotibiales, pudiendo contribuir a una mayor puntuación, ya que los resultados pueden variar de acuerdo con el procedimiento de evaluación, la posición inicial y la antropometría del sujeto (Henderson et al., 2010).

Los entrenadores y atletas no ponen mucha importancia en la flexibilidad durante el entrenamiento (McIntyre, 2005; Nyland, Kocabey, & Caborn, 2004). La flexibilidad de jugadores de fútbol se puede reducir con un entrenamiento de carga específica. Para evitar que esto suceda, es necesario incluir el estiramiento en la sesión de entrenamiento. Es evidente que el aumento de la flexibilidad se extiende en la medida en que la flexibilidad podría beneficiar al rendimiento (Thacker et al., 2004). En particular, es importante estirar los isquiotibiales al final de la sesión de entrenamiento. Se ha planteado la hipótesis de que si el estiramiento crónico aumenta la *compliance* del músculo, la energía necesaria para mover la extremidad puede ser reducida, provocando un aumento en la velocidad. El propósito de este estudio fue investigar el efecto de 7 semanas de estiramiento estático de los isquiotibiales, sobre el rendimiento de la flexibilidad y de sprint en jugadores de fútbol.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Sujetos.

Ciento trece jóvenes jugadores de fútbol participaron voluntariamente en el estudio. Los sujetos fueron aleatoriamente asignados a un Grupo Control (GC) (n=22) (media \pm SD, edad 16.5 \pm 0.7 años, altura 174.0 \pm 5.4 cm y peso 68.0 \pm 6.8 kg) y a un Grupo Experimental (EG) (n=81) (edad 18.9 \pm 1.8 años, altura 176.0 \pm 5.8 cm y peso 68.2 \pm 8.4 kg). Los jugadores pertenecían a 5 equipos sub-18 que participaban en categoría regional y todos ellos tenían experiencia en este deporte (9.1 \pm 2.0 años). Los jugadores fueron clasificados en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego en los siguientes grupos: porteros, defensas, centrocampistas y delanteros (Wong, Chamari, Dellal, & Wisloff, 2009). El estudio fue realizado cumpliendo con la Declaración de Helsinki. Un consentimiento informado fue obtenido de los sujetos o de sus tutores antes de comenzar el estudio, aprobado por el Comité de Ética local.

Diseño experimental.

El estudio fue realizado durante la pretemporada. Todos los sujetos realizaron el mismo entrenamiento de pretemporada basado en los juegos reducidos. Entrenamientos atléticos generales para la mejora de la condición física no fueron usados. Cada jugador realizó un test *sit-and-reach* y un test de 30-m sprint para evaluar su flexibilidad y capacidad de aceleración antes y después del programa de estiramiento estático de isquiotibiales de 7 semanas de duración. No se realizó entrenamiento ni programa de estiramiento alguno el día previo a la realización de los test. Antes de realizar el test *sit-and-reach* los jugadores realizaban un calentamiento estandarizado de 10 minutos de duración (carreras aeróbicas y movilidad articular), después los jugadores realizaban diferentes ejercicios incluidos saltos y sprints) durante 5 minutos para preparar el test de 30-m sprint.

Programa de flexibilidad.

El programa de estiramiento estático consistía en 4 ejercicios de estiramiento realizados al final de la sesión de entrenamiento. El EG realizaba los ejercicios del programa 6 días a la semana durante 7 semanas. Cada ejercicio fue realizado durante 30 s y realizado dos veces con una recuperación de 15 s entre ambas repeticiones. Todos los ejercicios fueron supervisados por un investigador para asegurar la correcta técnica de ejecución. Los ejercicios de estiramiento realizados durante el programa de entrenamiento fueron (Woolstenhulme, Griffiths, Woolstenhulme, & Parcell, 2006):

-Ejercicio 1: Los sujetos se sentaban con las piernas rectas y pegadas al suelo no separadas más de 6 pulgadas. Los sujetos se doblaban desde la cintura para alcanzar los pies hasta que sintieron tensión pero no dolor.

-Ejercicio 2: Los sujetos se colocaban de pie y fueron instruidos para realizar un gran paso hacia adelante. La rodilla delantera estaba justo encima del tobillo y la otra rodilla estaba descansando en el suelo. Sin cambiar la posición de la rodilla en el suelo o del pie delantero, los sujetos bajaron la cadera.

-Ejercicio 3: Los sujetos estaban colocados de pie, encima de un escalón. Una pierna se apoyaba solo con la puntera en el escalón (pierna de atrás) y la otra pierna totalmente apoyada en el escalón. La pierna de atrás se mantenía recta y se utilizaba el peso corporal para empujar la parte posterior del tobillo hacia abajo tanto como fuera posible sin provocar dolor.

-Ejercicio 4: Los sujetos se colocaban de pie en un escalón con la pierna de atrás apoyada solo por la puntera y la otra apoyada en el escalón. Los sujetos doblaban la rodilla trasera y utilizaban su peso para empujar el tobillo hacia abajo tanto como fuera posible sin provocar dolor.

Test de flexibilidad.

La flexibilidad fue evaluada mediante el test sit-and-reach test (Wells & Dillon, 1952). Después de un calentamiento estandarizado, los sujetos se quitaban sus zapatos y se sentaban en el suelo con las piernas rectas contra el cajón del test de flexibilidad *sit-and-reach* (Baseline® Sit n' Reach® Trunk Flexibility Box, Fabrication Enterprise Inc., White Plains, USA). Los jugadores colocan una mano sobre la otra, con los dedos corazón alineados y los codos extendidos. Los jugadores llegaron al frente con sus manos en la parte superior de la caja de *sit-and-reach*, en la medida de lo posible, sin doblar las rodillas. Los pies fueron considerados cero, y la puntuación obtenida por los sujetos fue registrada como la distancia alcanzada por el dedo corazón. Ambas puntuaciones, positiva y negativa, fueron registradas (Woolstenhulme et al., 2006). Dos mediciones de la flexibilidad fueron realizadas con un tiempo de recuperación de 3 minutos y el mejor resultado fue el registrado.

30-m Sprint en línea recta.

El sprint en línea recta se evaluó en un campo de entrenamiento al aire libre (su campo de entrenamiento habitual) realizando un sprint de 30-m mediante el uso de células fotoeléctricas (*Laser System*® DSD, DSD Inc., León, España). La prueba de sprint de 30 m

involucró tres sprints máximos con una recuperación de 3-min entre ellos. Los jugadores iniciaban el sprint, situados al pie 50 cm detrás de la línea de inicio (Chaouachi et al., 2010). El sprint más rápido de los 3 fue seleccionado para el análisis. Antes de la prueba se realizaba un calentamiento estandarizado que no incluyó ningún ejercicio de estiramiento estático debido a los efectos negativos agudos que acarrea este tipo de ejercicio y contaminar los resultados obtenidos, e incluyó varias aceleraciones para decidir el pie que los jugadores tenía que situar delante durante la realización del test.

Análisis estadístico.

Los resultados se expresan como $\text{media} \pm \text{SD}$. Cambios en el rendimiento de las pruebas se determinaron dividiendo la diferencia entre los valores post- y pre-intervención por los valores pre-intervención y se expresan como porcentajes. Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para asegurar una distribución de Gauss de todos los resultados. Se utilizó un ANOVA de 3 vías (tiempo [pre vs. post intervención] \times grupo [control vs. experimental] \times posiciones jugadores [porteros, defensas, centrocampistas y forwards]) con medidas repetidas en el tiempo para analizar los resultados obtenidos en el test *sit-and-reach* y el test de 30-m sprint. Cuando se encontró un valor significativo F , se aplicó el test de Bonferroni para establecer diferencias significativas entre las medias. Valores de $p < 0.05$ fueron considerados estadísticamente significativos. Los tamaños del efecto (ES) (Cohen's d) fueron calculados, y valores de < 0.41 , $0.41-0.70$ y > 0.70 fueron considerados pequeño, moderado y grande, respectivamente. Se utilizó el programa SPSS v.17.0 statistical software (Chicago, Illinois, USA)

Resultados.

Como podemos ver en la Tabla 1, EG mejoró significativamente ($p < 0.05$) la flexibilidad después de un programa de 7 semanas de estiramiento estático de los isquiotibiales. Este patrón se observó en todas las demarcaciones analizadas en este grupo ($p < 0.05$, ES= 0.18-0.89) (Figura 1).

No se observaron diferencias significativas en el test *sit-and-reach* entre las evaluaciones pre y post intervención en CG. El porcentaje de cambio fue más alto ($p < 0.05$, ES= 0.41) en EG ($34.6 \pm 66.8\%$) que en CG ($-12.1 \pm 28.7\%$).

Tabla 1.- Flexibilidad y 30-m sprint (median±SD) para el grupo Experimental (n=81) y Control (n=20) antes y después del programa de estiramientos estáticos.

		Pre	Post	ES
Sit-and-reach (cm)	Grupo Control	2.4 ± 9.9†	2.2 ± 9.2†	0.12
	Grupo Experimental	6.9 ± 5.1	8.6 ± 5.6*	0.33
30-m sprint (s)	Grupo Control	4.44 ± 0.23†	4.35 ± 0.24* †	0.39
	Grupo Experimental	4.09 ± 0.24	3.94 ± 0.44*	0.43

ES, tamaño del efecto calculado mediante la Cohen's *d*.

*, Diferencias significativas entre el pre y post intervención ($p < 0.05$).

†, Diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

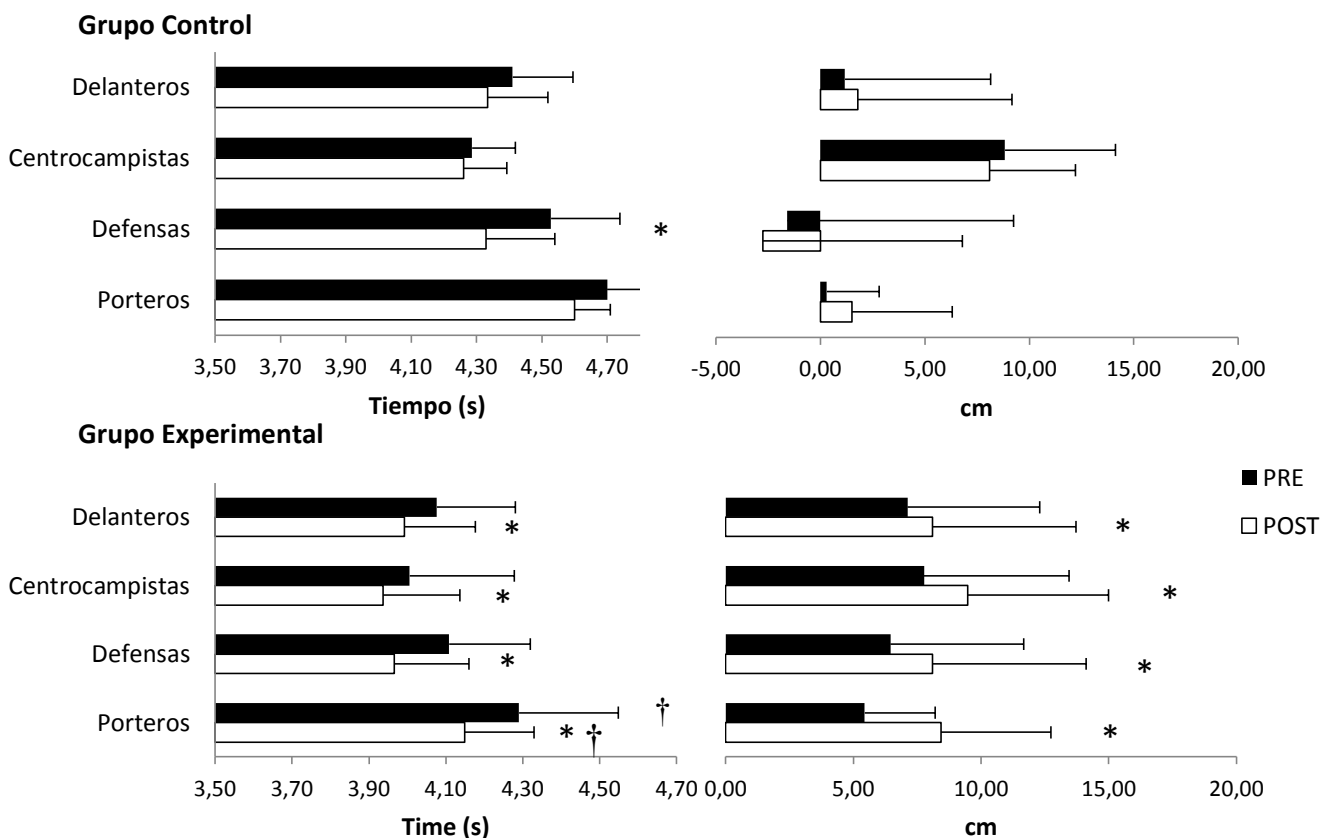


Figura 1.- Resultados del *Sit-and-reach* y 30-m sprint test antes y después del programa de entrenamiento de estiramiento estático del isquiotibial en función de las demarcaciones ocupadas por los jugadores en el terreno de juego. Valores medios±SD. *, Diferencias significativas entre pre y post intervención ($p < 0.05$). †, Diferencias significativas con los centrocampistas ($p < 0.05$).

Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el pre y post 30-m sprint test en ambos grupos (Tabla 1). Sin embargo, el porcentaje de cambio fue más alto ($p < 0.05$, ES= 0.38) en EG ($3.8 \pm 2.1\%$) que en CG ($2.0 \pm 1.8\%$). Cuando el 30-m sprint test, fue analizado en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego, todas las

demarcaciones mejoraron su rendimiento significativamente ($p < 0.05$, $ES = 0.45-0.72$) en EG (Figura 1). Sin embargo, solo los defensas mejoraron significativamente ($p < 0.05$, $ES = 1.19$) en CG en 30-m sprint test.

DISCUSIÓN.

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de 7 semanas de estiramiento estático de los isquiotibiales en la flexibilidad y el sprint en jóvenes jugadores de fútbol. Los resultados de este estudio muestran que los jugadores de EG incrementaron significativamente su flexibilidad de los isquiotibiales después de las 7 semanas de estiramiento estático. El incremento de la flexibilidad fue acompañado por un incremento significativo del rendimiento en sprint en línea recta. Varios estudios han obtenido incrementos en la flexibilidad después de un programa de entrenamiento basado en el estiramiento estático (Bandy, Irion, & Briggler, 1997, 1998; Cipriani et al., 2003). Aunque los mecanismos exactos responsables del incremento crónico de la flexibilidad son debatibles, cuatro mecanismos han sido postulados para explicar los incrementos del rango de movimiento articular, como consecuencia del estiramiento: la deformación viscoelástica, adaptaciones neurales, factores mecánicos y cambios en las propiedades contráctiles del músculo (Cramer et al., 2005; Guissard & Duchateau, 2006; Law et al., 2009). Otros autores creen que los efectos inmediatos del estiramiento, decrecen la viscoelasticidad e incrementan la tolerancia al estiramiento, el efecto del estiramiento durante 3-4 semanas parece afectar solo a la tolerancia al estiramiento, sin cambios en la viscoelasticidad (Shrier, 2004). Además de aumentar la flexibilidad, los beneficios propuestos del estiramiento estático son la reducción o la prevención de lesiones, la disminución en el dolor muscular de aparición retardada y un mayor rendimiento (Thacker et al., 2004). No obstante algunos investigadores han cuestionado estos beneficios. Herbert et al. (2002) llegaron a la conclusión de que la mejor evidencia disponible indica que el estiramiento antes o después del ejercicio no previene el dolor muscular o lesión y que no hay pruebas suficientes para evaluar el efecto sobre el rendimiento.

Nuestros resultados muestran, que los valores de flexibilidad de nuestros jugadores, es menor a la reportada por estudios anteriores (Caldwell & Peters, 2009; Chin, Lo, Li, & So, 1992; McIntyre, 2005). Una menor flexibilidad puede aumentar los efectos del entrenamiento, ya que parece, que los individuos con una flexibilidad reducida se beneficiaran más de estiramiento (Hunter & Marshall, 2002). La falta de flexibilidad se

atribuyó a que no suele considerarse un componente importante del rendimiento en el fútbol (McIntyre, 2005). Pero la falta de flexibilidad de los isquiotibiales, puede afectar el rendimiento en los deportes que implican habilidades de tipo 'explosivas' (Witvrouw et al., 2004). Con la mejora de la flexibilidad se podrán obtener buenos valores en esta capacidad (Berdejo, 2009). No está claro si existe un umbral de flexibilidad para un rendimiento óptimo o que la flexibilidad adicional de los atletas flexibles sea necesaria o deseable (Thacker et al., 2004).

La mejora significativamente mayor en la velocidad lineal en el EG puede indicar los efectos del estiramiento crónico en un sprint de 30 m. En este grupo hubo una correlación negativa significativa entre la flexibilidad y la velocidad en el post-test. Esta relación puede ser debida a que si el estiramiento de un grupo muscular durante 30 a 60 s al día a lo largo de meses, también da lugar a hipertrofia, y se podría predecir un aumento de la fuerza y la velocidad de contracción (Shrier, 2004). Se ha sugerido que la mejora en el rendimiento puede ser debida, a la mayor capacidad para estirar o extender el músculo, así como a la disminución de la resistencia de un músculo más dócil o menos rígido durante el movimiento (Behm & Chaouachi, 2011). Deportes como el fútbol, implican actividades de saltar y rebotar con una alta intensidad de los ciclos de estiramiento-acortamiento que requieren una unidad músculo-tendón suficiente para almacenar y liberar alta cantidad de energía elástica que beneficia el rendimiento (Witvrouw et al., 2004). Como los efectos sobre la velocidad de carrera son una combinación de la fuerza, la velocidad de contracción y la economía de carrera, el efecto global debe ser un aumento en la velocidad de carrera (Shrier, 2004).

Hay demandas fisiológicas específicas determinadas en función de la demarcación del jugador (Wong et al., 2009). Sin embargo, en este estudio no se observaron diferencias en la flexibilidad y la velocidad en función de la demarcación. Una posible relación entre el sprint y la demarcación puede explicar por qué, esta cualidad es un factor de rendimiento específico en jugadores de fútbol. La velocidad es una de las características más importantes de los atacantes durante un partido de fútbol (Gil, Gil, Ruiz, Irazusta, & Irazusta, 2007). El tipo de esfuerzo puede causar acortamiento del isquiotibial (Arnason et al., 2004; Henderson et al., 2010; McIntyre, 2005). Esta baja elasticidad, puede limitar la capacidad para llevar a cabo acciones que están involucradas en los ciclos de estiramiento-acortamiento (Witvrouw et al., 2004). Para evitar que esto suceda, es importante que estos jugadores de fútbol incluyan el estiramiento en sus programas de

entrenamiento. Aunque el estiramiento regular mejorará los resultados para todo tipo de actividades, la evidencia sugiere que el estiramiento inmediatamente antes del ejercicio disminuye el rendimiento en pruebas de fuerza o potencia (Wilson et al., 2010). Estas disminuciones en el rendimiento se atribuyen a una mayor relajación de la tensión del tejido muscular, que se acompaña de un menor Stiffness musculotendinoso y una menor fuerza (Kubo, Kanehisa, & Fukunaga, 2002). Por lo tanto, si se estira, se debe estirar después del ejercicio, o en un momento no relacionado con el ejercicio (Shrier, 2004).

Los resultados de flexibilidad de este estudio, muestran un incremento significativo después de 12 minutos de estiramiento estático durante 7 semanas, con ejercicios de 30 s. Se ha recomendado 3-5 series de estiramiento estático de cada grupo muscular con una duración de 10-30 s en cada posición de estiramiento (Shrier, 2004). Parece que un único estiramiento de 30 s es la práctica más efectiva y que periodos mayores de 30 s no se muestran más efectivos (Decoster et al., 2005). Otros estudios han mostrado que estiramientos con duraciones más cortas con un aumento de las repeticiones pueden ocasionar similares ganancias del rango de movimiento (Cipriani et al., 2003). Algunos autores sugieren que el total de tiempo de estiramiento es más importante que el número de repeticiones. De acuerdo con estos estudios, 3-5 min son suficientes para mejorar la flexibilidad (Ford, Mazzone, & Taylor, 2005). Además, incrementos de esta capacidad con intervenciones de 3-4 semanas de duración han sido mostrados (Chan et al., 2001; Rowlands et al., 2003). Los estudios que investigan los efectos de las técnicas de estiramiento sobre periodos más largos (semanas frente a sesiones) logran un mayor aumento en la amplitud de movimiento (Cipriani et al., 2003). Sin embargo, los estudios que emplean solamente una sola sesión de estiramiento también obtuvieron mejoras estadísticamente significativa de las ganancias del rango de movimiento. Hay varios métodos de estiramiento para aumentar la flexibilidad como son el balístico, el pasivo, el estático, el isométrico, y la facilitación neuromuscular propioceptiva (Toskovic et al., 2004). Shirer (2004) indica que el estiramiento estático es tan eficaz como el balístico o el estiramiento pasivo para aumentar la flexibilidad. Es interesante que aunque no hay una evidencia científica de que el estiramiento balístico pueda causar lesión, la práctica del estiramiento balístico ha sido contraindicada bajo la premisa de que lleva a un mayor riesgo para el jugador (Woolstenhulme et al., 2006). Hemos utilizado un estiramiento activo porque produjo aumentos similares en la flexibilidad que el estiramiento pasivo, y porque también ha mejorado la función de los músculos antagonistas para el estiramiento (Winters

et al., 2004). Ninguna posición de estiramiento (de pie, sentado, supina) obtiene una diferencia significativa en la magnitud de la amplitud de movimiento, aunque hay una evidencia que sugiere que la posición pélvica durante estiramiento de pie es importante (Decoster et al., 2005). Quizás la combinación de diferentes posiciones de estiramiento ayudó a maximizar las ganancias del rango de movimiento (Rowlands et al., 2003) por esta razón diferentes posiciones (de pie, sentado y supino) se han incluido en el programa.

CONCLUSIÓN.

Un programa de 7 semanas de estiramiento estático de los isquiotibiales, mejora significativamente la flexibilidad evaluada mediante el *sit-and-reach* test, junto con un efecto positivo en la velocidad lineal, en jóvenes jugadores de fútbol.

BIBLIOGRAFÍA.

- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 278-285.
- Bacurau, R. F., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L. F., & Aoki, M. S. (2009). Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *J Strength Cond Res*, 23(1), 304-308.
- Bandy, W. D., Irion, J. M., & Briggler, M. (1997). The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*, 77(10), 1090-1096.
- Bandy, W. D., Irion, J. M., & Briggler, M. (1998). The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27(4), 295-300.
- Bazett-Jones, D. M., Gibson, M. H., & McBride, J. M. (2008). Sprint and vertical jump performances are not affected by six weeks of static hamstring stretching. *J Strength Cond Res*, 22(1), 25-31.
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol*, 111(11), 2633-2651.
- Berdejo, D. (2009). *Int J Med Sci Phys Educ Sport. Increase in flexibility in basketball through the application of a stretching protocol*, 5, 3-12.
- Caldwell, B. P., & Peters, D. M. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1370-1377.
- Cipriani, D., Abel, B., & Pirwitz, D. (2003). A comparison of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. *J Strength Cond Res*, 17(2), 274-278.
- Cossio-Bolanos, M., Portella, D., Hespanhol, J., Fraser, N., & de Arruda, M. (2012). Body size and composition of elite peruvian soccer player. *J Exerc Physiol*, 15(3), 30-38.
- Cramer, J. T., Housh, T. J., Weir, J. P., Johnson, G. O., Coburn, J. W., & Beck, T. W. (2005). The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol*, 93(5-6), 530-539.

- Chan, S. P., Hong, Y., & Robinson, P. D. (2001). Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports*, *11*(2), 81-86.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, *24*(10), 2663-2669.
- Chin, M. K., Lo, Y. S., Li, C. T., & So, C. H. (1992). Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. *Br J Sports Med*, *26*(4), 262-266.
- Dadebo, B., White, J., & George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med*, *38*(4), 388-394.
- Decoster, L. C., Cleland, J., Altieri, C., & Russell, P. (2005). The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther*, *35*(6), 377-387.
- Ford, G., Mazzone, M., & Taylor, K. (2005). The effect of 4 different durations of static hamstring stretching on passive knee-extension range of motion. *J Sport Rehabil*, *14*, 95-107.
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *J Strength Cond Res*, *22*(2), 543-552.
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res*, *21*(2), 438-445.
- Guissard, N., & Duchateau, J. (2006). Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev*, *34*(4), 154-158.
- Hemmatinezhad, M., Afsharnejhad, T., Nateghi, N., & Damirchi, A. (2009). The relationship between limb length with classical and modified back saver sit-and-reach tests in student boys. *Int J Fitness*, *5*, 69-78.
- Henderson, G., Barnes, C. A., & Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport*, *13*(4), 397-402.
- Herbert, R. D., & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ*, *325*(7362), 468.
- Hunter, J. P., & Marshall, R. N. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(3), 478-486.
- Kawano, M. M., Ambar, G., Oliveira, B. I., Boer, M. C., Cardoso, A. P., & Cardoso, J. R. (2010). Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter*, *14*(1), 10-15.
- Kibler, W. B., & Chandler, T. J. (2003). Range of motion in junior tennis players participating in an injury risk modification program. *J Sci Med Sport*, *6*(1), 51-62.
- Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2002). Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* (1985), *92*(2), 595-601
- Law, R. Y., Harvey, L. A., Nicholas, M. K., Tonkin, L., De Sousa, M., & Finniss, D. G. (2009). Stretch exercises increase tolerance to stretch in patients with chronic musculoskeletal pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther*, *89*(10), 1016-1026.

- McIntyre, M. C. (2005). A comparison of the physiological profiles of elite Gaelic footballers, hurlers, and soccer players. *Br J Sports Med, 39*(7), 437-439.
- Nelson, A. G., Driscoll, N. M., Landin, D. K., Young, M. A., & Schexnayder, I. C. (2005). Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *J Sports Sci, 23*(5), 449-454.
- Nyland, J., Kocabay, Y., & Caborn, D. N. (2004). Sex differences in perceived importance of hamstring stretching among high school athletes. *Percept Mot Skills, 99*(1), 3-11.
- Rosch, D., Hodgson, R., Peterson, T. L., Graf-Baumann, T., Junge, A., Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sports Med, 28*(5 Suppl), S29-39.
- Rowlands, A. V., Marginson, V. F., & Lee, J. (2003). Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Res Q Exerc Sport, 74*(1), 47-51.
- Rubini, E. C., Costa, A. L., & Gomes, P. S. (2007). The effects of stretching on strength performance. *Sports Med, 37*(3), 213-224.
- Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med, 14*(5), 267-273.
- Stojanovic, M. D., & Ostojic, S. M. (2011). Stretching and injury prevention in football: current perspectives. *Res Sports Med, 19*(2), 73-91.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey, C. D., Jr. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc, 36*(3), 371-378.
- Toskovic, N. N., Blessing, D., & Williford, H. N. (2004). Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *J Sports Med Phys Fitness, 44*(2), 164-172.
- Trehearn, T. L., & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *J Strength Cond Res, 23*(1), 158-162.
- Weldon, S. M., & Hill, R. H. (2003). The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Man Ther, 8*(3), 141-150.
- Wells, K., & Dillon, E. (1952). The sit and reach, a test of back and leg flexibility. *Res Q Exerc Sport, 23*, 115-118.
- Wilson, J. M., Hornbuckle, L. M., Kim, J. S., Ugrinowitsch, C., Lee, S. R., Zourdos, M. C., . . . Panton, L. B. (2010). Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. [Randomized Controlled Trial]. *J Strength Cond Res, 24*(9), 2274-2279.
- Winters, M. V., Blake, C. G., Trost, J. S., Marcello-Brinker, T. B., Lowe, L. M., Garber, M. B., & Wainner, R. S. (2004). Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Phys Ther, 84*(9), 800-807.
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med, 31*(1), 41-46.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L., & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med, 34*(7), 443-449.

- Wong, P. L., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(4), 1204-1210.
- Woolstenhulme, M. T., Griffiths, C. M., Woolstenhulme, E. M., & Parcell, A. C. (2006). Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. *J Strength Cond Res*, 20(4), 799-803.
- Young, W., & Elliott, S. (2001). Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport*, 72(3), 273-279.
- Zakas, A., Galazoulas, C., Grammatikopoulou, M., & Vergou, A. (2002). Effects of stretching exercise during strength training in prepuberal, pubertal and adolescent boys. *J Bodyw Mov Ther*, 6, 170-176.

5.7 EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE 5 SEMANAS DE DURACIÓN MEDIANTE JUEGOS REDUCIDOS (SSGs) EN EL RSA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONDICIÓN FÍSICA.

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en el rendimiento después de 5 semanas de entrenamiento de pretemporada basadas en la realización de juegos reducidos (SSGs) en jugadores de fútbol amateur, y determinar los efectos de este estímulo en función del nivel inicial de condición física, determinado en función del rendimiento en el RSA. Veinticuatro jugadores de fútbol (media \pm SD: edad 18.7 ± 1.7 años, estatura 175.6 ± 6.2 cm, y peso 66.7 ± 8.4 kg) fueron evaluados en la capacidad de repetir sprint (test RSA), flexibilidad (sit-and-reach) y salto vertical (CMJ y SJ) antes y después de 5 semanas de entrenamiento de pretemporada. SSGs durante la pretemporada induce mejoras significativas ($p < 0.05$) en el test RSA y en el test de flexibilidad ($p < 0.05$), pero no ocasiona mejoras en el salto vertical. Los jugadores de fútbol con un peor nivel inicial en el RSA_{media} , mejoran significativamente ($p < 0.05$) el RSA_{mejor} (2.45%), RSA_{media} (2.92%) y RSA_{total} (2.93%) sin cambios en el rendimiento en jugadores con un mejor nivel inicial de rendimiento en el RSA_{media} . Un programa de entrenamiento de pretemporada de 5 semanas mediante SSGs durante 5 semanas es útil para mejorar algunos aspectos de la condición física de jugadores de fútbol (RSA y flexibilidad), especialmente en aquellos jugadores con un nivel inicial de rendimiento más bajo. Los efectos del entrenamiento mediante SSGs en el RSA estarán determinados por el nivel inicial de rendimiento en este test.

Palabras clave: Entrenamiento Fútbol, Entrenamiento específico, Deportes de equipo, Sprints repetidos.

INTRODUCCIÓN.

Los atletas de deportes de equipo requieren una amplia gama de habilidades físicas y técnicas (Stone & Kilding, 2009). En concreto el fútbol implica el desarrollo de múltiples acciones, de diversa intensidad y duración, que de forma intermitente e impredecible van solicitando durante un tiempo prolongado los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006). Así durante el juego se registran entre 1000-1400 acciones breves, que aparecen de forma variada cada 3-5 segundos, implicando actividades con y sin balón como pueden ser carreras a diferente velocidad, fintas, entradas, cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, saltos, disparos,

carreras hacia atrás y laterales, equilibrios, disputas, duelos, etc. (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009; Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2005). El entrenamiento de estas acciones tradicionalmente ha sido abordado por medio de ejercicios generales, en forma de carrera continua o interválica de alta intensidad (Dupont, Akakpo, & Berthoin, 2004; Edge, Bishop, Goodman, & Dawson, 2005; Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001), mostrándose como métodos adecuados en la mejora de la condición física del jugador (Katis & Kellis, 2009). Sin embargo en la actualidad esta perspectiva ha ido perdiendo relevancia en favor de tareas más específicas (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012). Dentro de estas propuestas destacan las situaciones de juego reducido o “*small-sided games*” (SSGs), tareas que parecen reproducir las demandas del movimiento, la intensidad fisiológica y los requisitos técnicos de un partido de competición, mientras que también obligará a los jugadores a tomar decisiones bajo presión y fatiga (Gabbett & Mulvey, 2008). A través de estas tareas puede conseguirse una mejora global del rendimiento (Hill-Haas, Coutts, Dawson, & Rowsell, 2010; Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2009; Impellizzeri et al., 2006; Rampinini et al., 2007) en un clima de elevada motivación (Owen et al., 2012). La idoneidad de estas tareas se justifica en el principio de especificidad (Stone & Kilding, 2009), el cual determina que cuanto más similitud exista entre el entrenamiento y la competición, mayores serán las ventajas asociadas a este proceso (Trajkovic, Milanovic, Sporis, Milic, & Stankovic, 2012).

De los trabajos que comparan intervenciones basadas en ejercicios atléticos con otras basadas en SSGs (Hill-Haas et al., 2009; Impellizzeri et al., 2006) se concluye que la intensidad asociada a los SSGs puede provocar una respuesta fisiológica suficiente (Rampinini et al., 2007) y comparable a la registrada en los ejercicios de carrera interválica de corta o larga duración (Dellal, Drust, & Lago-Penas, 2012). No obstante, también se ha señalado que un entrenamiento basado en SSGs puede no ser un estímulo suficiente en jugadores con una alta condición aeróbica y buen nivel técnico-táctico, puesto que se ha observado que los jugadores con mayor $VO_2\text{max}$ presentan un bajo porcentaje de este parámetro durante la práctica de SSGs (Buchheit et al., 2009; Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002). Sin embargo, este tipo de tareas son completamente configurables y/o adaptables (el espacio de acción del futbolista, el número de jugadores, la intervención del entrenador, el régimen de entrenamiento y las reglas de intervención) permitiendo alcanzar los objetivos de entrenamiento programados (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011).

Aunque ha quedado demostrado que los SSGs pueden ser un estímulo efectivo de entrenamiento de la condición aeróbica (Hill-Haas et al., 2011), no se conoce tanto acerca de su incidencia en otras variables determinantes para el futbolista, como puede ser el Repeat Sprint Ability (RSA) (Oliver, Armstrong, & Williams, 2007). La actividad de alta intensidad realizada durante el partido está asociada a momentos críticos del juego (Stone & Kilding, 2009), por lo que el jugador debe estar preparado para repetir acciones de alta intensidad retrasando la aparición de la fatiga (Dupont, Moalla, Guinhouya, Ahmaidi, & Berthoin, 2004). Los elementos que influyen en el rendimiento en RSA han sido relacionados con la excitabilidad muscular (Perrey, Racinais, Saimouaa, & Girard, 2010), el aporte energético y la acumulación de metabolitos (Spencer, Dawson, Goodman, Dascombe, & Bishop, 2008), la transmisión de estímulos nerviosos (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2008) o el reclutamiento de fibras musculares rápidas (Billaut, Basset, & Falgairette, 2005). Para mejorar estos elementos es necesario que el entrenamiento incida sobre la vía aeróbica y anaeróbica (Ferrari Bravo et al., 2008). Sin embargo no están muy definidos cuáles son las estrategias más apropiadas para conseguirlo (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011).

Diferentes programas de ejercicio han sido utilizados para comprobar su impacto en el RSA: entrenamiento de fuerza explosiva vs. sprints repetidos con cambio de dirección (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010), entrenamiento de sprints vs. entrenamiento interválico (Ferrari Bravo et al., 2008), entrenamiento de alta y moderada intensidad (Edge et al., 2005), entrenamiento general vs. entrenamiento específico (Hill-Haas et al., 2009), entrenamiento de sprint (Mohr et al., 2007). Sin embargo, desde nuestro conocimiento no hay estudios que muestren que sucede con esta capacidad tras un entrenamiento de pretemporada basado en los SSGs con progresión de la intensidad y si habrá diferencias en función del nivel de condición física del sujeto. No existen muchos trabajos que hayan observado cómo un mismo estímulo de entrenamiento puede tener una respuesta diferente en función del nivel de condición física del jugador (Faude, Steffen, Kellmann, & Meyer, 2014). Por esta razón, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de un entrenamiento de pretemporada de 5 semanas basado en SSGs, en el RSA, salto y flexibilidad en jugadores de fútbol amateur y determinar si los efectos de este estímulo de entrenamiento dependen del nivel inicial de rendimiento en el RSA.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Sujetos.

Veinticuatro jóvenes jugadores de fútbol amateur (media \pm SD, edad: 18.7 ± 1.7 años; talla 175.6 ± 6.2 cm; peso 66.7 ± 8.5 kg y porcentaje de grasa $8.5 \pm 0.4\%$) entrenaron mediante juegos reducidos durante las 5 semanas de pretemporada. Antes de comenzar la investigación, todos los participantes firmaron un consentimiento informado, después de recibir una explicación detallada de los objetivos, beneficios y riesgos de la investigación. El estudio fue llevado a cabo de acuerdo con la declaración de Helsinki y aprobado por el comité de Ética de la Universidad de León.

Diseño experimental.

Los jugadores de fútbol amateur entrenaron mediante juegos reducidos durante las 5 semanas de pretemporada. Antes y después del entrenamiento, todos los jugadores realizaron 3 test: un test de capacidad de repetir sprint (test RSA) un test de flexibilidad (*sit-and-reach*) y un test de salto vertical (CMJ y SJ) en dos días diferentes (primer día, test RSA, segundo día *sit-and-reach* y test de salto vertical). El orden de los test y la hora del día a la que fueron realizados fue la misma en el pre-test que en el post-test, con el objetivo de eliminar la influencia de los ritmos circadianos (Drust, Waterhouse, Atkinson, Edwards, & Reilly, 2005). Los jugadores fueron instruidos para no realizar ejercicio vigoroso de alta intensidad 24 h antes de las sesiones de evaluación ni comer o en las 3-4 h previas a la realización del test ni ingerir bebidas con cafeína o estimulantes. Ninguno de los sujetos presentó lesión en los 3 meses anteriores al estudio. Durante el estudio los jugadores se encontraban en el periodo de pretemporada y no llevaron a cabo la disputa de ningún partido oficial.

La intervención mediante juegos reducidos (SSGs) incluía 5 sesiones por semana (4 sesiones de SSGs y una sesión técnico-táctica) además de un partido de preparación, sin ningún otro tipo de entrenamiento (Tabla 1). Durante el último mesociclo de la temporada anterior, los jugadores realizaron una familiarización con esta metodología de entrenamiento basada en SSGs. Una semana antes de la evaluación inicial, los jugadores realizaron carrera a baja y moderada intensidad (60-80% HRmax) para reducir el riesgo de lesión en la evaluación inicial y una sesión de familiarización con los test.

Tabla 1. Organización de los juegos reducidos durante las 5 semanas de entrenamiento de pretemporada

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Semana 0	Fam		RSA test		Salto+Flex		
Semana 1	SSGs 1	SSGs 1	SSGs 2	SSGs 1	SSGs 1	SSGs 2	R
Semana 2	SSGs 1	SSGs 2	Tec/Tac	SSGs 2	SSGs 2	SSGs 1	R
Semana 3	SSGs 3	SSGs 3	Tec/Tac	SSGs 3	SSGs 4	M	R
Semana 4	SSGs 3	SSGs 4	Tec/Tac	SSGs 4	SSGs 3	R	M
Semana 5	Tec/Tac	SSGs 4	SSGs 5	SSGs 4	SSGs 5	Tec/Tac	M
Semana 6	Tec/Tac		RSA test		Jump+Flex		M

Nota: Fam = sesión de familiarización con los test.

Tec/Tac = entrenamiento técnico táctico

R = descanso

M = partido no oficial

Programa de entrenamiento.

El estudio fue completado durante el periodo de pretemporada, antes de comenzar el periodo oficial y consistía en 5 sesiones de entrenamiento por semana (4 sesiones mediante SSGs y 1 sesión de entrenamiento técnico táctico) durante 5 semanas. Todas las sesiones de SSGs comenzaban con un calentamiento estandarizado de 18 minutos (carrera de baja intensidad, movilidad articular, ejercicios técnicos y flexibilidad) seguidos de 2 minutos de recuperación pasiva e hidratación. Las sesiones de entrenamiento duraban 90 min, con 10-60 min de SSGs por sesión. Todos los juegos fueron llevados a cabo en un campo de fútbol artificial con una temperatura que oscilaba entre los 24° y los 28° C. Los diferentes SSGs propuestos fueron seleccionados basándonos en la experiencia previa con jugadores de fútbol. Estudios anteriores sugieren que para mejorar la condición física del jugador, es conveniente introducir diferentes SSGs en cuanto al número de jugadores, la dimensión del terreno de juego fueron, la motivación del entrenador, o la ausencia y presencia de porteros (Hill-Haas et al., 2009; Little & Williams, 2005; Owen et al., 2012; Rampinini et al., 2007) programados siempre en función de la intensidad (Tabla 2).

Tabla 2. Juegos reducidos utilizados durante la intervención de 5 semanas en pretemporada

	Jugadores	Duración	Dimensiones (m)	% HRmax	Ratio por jugador (m ²)	SSGs (min)
SSGs 1	8 vs 8	3x20-min; R= 3 min	60x40	81.3 ±1.8	150	60
SSGs 2	6 vs 6	3x20-min; R= 3 min	40x30	80.1±1.8	100	60
SSGs 3	6 vs 6 +G	4x12-min; R= 1 min	40x30	83.9±1.3	100	48
SSGs 4	4 vs 4	2x4x4-min; R= 1min	30x25	88.1±1.1	93.75	32
SSGs 5	4 vs 4 + G	2x1x12-min	30x25	91.4±0.9	93.75	24

Nota: Reps = número de repeticiones; R= recuperación entre repeticiones; %HRmax = porcentaje de la HRmax; SSGs = juegos reducidos; G = porteros

Capacidad de repetir sprint.

Inmediatamente después de un calentamiento estandarizado de 10 minutos (carreras de baja intensidad, aceleraciones y ejercicios dinámicos), cada jugador de fútbol realizó un único sprint (mejor tiempo en 30m) que fue utilizado como criterio de maximalidad (Rampinini et al., 2007). Cinco minutos después los jugadores realizaban el test RSA, si el resultado del primer Sprint no era más de un 2.5% peor que el mejor sprint en 30 m. El test consistía en 8 sprint de 30, con 25 s de recuperación activa entre cada sprint, periodo que utilizaban para volver trotando a la posición inicial y realizar el siguiente sprint. Las células fotoeléctricas (DSD *Laser System and software Sport test* (v3.2.1) fueron utilizadas para incrementar la fiabilidad del test. Los jugadores comenzaban 0.5 m antes de la primera fotocélula (Chaouachi et al., 2010) para prevenir falsas activaciones del tiempo en la salida. Tiempo total (RSA_{total}), mejor tiempo (RSA_{mejor}), tiempo medio (RSA_{media}) como valores absolutos y S_{dec} como índice de fatiga ($(RSA_{total} / RSA_{mejor} \times 8) \times 100 - 100$) (Fitzsimmons, Dawson, Ward, & Wilkinson, 1993) fueron determinados para evaluar el rendimiento.

Flexibilidad.

El día siguiente a la realización del test RSA, los jugadores realizaron el calentamiento estandarizado de 10 min. Y después de quitarse sus zapatillas y sentarse en el suelo, con las piernas extendidas tan rectas como sea posible en frente del cajón de test (Caja *sit-and-reach* Baseline®, 55x35x30 cm, precisión 1 cm), las manos una encima de la otra (puntas de los dedos medios) y las palmas hacia abajo, el participante lentamente debe inclinarse hacia adelante deslizando las manos a lo largo de la escala de la caja lo más lejos posible (Trehearn & Buresh, 2009). El test valora la amplitud articular de la musculatura isquiotibial y región lumbar. Se realizarán dos intentos, separados por 3 min y se registra el mejor resultado obtenido.

Salto vertical.

La fuerza explosiva del tren inferior fue evaluada calculando el tiempo de vuelo (Globus Ergo System®). Para evaluar la potencia explosiva de las extremidades inferiores, los jugadores realizaban dos saltos (Bosco, Colli, Bonomi, Von Duvillard & Viru, 2000): squat jump (SJ) y salto con contramovimiento (CMJ). SJ fue realizado con una posición inicial con las rodillas flexionadas a 90° y las manos en la cadera. Desde esta posición los participantes realizaron un salto máximo aterrizando con las rodillas rectas en el tapete. El

CMJ se realiza de pie con las piernas estiradas y se realiza el salto a partir de un movimiento contrario hacia abajo hasta bajar a un ángulo de 90° en las rodillas. Colocamos las manos en las caderas durante el salto para evitar cualquier efecto de brazo. El SJ se diferencia del CMJ por el hecho de que la posición de partida está en reposo y un contramovimiento rápido se lleva a cabo (ciclo de estiramiento-acortamiento) antes del despegue. Cada jugador realiza 2 saltos intercalados con 1 minuto de descanso entre cada salto. La altura de los saltos se determinó en cm, y fue seleccionado el mejor salto de cada modalidad.

Niveles de rendimiento.

Para analizar el efecto del entrenamiento en función del nivel de condición física de los sujetos, se clasificó a los jugadores en dos grupos a partir de los resultados obtenidos en la evaluación inicial del RSA utilizando dos variables determinantes del rendimiento como son el valor absoluto RSA_{media} (Buchheit et al., 2010; Ferrari Bravo et al., 2008) y el índice de fatiga S_{dec} (Fitzsimmons et al., 1993; Glaister, 2005). Mediante la técnica de *Median Split* (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007) se determinó el nivel medio de rendimiento y se situó a los jugadores, en función de su resultado individual los grupos de los jugadores con mejor rendimiento eran $GBRSA_{media}$ ($RSA_{media} < 4.03$ s) y GBS_{dec} ($S_{dec} < 4.26\%$) y el grupo de jugadores con peor rendimiento $GWRSA_{media}$ ($RSA_{media} \geq 4.03$ s) y GWS_{dec} ($S_{dec} \geq 4.26\%$).

Análisis estadístico.

Todas las variables se presentan como $media \pm SD$. La prueba Kolmogorov-Smirnov fue usada para confirmar la normalidad. La prueba de medias repetidas ANOVA fue utilizada para analizar diferencias entre grupos en los valores iniciales, y *Student's t test* para analizar los efectos del entrenamiento en el rendimiento. El tamaño del efecto (ES, 90% límite de confianza) en las variables seleccionadas fue calculado usando pre-pooled SD . Los umbrales para el Cohens' d ES fueron >0.35 (Trivial), $0.35-0.80$ (pequeño), $0.80-1.50$ (moderado) and >1.50 (grande) (Rhea, 2004). La técnica de la mediana fue utilizada para clasificar a los jugadores en función de su nivel de rendimiento por encima y por debajo de la mediana. La relación entre el porcentaje de cambio y los valores obtenidos en el pre-test fueron analizados mediante el coeficiente de correlación de Pearson. El porcentaje de cambio fue calculado atendiendo a la fórmula $[(post-test-pre-test)/pre-test] \times 100$. El nivel de significación fue establecido en $p < 0.05$ para todos los test. Todas las variables

estadísticas fueron analizadas mediante el paquete estadístico SPSS 19.0 (SPSS for Windows v.19.0, SPSS, Inc., Chicago, IL. USA)

RESULTADOS.

Durante las 5 semanas de entrenamiento de pretemporada, los jugadores realizaron 29 sesiones de entrenamiento correspondientes a 2070 min de SSGs (79,3 % de todo el trabajo de pretemporada). Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el pre-test y el Post-test en flexibilidad (13,5%), RSA_{total} (1,5%) y RSA_{media} (1,49%) (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados antes y después de la pretemporada mediante juegos reducidos.

Test (n=24)	Pre-test	Post-test	Δ	ES
SAR (cm)	25.96 ± 1.76	29.41 ± 1.63 *	19.47 ± 28.64	1.96
SJ (m)	0.36 ± 1.06	0.35 ± 0.92	-1.03 ± 10.87	-0.01
CMJ (m)	0.37 ± 1.43	0.36 ± 0.95	-1.41 ± 13.97	-0.01
RSA_{mejor} (s)	3.87 ± 0.04	3.81 ± 0.03	1.49 ± 4.19	-1.50
RSA_{media} (s)	4.03 ± 0.04	3.97 ± 0.03 *	1.46 ± 3.28	-1.50
RSA_{total} (s)	32.26 ± 0.31	31.76 ± 0.25 *	1.47 ± 3.25	-1.61
<i>Sdec</i> (%)	4.26 ± 0.34	4.32 ± 0.39	-0.06 ± 2.69	0.18

Note: SAR = *sit-and-reach*; SJ = squat jump; CMJ = salto con contramovimiento; RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{media} = tiempo medio; RSA_{total} = tiempo total. *Sdec* = decrecimiento; Δ = porcentaje de cambio; ES = tamaño del efecto/magnitud calculado mediante Cohen's *d*; nivel de significación * $p < 0.05$

Los resultados antes y después de 5 semanas de entrenamiento clasificando a los jugadores en función de su nivel inicial de rendimiento en el test RSA en función de RSA_{media} y *Sdec* se muestran en la tabla 4. Se obtiene una mejora significativa ($p < 0.05$) en el *sit-and-reach* en $GBRSA_{media}$. Por otra parte $GWRSA_{media}$ mejoró significativamente ($p < 0.05$) los resultados del *sit-and-reach* y además mejoró significativamente ($p < 0.05$) todos los parámetros absolutos del test RSA, RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{total} . $GBSdec$, mejoró significativamente ($p < 0.05$) en los resultados del *sit-and-reach*, y también los valores absolutos de RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{total} , obteniendo este grupo una disminución significativa ($p < 0.05$) del rendimiento en el *Sdec*. El grupo $GWSdec$ mejoró significativamente ($p < 0.05$) el *sit-and-reach* sin cambios en las otras variables de rendimiento analizadas (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados antes y después del entrenamiento de pretemporada mediante SSGs en función del nivel inicial de rendimiento determinado mediante el RSA_{media} y $Sdec$.

	Grupo	Pre-test	Post-test	Δ	ES
SAR (cm)	GBRSA _{media}	26.9±9.9	29.6±9.0 *	16.5±31.3	0.27
	GWRSA _{media}	24.5±6.6	29.1±6.7 *	22.8±25.7	0.69
SJ (cm)	GBRSA _{media}	0.37±0.006	0.36±0.05	-2.80±9.90	0.17
	GWRSA _{media}	0.35±0.05	0.36±0.05	1.45±12.21	0.20
CMJ (cm)	GBRSA _{media}	0.38±0.05	0.37±0.04	-0.68±12.21	0.20
	GWRSA _{media}	0.37±0.10	0.35±0.05	-2.43±19.79	0.20
RSA_{mejor} (s)	GBRSA _{media}	3.77±0.12	3.73±0.15	0.81±4.86	0.33
	GWRSA _{media}	4.01±0.17 †	3.91±0.11 *	2.45±3.03	0.59
RSA_{media} (s)	GBRSA _{media}	3.91±0.09	3.89±0.12	0.41±3.77	0.22
	GWRSA _{media}	4.20±0.16 †	4.08±0.14 *	2.92±1.68 †	0.75
RSA_{total} (s)	GBRSA _{media}	31.31±0.71	31.16±0.98	0.44±3.75	0.21
	GWRSA _{media}	33.60±1.28 †	32.61±1.10 *	2.93±1.67 †	0.77
Sdec (%)	GBRSA _{media}	3.98±1.39	4.42±1.73	-0.43±2.09	0.32
	GWRSA _{media}	4.65±2.00	4.19±2.24	0.46±3.42	0.23
	Group Sdec	Pre-test	Post-test	Δ	ES
SAR (cm)	GBSdec	26.19±9.87	29.27±9.54 *	18.11±29.03	0.31
	GWSdec	25.68±7.33	29.59±6.12 *	20.36±29.63	0.53
SJ (cm)	GBSdec	0.36±0.05	0.35±0.05	-0.46±11.83	0.20
	GWSdec	0.37±0.06	0.36±0.05	-1.70±10.16	0.17
CMJ (cm)	GBSdec	0.38±0.09	0.36±0.04	-1.33±17.70	0.22
	GWSdec	0.37±0.05	0.36±0.05	-1.50±8.56	0.20
RSA_{mejor} (s)	GBSdec	3.93±0.17	3.79±0.16 *	3.65±3.17	0.82
	GWSdec	3.79±0.18	3.83±0.16	-1.05±3.91 †	0.22
RSA_{media} (s)	GBSdec	4.05±0.18	3.96±0.17 *	2.34±2.93	0.50
	GWSdec	4.19±0.21	4.12±0.17	0.41±3.49	0.33
RSA_{total} (s)	GBSdec	32.42±1.44	31.64±1.33 *	2.35±2.88	0.54
	GWSdec	32.08±1.62	31.90±1.18	0.43±3.50	0.11
Sdec (%)	GBSdec	3.01±0.83	4.42±1.71 *	-1.41±1.85	1.70
	GWSdec	5.74±1.06 †	4.21±2.22	1.53±2.72 †	1.44

Nota: GBRSA_{media} = grupo con mejor RSA_{media}; GWRSA_{media} = grupo con peor RSA_{media}; GBSdec = grupo con mejor Sdec; GWSdec = grupo con peor Sdec; SAR=sit-and-reach test; SJ = squat jump; CMJ = salto con contramovimiento; RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{media} = tiempo medio; RSA_{total} = tiempo total. Sdec=decrecimiento; Δ = porcentaje de cambio; ES = tamaño del efecto/magnitud calculado mediante la Cohen's *d*; * diferencias significativas entre pre-test y pos-test. † Diferencias significativas en pre-test y pos-test intragrupo; nivel de significación, * $p < 0.05$; † $p < 0.05$.

En la Figura 1 se muestra el tiempo en cada uno de 8 sprint que conforman el test RSA antes y después de la pretemporada mediante SSGs en el total de la muestra, el GBRSA_{media} y el GWRSA_{media}. El GBRSA_{media} no mejoró ninguno de los tiempos de sprint y el grupo total solo mejoró en uno de los sprints.

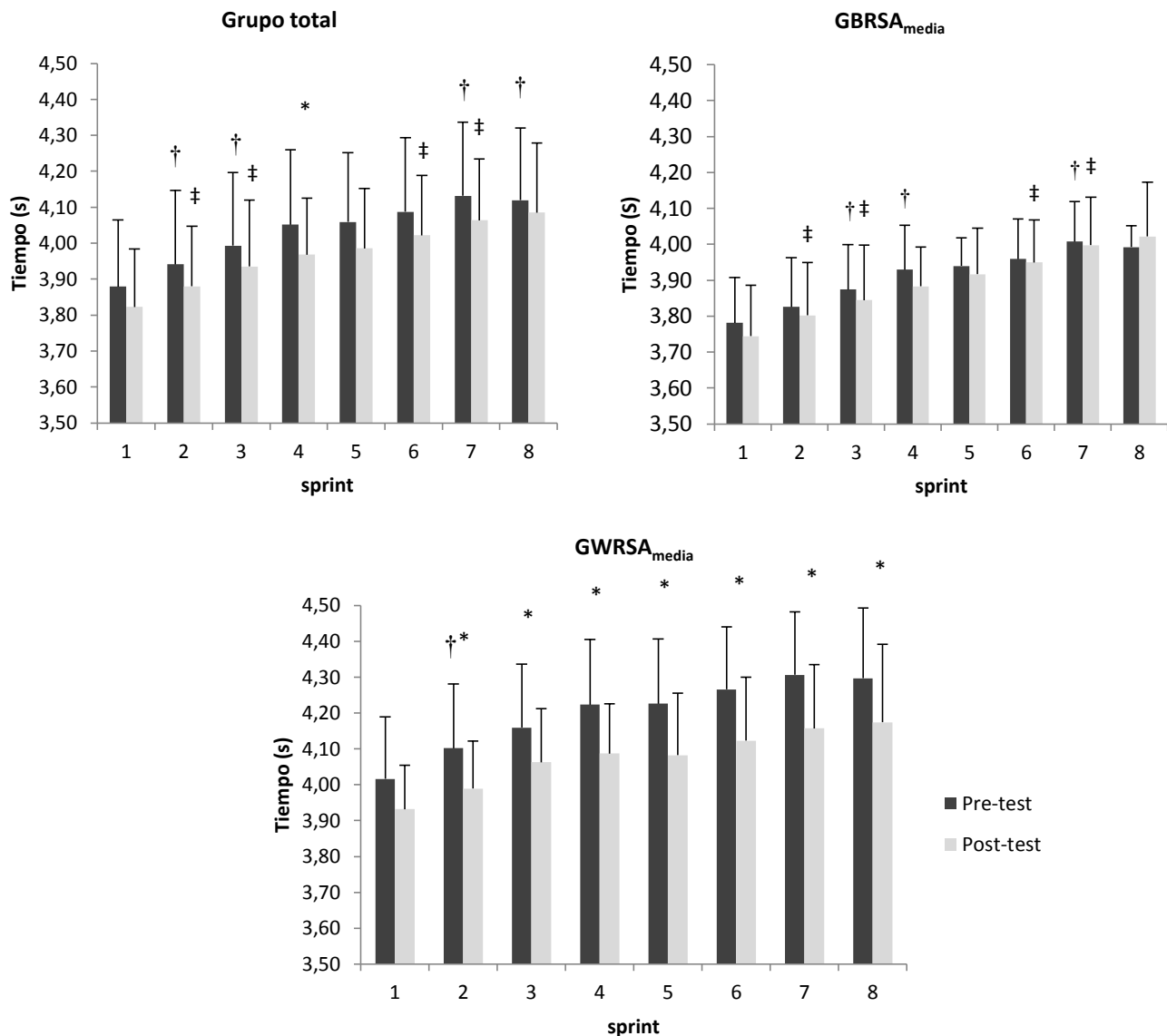


Figura 1. Resultados de cada uno de los 8 sprints en test RSA (8x30 m 25 s de recuperación activa) Pre y Post pretemporada mediante juegos reducidos en la muestra total, grupo con rendimiento peor en RSA_{media} (GWRSA_{media} RSA_{media} ≥ 4.03 s) y grupo con mejor rendimiento en RSA_{media} (GBRSA_{media}, RSA_{media} < 4.03 s). * Diferencias entre el pre y post entrenamiento * = $p < 0.05$; † Diferencias entre el sprint y el anterior en el pre-test † = $p < 0.05$; ‡ Diferencias entre el sprint y el anterior en el post-test ‡ = $p < 0.05$

Antes de la intervención no se obtuvieron correlaciones significativas entre la fuerza explosiva del tren inferior (CMJ and SJ) y el rendimiento en el test RSA (S_{dec} , RSA_{mejor}, RSA_{total} y RSA_{media}). Sin embargo después del periodo de intervención la correlación fue significativa entre CMJ con RSA_{mejor} ($r = 0.528$; $p = 0.008$) y con S_{dec} ($r=0.505$; $p=0.012$), por otra parte SJ se correlaciono significativamente con RSA_{mejor} ($r=0.4.61$; $p=0.023$) (Tabla 5).

Tabla 5. Correlaciones entre salto (CMJ and SJ) y test RSA (RSA_{mejor} , RSA_{media} , RSA_{total} y $Sdec$) (media $\pm SD$) en función del nivel de condición física.

<i>Sdec</i>	<i>Sdec < 4,26 (n=13)</i>				<i>Sdec ≥ 4,26 (n=11)</i>			
	CMJ		SJ		CMJ		SJ	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
RSA_{mejor} (s)	-0.150	-0.496	-0.549	-0.407	-0.023	-0.528 **	-0.197	-0.461 *
RSA_{media} (s)	-0.190	-0.419	-0.563 *	-0.333	-0.027	-0.322	-0.153	-0.321
RSA_{total} (s)	-0.190	-0.419	-0.563 *	-0.333	-0.027	-0.322	-0.153	-0.321
<i>Sdec</i> (%)	-0.199	0.227	-0.067	0.203	-0.240	0.505 *	0.161	0.358

RSA_{media}	$RSA_{media} < 4,03 (n=14)$				$RSA_{media} \geq 4,03 (n=10)$			
	CMJ		SJ		CMJ		SJ	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
RSA_{mejor} (s)	-0.054	-0.740 **	-0.213	-0.771 **	0.028	-0.159	-0.587	-0.119
RSA_{media} (s)	-0.134	-0.727 **	-0.353	-0.796 **	-0.080	-0.260	-0.454	0.161
RSA_{total} (s)	-0.134	-0.727 **	-0.353	-0.796 **	-0.080	-0.260	-0.454	0.161
<i>Sdec</i> (%)	-0.095	0.377	-0.089	0.317	-0.223	0.414	0.421	0.414

Nota: SJ = squat jump; CMJ = salto con contramovimiento; RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{media} = tiempo medio; RSA_{total} = tiempo total; *Sdec*: decrecimiento. * $p < 0.05$ y ** $p < 0.01$

Se obtiene una fuerte correlación entre el porcentaje de cambio en el rendimiento y los resultados obtenidos en la evaluación inicial. Hay una correlación significativa positiva ($r = 0,539$; $p = 0,007$) entre el porcentaje de cambio en RSA_{media} y el rendimiento en el pre-test del RSA_{media} , entre el porcentaje de cambio en el RSA_{total} y el rendimiento en el pre-test del RSA_{total} ($r = 0,537$; $p = 0,007$) y en el porcentaje de cambio en el *Sdec* y el rendimiento en el *Sdec* en el pre-test ($r = 0,708$; $p = 0,000$) (Figura 2).

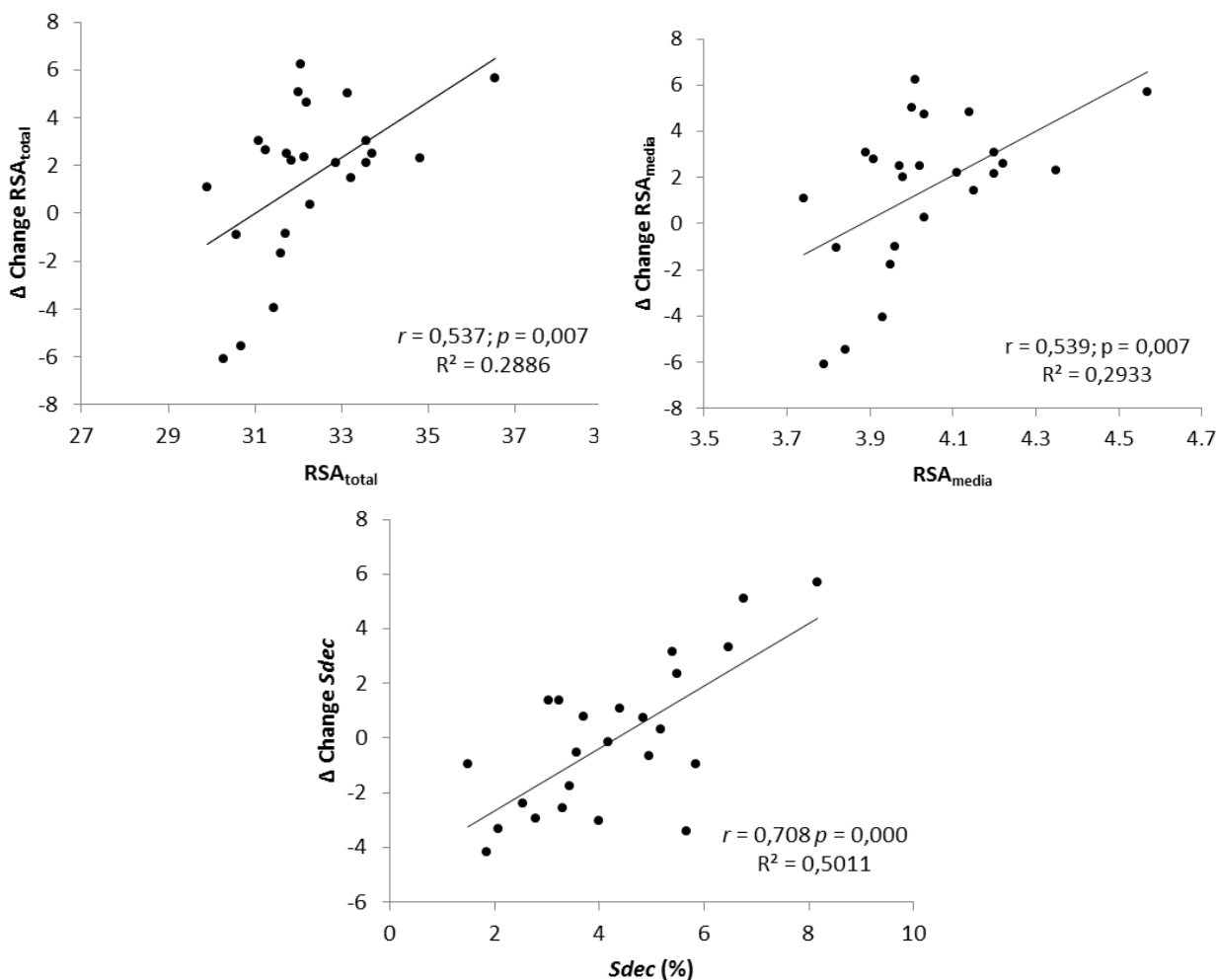


Figura 2. Relación entre el porcentaje de cambio (Δ) y el nivel inicial de rendimiento en el tiempo total (RSA_{total}), tiempo medio (RSA_{media}) y decrecimiento (*Sdec*) en un test RSA (8x30 m con 25 s recuperación) después de una pretemporada de 5 semanas mediante juegos reducidos. Coeficiente de correlación (*r*) con un límite de confianza 95 %.

DISCUSIÓN.

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de 5 semanas de pretemporada desarrolladas a través de SSGs, sobre la fuerza explosiva y el rendimiento en RSA de jugadores de fútbol amateurs, así como para definir la respuesta a este estímulo dependiendo de la condición física inicial del jugador, establecido en función del rendimiento alcanzado en un test RSA.

En la línea de estudios anteriores, los resultados muestran mejoras en el RSA como consecuencia de la participación en un programa de entrenamiento compuesto por tareas específicas del tipo SSGs (Impellizzeri et al., 2006; Owen et al., 2012). Aunque no se han obtenido modificaciones en el RSA_{mejor} y el índice de fatiga (*Sdec*), así como en la fuerza

explosiva evaluada a través del CMJ y el SJ, las mejoras en otras variables del test RSA (Rampinini et al., 2007) (RSA_{media} y RSA_{total}) permiten considerar el programa de entrenamiento con SSGs como una estrategia útil para la mejora de un factor tan significativo para el rendimiento del futbolista como es la capacidad para repetir sprints (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011).

Mejorar la capacidad para realizar desplazamientos a sprint es básico para el rendimiento de deportes de equipo (Girard et al., 2011). Aunque estas acciones de alta intensidad, representan solo un 2,8% del tipo total de partido, aparecen en los momentos decisivos del juego, y es un factor que sirve para categorizar a los jugadores en diferentes niveles (Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005). Mejorar la habilidad del jugador para repetir este tipo de acciones es clave, ya que condicionará el plan de juego del equipo y los resultados en competición (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008). Frente a otros estudios que han observado grandes resultados sobre la cualidad aeróbica y anaeróbica con la aplicación de series cortas de carrera realizadas a máxima intensidad (Dupont, Akakpo, et al., 2004), los resultados de este estudio demuestran que los trabajos con SSGs pueden ser una alternativa a los entrenamientos interválicos. Estudios previos ya observaron mejoras asociadas a una intervención con SSGs en pruebas específicas como el Yo-Yo Intermittent Recovery test Level 1 (Hill-Haas et al., 2009) el 30-15 test (Dellal, Varliette, Owen, Chirico, & Pialoux, 2012) o en el test RSA (Owen et al., 2012). Estas mejoras son posibles debido a que la carga provocada por los SSGs supone un stress fisiológico, que incidirá en aspectos importantes de la condición física del jugador (Impellizzeri et al., 2006). No obstante, los entrenadores deben ser conscientes de que no todas las formas de SSGs serán un estímulo suficiente para conseguir la mejora de ciertas cualidades físicas (S. Hill-Haas et al., 2011), pudiendo aumentar o disminuir la intensidad de las tareas y dirigir las hacia la intervención prioritaria de un sistema u otro de obtención de energía. En la línea de lo señalado en otros trabajos con jugadores de voleibol (Trajkovic et al., 2012) y con futbolistas (Faude et al., 2014), y al contrario de lo señalado en otros trabajos que utilizan series de carrera a alta intensidad como entrenamiento de pretemporada (Helgerud et al., 2001), el entrenamiento con SSGs no mejora la fuerza explosiva, ni el RSA_{mejor} en el test RSA. Para conseguir la mejora de los factores neuromusculares durante el periodo de pretemporada, se han aplicado con buenos resultados trabajos atléticos (e.g. 15 repeticiones de 15-s al 120% VO_2max), que complementen a las actividades técnico-tácticas (Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal, &

Wisloff, 2010). Sin embargo, una buena periodización basada exclusivamente en los SSGs también debería ser positiva, puesto que estas actividades solicitan grupos musculares específicos, en un régimen de contracción idéntico al de competición (Impellizzeri et al., 2006). Además con este tipo de tareas, se conseguirá un mayor aprovechamiento del tiempo en equipos amateurs (Thomas Little, 2009), mejorando a la vez los aspectos físicos y técnico-tácticos específicos (Impellizzeri et al., 2006), en un clima muy estimulante para el jugador, y simulando las condiciones de fatiga específicas del juego (Hill-Haas et al., 2009). Para conseguir reproducir esta realidad es fundamental que se combinen de forma correcta el tipo de ejercicio, las dimensiones del terreno de juego, la intervención del entrenador en la tarea y el número de jugadores (Rampinini, Bishop, Marcora, Ferrari Bravo, Sassi, & Impellizzeri, 2007).

La capacidad para repetir sprints de corta duración (≤ 10 segundos), con breves períodos de recuperación, está relacionada con una vía metabólica mixta (Pyne et al., 2008). Aunque la participación aeróbica durante un único sprint es limitada (8%) (Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks, 1993), cuando esos máximos sprints se repiten, la obtención de ATP mediante la vía aeróbica aumenta hasta un 40% del total de energía producida (Dupont et al., 2005; McGawley & Bishop, 2006). Por este motivo, y aunque no ha sido analizado en nuestro trabajo, la mejora de la resistencia aeróbica asociada a la participación en programas periodizados de SSGs (Impellizzeri et al., 2006), podría haber sido un factor influyente en la mejora del RSA (Tomlin & Wenger, 2001). Durante las series de esfuerzos intensos repetidos, un rápido ajuste del VO_2 facilita la contribución de la vía oxidativa al proceso de resíntesis energética, a la vez que limita la intervención de la glucólisis anaeróbica (Tomlin & Wenger, 2001) y minimiza el descenso de la concentración de PCr en el músculo (Dupont et al., 2005). Por otra parte, en la fase de recuperación el VO_2 se mantiene elevado para conseguir restablecer el equilibrio metabólico alterado durante el ejercicio de alta intensidad (Owen et al., 2012). Una mejora en la condición aeróbica del futbolista, facilitará la contribución de este metabolismo al proceso de resíntesis de fosfatos de alta energía (Dupont et al., 2005; Tomlin & Wenger, 2001)

La influencia del VO_{2max} sobre la recuperación de la PCr es muy significativa en sujetos con una potencia aeróbica media-baja (Alizadeh et al., 2010). Pero cuando los sujetos tienen una potencia aeróbica alta, la recuperación de los almacenes de PCr, y con ello el rendimiento en las acciones repetidas y de alta intensidad, depende en mayor grado de la concentración de enzimas glucolíticas (McDougall et al., 1998). La implicación de

diferentes factores sobre el rendimiento en una cualidad, puede ser la causa de la respuesta heterogénea encontrada en los jugadores de nuestro estudio. Esto mismo fue observado tras la aplicación de un entrenamiento que reúne estímulos genéricos (HIT) y específicos (SSGs), aplicado a una muestra de futbolistas que fue dividida en dos grupos según su umbral anaeróbico (Faude et al., 2014), quedando demostrado cuando se analiza el resultado obtenido en los 8 sprints que conforman el test RSA, antes y después de la aplicación del programa de entrenamiento, observándose que sólo los jugadores con peor RSA_{media} mejoran significativamente en 7 de los 8 sprints que conforman el test RSA.

A partir de los buenos resultados obtenidos en esta intervención, los entrenadores y preparadores físicos deben tener en consideración los SSGs necesitan tener condiciones específicas para impactar positivamente en la condición física de los jugadores (Hill Hass et al., 2011). Como se ha señalado en otros trabajos con jugadores de fútbol (Faude et al., 2014), y en contra de estudios que utilizaban carreras de alta intensidad como entrenamiento de pretemporada 5, el entrenamiento mediante SSGs, no mejora variables neuromusculares como la capacidad de salto vertical o el RSA_{mejor} .

Teniendo en cuenta las características individuales de cada sujeto y tomando como referencia el rendimiento en la variable RSA_{media} del test, si se divide al grupo en jugadores con peor (≥ 4.03 s) y mejor (< 4.03 s) RSA_{media} , a través del entrenamiento con SSGs no se han obtenido mejoras en todos los futbolistas. Para el $GWRSA_{media}$ el programa de entrenamiento ha supuesto un estímulo de entrenamiento eficaz, toda vez que han mejorado significativamente todos los parámetros absolutos del test RSA (RSA_{mejor} , RSA_{total} y RSA_{media}). Esto no se ha observado en $GBRSA_{media}$ ($RSA_{media} < 4,03$ s), puesto que no han mejorado ninguno de los indicadores estudiados tras la intervención con SSGs. La respuesta aguda durante la práctica de SSGs puede ser modificada en función del nivel de condición física, presentando un correlación significativa inversa ($r = -.88$) entre la intensidad durante la tarea y el VO_2max de jugadores de balonmano (Buchheit et al., 2009). La misma tarea podría significar una mayor intensidad en personas con peor condición física aeróbica, lo que justificaría que $GBRSA_{media}$ no hayan conseguido una buena adaptación al entrenamiento. Además, cuando el resultado obtenido en cada una de los ocho sprints de del test RSA es analizada individualmente antes y después de la aplicación del programa de entrenamiento, se nota que el $GWRSA_{media}$ ha mejorado significativamente en siete de los ocho sprints sin cambios en $GBRSA_{media}$.

En contraste con el presente estudio, Owen et al. (2012) encontraron mejoras significativas en *Sdec* utilizando SSGs, estos autores muestran que las mejoras en *Sdec* son posibles debido a un aumento en el $VO_2\text{max}$ (11%). Una mejora en RSA_{media} sin cambios en *Sdec* se define como una mejora del metabolismo anaeróbico (Ferrari bravo et al., 2008), es posible que nuestros jugadores hayan mejorado el metabolismo anaeróbico y ningún componente aeróbico.

Paradójicamente, cuando la consideración de los grupos se realiza en base al índice de fatiga, para el grupo de los peores ($Sdec \geq 4,26\%$) no existe mejora asociada a la participación en el programa de entrenamiento. El grupo con mejor *Sdec* ($< 4.26\%$), al contrario de lo observado en estudios precedentes donde se mejoran todas las variables del test RSA (Owen et al., 2012), obtiene mejoras significativas en las variables absolutas del test (RSA_{mejor} , RSA_{total} y RSA_{media}), pero no en el análisis del propio índice de fatiga, donde obtienen significativamente un peor rendimiento tras la intervención. Esto podría deberse a la relación que existe entre el RSA_{mejor} y *Sdec* aspecto que podría enmascarar la relación del índice de fatiga con el rendimiento (Mendez-Villanueva et al., 2008). Por otra parte, la heterogeneidad de resultados se explicaría como consecuencia de los indicadores seleccionados para determinar el rendimiento en el test RSA (Pyne et al., 2008), si bien la variable RSA_{media} y el índice de fatiga *Sdec* son considerados de gran validez y fiabilidad por diferentes autores (Glaister, Howatson, Pattison, & McInnes, 2008; Glaister, Stone, Stewart, Hughes, & Moir, 2004; Impellizzeri et al., 2008). Por último, el protocolo establecido para la evaluación del RSA ha sido descrito como influyente para describir el rendimiento en esta cualidad, la distancia seleccionada (30 m), el número de repeticiones ($n = 8$), la duración de la recuperación (25 s), el tipo de pausa (activa) y el modo de ejercicio (carrera), se ajusta a lo considerado como válido en otros trabajos (Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008).

La variedad de los resultados puede ser una consecuencia de los indicadores seleccionados para determinar el rendimiento en el test RSA (Pyne et al., 2008). Aunque RSA_{media} y *Sdec* son considerados con gran validez, (Impellizzeri et al., 2008; MacDougall et al., 1998) en nuestro estudio, se comportan en función del nivel del grupo. También pueden influir en los resultados la relación entre el índice de fatiga y el RSA_{mejor} e incluso podría afectar a su relación con el rendimiento (Mendez-Villanueva et al., 2008). Además, el protocolo empleado para la evaluación de la capacidad de repetir sprints, ha sido considerado como determinante (Pyne et al., 2008). En nuestro caso, la distancia (30 m),

repeticiones ($n = 8$), el tiempo de recuperación y el tipo (activos 25 s), y el modo de ejercicio (correr) son similares a los encontrados en otros estudios (Chaouachi et al., 2010). La participación de diferentes factores en el rendimiento en una calidad compleja tal como RSA también pueden afectar a la respuesta a la carga de entrenamiento, como se observó después de la aplicación de un entrenamiento genérico (interválico de alta intensidad) y el entrenamiento específico (SSGs) aplicado a una muestra de jugadores dividido en dos grupos de acuerdo a su umbral anaeróbico (Faude et al., 2014).

Algunas de las principales limitaciones de este trabajo hacen referencia a la no realización de test o pruebas de la condición aeróbica que nos podrían haber informado acerca del sistema (aeróbico o anaeróbico) sobre el cual se han obtenido las adaptaciones. La ausencia de un grupo control debilita los resultados obtenidos, ya que podría argumentarse que las mejoras en la condición física, pueden deberse al entrenamiento propio de pretemporada debido al bajo nivel inicial de los jugadores, tras regresar del periodo de transición, sin embargo, el 80% del total del entrenamiento fue realizado mediante SSGs.

La respuesta a una carga de entrenamiento en función del nivel de condición física del jugadores debe ser considerada en jugadores que se recuperan de un lesión, en aquellos que regularmente son suplentes, en los que se pierden parte del período de preparación, en los que participaron en torneos con selecciones nacionales, y como es el caso del fútbol amateur, en aquellos que regresan al entrenamiento tras un largo período de vacaciones (Faude et al., 2014).

Aunque el entrenamiento específico a través de SSGs es una práctica común entre los entrenadores de fútbol, no es común que el entrenamiento de pretemporada se desarrolle por medio de estas tareas exclusivamente. Basándonos en nuestros resultados, se podría concluir que el entrenamiento de pretemporada diseñado, puede ser una estrategia de entrenamiento útil para aquellos jugadores que tienen un bajo nivel de rendimiento en RSA ($RSA_{media} \geq 4.03$ s), mientras que para jugadores con mayor nivel de rendimiento en esta capacidad ($RSA_{media} < 4.03$ s) puede resultar un medio de entrenamiento no tan estimulante. Es posible que los jugadores necesiten un trabajo adicional durante la pretemporada para mejorar la fuerza explosiva y la velocidad, o diseñar tareas que reproduzcan mejor los estímulos necesarios para optimizar esta capacidad. En cualquier caso, el control de la respuesta aguda de los jugadores tiene una alta relevancia, con el fin de cuantificar la carga en los futbolistas para detectar su influencia en los procesos de

adaptación fisiológica. Se necesitan más estudios para examinar los resultados de un programa con SSGs en jugadores con diferentes niveles de aptitud.

CONCLUSIONES.

En la evaluación de estrategias de entrenamiento, como los juegos reducidos, deben tenerse en cuenta que la respuesta a una programación variará en función de nivel del nivel de condición física de los miembros del grupo o equipo.

El entrenamiento de pretemporada realizado mediante juegos reducidos se ha mostrado útil para mejorar el rendimiento en la capacidad de repetir sprints, determinado mediante valores absolutos, en aquellos futbolistas con un bajo nivel de rendimiento en RSA.

BIBLIOGRAFIA.

- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674.
- Billaut, F., Basset, F. A., & Falgairette, G. (2005). Muscle coordination changes during intermittent cycling sprints. *Neurosci Lett*, 380(3), 265-269.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Buchheit, M., Lepretre, P. M., Behaegel, A. L., Millet, G. P., Cuvelier, G., & Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *J Sci Med Sport*, 12(3), 399-405.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- Dellal, A., Drust, B., & Lago-Penas, C. (2012). Variation of activity demands in small-sided soccer games. *Int J Sports Med*, 33(5), 370-375.
- Dellal, A., Varliette, C., Owen, A., Chirico, E. N., & Pialoux, V. (2012). Small-sided games versus interval training in amateur soccer players: effects on the aerobic capacity and the ability to perform intermittent exercises with changes of direction. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2712-2720.
- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., & Reilly, T. (2005). Circadian rhythms in sports performance--an update. *Chronobiol Int*, 22(1), 21-44.
- Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res*, 18(3), 584-589.

- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, *95*(1), 27-34.
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S., & Berthoin, S. (2004). Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(2), 302-308.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(11), 1975-1982.
- Faude, O., Steffen, A., Kellmann, M., & Meyer, T. (2014). The Effect of Short-Term Interval Training During the Competitive Season on Physical Fitness and Signs of Fatigue: A Cross-Over Trial in High-Level Youth Football Players. *Int J Sports Physiol Perform*, *9*(6), 936-944.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, *29*(8), 668-674.
- Fitzsimmons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson, A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, *25*(4), 82-87.
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *J Strength Cond Res*, *22*(2), 543-552.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, *75*(2), 712-719.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, *41*(8), 673-694.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, *35*(9), 757-777.
- Glaister, M., Howatson, G., Pattison, J. R., & McInnes, G. (2008). The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. *J Strength Cond Res*, *22*(5), 1597-1601.
- Glaister, M., Stone, M. H., Stewart, A. M., Hughes, M., & Moir, G. L. (2004). The reliability and validity of fatigue measures during short-duration maximal-intensity intermittent cycling. *J Strength Cond Res*, *18*(3), 459-462.
- Hautier, C. A., Arsac, L. M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(4), 839-843.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(11), 1925-1931.
- Hill-Haas, S., Dawson, B., Impellizzeri, F., & Coutts, A. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Med*, *41*(3), 199-220.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Dawson, B. T., & Rowsell, G. J. (2010). Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes. *J Strength Cond Res*, *24*(8), 2149-2156.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Rowsell, G. J., & Dawson, B. T. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med*, *30*(9), 636-642.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, *36*(3), 218-221.

- laia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., laia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Katis, A., & Kellis, E. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *J Sports Sci Med*, 8(3), 374-380.
- Little, T. (2009). Optimizing the Use of Soccer Drills for Physiological Development. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 67-74
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(1), 76-78.
- MacDougall, J. D., Hicks, A. L., MacDonald, J. R., McKelvie, R. S., Green, H. J., & Smith, K. M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol* (1985), 84(6), 2138-2142.
- McGawley, K., & Bishop, D. (2006). Reliability of a 5 x 6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*, 98(4), 383-393.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, 103(4), 411-419.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*, 23(6), 593-599.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 137-149.
- Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.
- Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K., & Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 109(6), 1027-1036.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- 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. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024.

- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci*, 25(6), 659-666.
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res*, 18(4), 918-920.
- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C., Dascombe, B., & Bishop, D. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. *Eur J Appl Physiol*, 103(5), 545-552. z
- Stone, N. M., & Kilding, A. E. (2009). Aerobic conditioning for team sport athletes. *Sports Med*, 39(8), 615-642.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Trajkovic, N., Milanovic, Z., Sporis, G., Milic, V., & Stankovic, R. (2012). The effects of 6 weeks of preseason skill-based conditioning on physical performance in male volleyball players. *J Strength Cond Res*, 26(6), 1475-1480.
- Trehearn, T. L., & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *J Strength Cond Res*, 23(1), 158-162.
- Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(3), 653-660.

5.8 EFECTOS DE DOS TIPOS DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN LA CAPACIDAD PARA REPETIR SPRINTS (RSA) DURANTE UNA PRETEMPORADA EN FÚTBOL.

Resumen: El trabajo de pretemporada persigue mejorar el rendimiento del futbolista tanto en lo referente a la capacidad para realizar esfuerzos máximos como a su capacidad aeróbica y de recuperación. El objetivo de este estudio fue comparar durante una pretemporada los efectos de 2 programas de entrenamiento interválicos con series de diferente duración en la capacidad de repetir sprints (RSA). Diecinueve jugadores de fútbol con valores medios \pm SD de 20.9 ± 1.6 años de edad; 68.8 ± 5.1 Kg de peso; 176.1 ± 5.1 cm de altura; y $9.6 \pm 2.4\%$ de grasa fueron asignados al azar al grupo de Speed Endurance Training (SET) para realizar 2×10 min con 10, 15 y 20 s al 100% con 30, 45 y 60 s de recuperación ($n = 9$), o al grupo High Interval Training (HIT) para realizar 4×4 min al 95% HRmax ($n = 10$). Un test RSA de 8×30 m con 25 s de recuperación activa fue realizado pre y post de la intervención (10 sesiones de entrenamiento) junto con un Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 1 en la evaluación inicial. Tanto SET como HIT ven incrementado su rendimiento de forma significativa ($p < 0.05$) en RSA_{mejor} (3.1% y 3.6% respectivamente) y muy significativamente ($p < 0.01$) en RSA_{media} (3.0% y 3.9%) y RSA_{total} (3.1% y 4.1%), pero sin cambios significativos en los índices de fatiga (Sdec y Change). Estos resultados demuestran que tanto la intervención SET como HIT se han mostrado útiles para aumentar el rendimiento en algunas de las variables determinantes en el test RSA, durante el periodo de pretemporada.

Palabras clave: Fatiga, resistencia a la velocidad, entrenamiento interválico de alta intensidad, pretemporada, fútbol.

INTRODUCCIÓN.

Existen numerosos trabajos que se han ocupado del análisis de las demandas físicas del fútbol (Bradley, Carling, Gomez Diaz, Hood, Barnes, Ade, Boddy, Krustup, & Mohr, 2013; Di Salvo, Baron, Tschan, Calderón Montero, Bachl, & Pigozzi, 2007) y del estudio de los métodos que mejoran la condición física del jugador (Ferrari Bravo, Impellizzeri, Rampinini, Castagna, Bishop, & Wisloff, 2008; McMillan, Helgerud, Macdonald, & Hoff, 2005; Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003; Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). El fútbol es un deporte predominantemente aeróbico (Stolen et al., 2005), donde el 90% de la energía es facilitada por este metabolismo (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002), sin

embargo la existencia de sprints y esfuerzos de alta intensidad dan relevancia a la vía anaeróbica (Sporis, Ruzic, & Leko, 2008). Muchos de estos esfuerzos preceden a las situaciones decisivas del juego (Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005; Oliver, Armstrong, & Williams, 2007), de manera que la capacidad para repetirlos sin perder eficacia, es clave para que el jugador tenga éxito en la competición (Paton, Hopkins, & Vollebregt, 2001).

El entrenamiento de la resistencia aeróbica parece ser un factor imprescindible para el rendimiento del futbolista (Faude, Koch, & Meyer, 2012), sin olvidar que los ejercicios de velocidad deben ocupar tiempo en la preparación del jugador (Little & Williams, 2005). La literatura actual no determina qué estrategia es la más idónea para mejorar esta doble dimensión, puesto que se han analizado intervenciones basadas en *small-sided games* (Chamari et al., 2005; Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2009; McMillan et al., 2005), programas de fuerza explosiva (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010) y protocolos genéricos sin balón (Dupont, Akakpo, & Berthoin, 2004; Edge, Bishop, Goodman, & Dawson, 2005; Ferrari Bravo et al., 2008; Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, Castagna, Bizzini, & Wisloff, 2008; Sporis et al., 2008), concretamente se han analizado diferentes protocolos basados en entrenamientos de alta intensidad en el fútbol (Iaia, Rampinini & Bangsbo, 2009) tanto en el periodo de pretemporada (Faude, Schnittker, Schulte-Zurhausen, Muller, & Meyer, 2013) durante la propia competición (Dupont, et al., 2004) e incluso en el periodo de transición (Slettalokken & Ronnestad, 2014), tanto en hombres (Ingebrigtsen, Shalfawi, Tonnessen, Krustup, & Holtermann, 2013) como en mujeres (Bishop, Edge, Thomas, & Mercier, 2008), obteniendo que este tipo de entrenamiento obtiene mejoras en $VO_2\max$ (Helgerud, Hoydal, Wang, Karlsen, Berg, Bjerkaas, Simonsen, Helgesen, Hjorth, Bach, Hoff, 2007), la resistencia anaeróbica (Sporis, Ruzic, & Leko, 2008) sin modificaciones en el RSA (Ferrari Bravo et al., 2008).

El carácter acíclico del fútbol obliga al jugador a prepararse para realizar diversos esfuerzos que se repiten en el tiempo de partido (Dupont et al., 2004), normalmente con la exigencia de ser ejecutados con una intensidad máxima (Weston, Batterham, Castagna, Portas, Barnes, Harley, & Lovell, 2011). La capacidad para repetir acciones de alta intensidad, combinadas con otras actividades de recuperación se denomina *repeat-sprint ability* (RSA) (Mujika, Santisteban, Impellizzeri, & Castagna, 2009). Esta es una capacidad

compleja, determinante del éxito en deportes de equipo (Oliver et al., 2007), y que puede ser utilizada como indicador del nivel del futbolista (Bradley, Sheldon, Wooster, Olsen, Boanas, & Krusturup, 2009).

Los mecanismos responsables del rendimiento en RSA están asociados con la excitabilidad muscular (Perrey, Racinais, Saimouaa, & Girard, 2010), por limitaciones en el aporte energético y acumulación de metabolitos (Spencer, Dawson, Goodman, Dascombe, & Bishop, 2008) así como por factores neurales, relacionados con la transmisión de estímulos (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2008) y el reclutamiento de fibras musculares (Billaut, Basset, & Falgairette, 2005). La repetición de esfuerzos breves pero muy intensos durante el juego también depende de la capacidad de recuperación (Dupont et al., 2005), por lo que es conveniente incidir en la mejora del $VO_2\text{max}$ (Helgerud et al., 2001; Tomlin & Wenger, 2001) debido a la relación obtenida por algunos estudios entre estos parámetros (Bishop & Edge, 2006; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010). Además las condiciones ambientales pueden influir en el rendimiento (Ball, Burrows, & Sargeant, 1999). Estos elementos implicados en la fatiga del RSA, pueden ser mejorados a través de carreras sin balón, realizadas a alta intensidad implicando al metabolismo aeróbico o anaeróbico (Dupont et al., 2005). Según la duración de los intervalos hablamos de trabajos corta duración o "*Speed-Endurance Training*" y de trabajos de larga duración o "*Aerobic High -Intensity Training*" (Iaia et al., 2009).

Los test de campo RSA empleados para la evaluación de la resistencia específica del futbolista han mostrado un gran validez y fiabilidad (Psotta, Blahus, Cochrane, & Martin, 2005; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000), junto a una alta reproducibilidad y sensibilidad (Krusturup, Mohr, Amstrup, Rysgaard, Johansen, Steensberg, Pedersen, & Bangsbo, 2003). Este test además de ser un ejercicio de entrenamiento ideal para el futbolista (Dupont et al., 2005), permitiría predecir su rendimiento en competición, al mostrarse una alta relación entre el tiempo total invertido en realizarlo y la distancia recorrida a alta intensidad durante un partido (Mohr et al., 2003; Rampinini, Bishop, Marcora, Ferrari Bravo, Sassi, & Impellizzeri, 2007). Los test RSA se basan en la ejecución de desplazamientos cortos (<40 m), que se repiten un número de veces (entre 8-10 repeticiones como máximo), intercalando una recuperación activa o pasiva (entre 20-30 segundos) (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). El rendimiento se determina mediante valores como el mejor tiempo en un sprint (Impellizzeri, Rampinini, Castagna, Bishop, Ferrari Bravo, Tibaudi, &

Wisloff, 2008), la suma de tiempo invertido en realizar los sprints (Chaouachi, Manzi, Wong del, Chaalali, Laurencelle, Chamari, & Castagna, 2010; Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008) y el tiempo medio de los sprints realizados (Impellizzeri et al., 2008). Además se utilizan índices de fatiga como son el *Sdec* (porcentaje de decrecimiento) (Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005) y el *Change* (diferencia entre primer y último sprint) (Pyne et al., 2008).

El fútbol moderno es físicamente exigente y los futbolistas necesitan una buena aptitud para hacer frente a la diversidad de acciones integradas en el juego (Iaia et al., 2009). La pretemporada es el período en el que más énfasis se pone en mejorar la aptitud física del jugador (Dupont et al., 2004). Para conseguirlo habitualmente se utilizan entrenamientos basados en el volumen, con alto predominio aeróbico que sólo podrá contribuir a pequeñas mejoras en la resistencia específica del futbolista (Sporis et al., 2008). Los entrenamientos basados en la alta intensidad podrían mejorar de forma rápida la capacidad RSA de los jugadores, con lo que ello supondría para la mejora del rendimiento.

El objetivo de este estudio ha sido analizar el efecto sobre el rendimiento en la capacidad para repetir sprints (RSA), de dos protocolos de entrenamiento interválico, uno intensivo de corta duración ó "*Speed Endurance Training*" (SET) y otro aeróbico de alta intensidad ó "*High Interval Training*" (HIT), realizados durante el período de pretemporada en un equipo de jóvenes futbolistas. Nuestra hipótesis es que ambas modalidades de entrenamiento deberían provocar mejoras en el RSA de los jugadores de fútbol, puesto que esta es una cualidad resultante en la que influyen factores de tipo aeróbico y anaeróbico que serán reforzados con cada tipo de entrenamiento realizado. No obstante, el grupo SET debería mejorar más en variables que se han vinculado al ámbito anaeróbico (tiempo en realizar sprints y tiempo total en realizar los sprints), mientras el grupo HIT debería mejorar en los índices de fatiga por su mayor relación con la vía aeróbica.

MATERIAL Y MÉTODO.

Sujetos.

Diecinueve de veinticinco futbolistas cumplieron los criterios de inclusión establecidos para participar en el estudio: Asistir al 90% de las sesiones de entrenamiento y alcanzar valores máximos en los test utilizados para medir el rendimiento. Fueron distribuidos al azar en dos grupos: SET (n=9) con valores medios \pm SD de 21.1 \pm 2.0 años de edad; 66.6 \pm 4.4 kg de

peso; 173.6 ± 3.8 cm de altura; y 8.6 ± 7.7 % de grasa, e HIT (n=10) con 20.8 ± 1.1 años; 70.9 ± 5.1 kg; 178.4 ± 5.2 cm; y 10.5 ± 2.7 % de grasa, respectivamente.

Todos los jugadores fueron informados del diseño de investigación y de sus requerimientos, beneficios y riesgos, aportando todos los participantes el consentimiento informado antes de la realización del mismo. El diseño del estudio y su desarrollo se realizó respetando las recomendaciones éticas de la Declaración de Helsinki.

Protocolos de entrenamiento.

Los programas de entrenamiento SET e HIT se han aplicado con futbolistas durante las 6 semanas que duraba su período de preparación. Cada grupo realizó 10 entrenamientos con ejercicios de carrera de alta intensidad: 1 sesión en el primer y sexto microciclo, y 2 sesiones en cada una de las restantes semanas. Ambos protocolos se realizaban como parte de la sesión (90 min), justo después de un calentamiento específico de 15 minutos, y antes del trabajo técnico-táctico, común para ambos grupos.

El entrenamiento del grupo SET consistió en la realización de 2 series de 10 minutos, realizando carreras de 10, 15 y 20 segundos al 100% de la frecuencia cardiaca máxima (HRmax) seguidas de una recuperación de entre esfuerzos de 30, 45 y 60 segundos (60-70% de la HRmax), todo ello hasta completar el tiempo de cada serie; al finalizar los primeros 10 minutos de trabajo el jugador recuperaba 4 minutos en carrera al 60-70% de la HRmax. Por su parte los jugadores del grupo HIT realizaban 4 series de 4 minutos de carrera al 90% de la HRmax; la recuperación entre intervalos de esfuerzo fue de 3 minutos, corriendo al 60-70% de la HRmax.

Las carreras de alta intensidad se realizaron con el calzado y equipación habitual del futbolista, dentro de un campo de fútbol de hierba artificial. La intensidad de los ejercicios fue controlada a través de pulsómetros Polar® RS400 (Polar® Electro Oy, Finland) que monitorizaban la frecuencia cardíaca individual (Helgerud et al., 2001). Los jugadores debían ajustar su ritmo de desplazamiento y la recuperación al porcentaje de la HRmax establecido para cada método y para cada sujeto. La HRmax individual fue obtenida con el "Yo-Yo Intermittent Recovery test level 1" (Yo-Yo IR1) realizado a los jugadores 2 días antes de la primera sesión de la intervención correspondiente.

Antes del *Yo-Yo Intermittent Recovery test level 1*, en una sala habilitada para la toma de medidas antropométricas, se registró el peso, talla y 6 pliegues cutáneos (Harpender® John Bull, British Indicators Ltd, Inglaterra; precisión de 0,2 mm y presión constante de 10 g/mm²). En esta sesión se obtuvo el porcentaje (%) de grasa corporal estimada según la ecuación de Yuhasz (1974), donde % grasa = 0,1051 x sumX + 2,585 (sumX = tricipital, subescapular, ilíaco, abdominal, muslo y pierna) de cada futbolista.

Yo-Yo Intermittent Recovery test level 1.

El test Yo-Yo IR1 es una prueba desarrollada a una intensidad progresivamente creciente hasta la fatiga y de carácter intermitente que consiste en realizar carreras de ida y vuelta (2x20 m) con un aumento progresivo de la velocidad, controlada por los pitidos de audio grabados en un CD y amplificadas por unos altavoces Sony ENG203®. Entre cada una de las carreras los sujetos disponen de un descanso activo de 10 s que consta de 2x5 m caminando. El test finaliza cuando los sujetos no pueden mantener la velocidad requerida o bien cuando por dos veces consecutivas no logran llegar a la meta (Krustrup et al., 2003). Durante la realización del test los jugadores portaban un pulsómetro (Polar® Team System-2 (Finland)) para registrar su frecuencia cardiaca. La información recogida por la banda podía verse en todo momento en un ordenador portátil (Ordenador Acer® TravelMater 5720) con el software específico Polar-Team2. La frecuencia cardiaca (HR), el palier y la distancia total recorrida fueron registrados. El VO₂max (ml·kg⁻¹·min⁻¹) fue determinado por la fórmula Yo-Yo IR1: distancia (m) x 0.0084+36.4 (Bangsbo, Iaia, & Krustrup, 2008).

Capacidad de repetir sprints.

Después de un calentamiento estandarizado de 12 minutos (carrera de baja intensidad, movilidad articular y 2 sprints de 30-m realizados a intensidad submáxima) los jugadores realizaban un test RSA consistente en 8 sprint de 30 m a máxima velocidad, saliendo desde 0.5 m antes (Chaouachi et al., 2010) de la primera fotocélula (DSD Láser System®, con software Sport Test (v3.2.1)), con 25 s de recuperación activa entre cada sprint, siendo este realizado con la indumentaria y en el campo habitual de entrenamiento. Los indicadores de rendimiento en esta prueba se consiguen por medio del registro del mejor tiempo de sprint (RSA_{mejor}), el peor tiempo (RSA_{peor}), la suma de tiempo empleado en realizar los 8 sprints (RSA_{total}) y el tiempo medio correspondiente a los 8 sprints (RSA_{media}).

Como índices de fatiga asociados con la capacidad de repetir esfuerzos máximos se calcularon el índice de decrecimiento (*Sdec*) (Spencer et al., 2005) determinado con la ecuación:

$$RSA_{Sdec} = \left(\left(\frac{RSA_{total}}{RSA_{mejor} \times 8} \right) \times 100 \right) - 100$$

También se utilizó como índice de fatiga el *Change* (Pyne et al., 2008) que relaciona el tiempo entre el primer y último sprint por medio de la siguiente ecuación:

$$RSA_{change} = \left(\frac{RSA_{ultimo} - RSA_{primero}}{RSA_{primero}} \right) \times 100$$

Análisis estadístico.

Antes de usar los test paramétricos, la condición de normalidad fue verificada utilizando Shapiro–Wilk *W*-test. Se hallaron la media y desviación estándar ($\pm SD$) para cada una de las variables analizadas. Las diferencias ente el grupo SET e HIT tanto antes como después de la pretemporada fueron analizadas mediante la prueba T Student para muestras independientes con un intervalo de confianza del 95%, para comparar los resultados de la evaluación inicial, pretendiendo constatar la igualdad de los dos grupos al inicio del trabajo. Se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas en cada uno de los grupos para determinar los efectos de los programas de entrenamiento. Se estableció un nivel de significación de $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó usando el Paquete Estadístico para las ciencias Sociales (SPSS para Windows v.17.0, SPSS, Inc., Chicago, IL. USA).

RESULTADOS.

El test de Shapiro–Wilk *W*-test indica que se debe aceptar la normalidad de la muestra, para las variables estudiadas, puesto que en todos los casos se obtuvo una $p > 0,05$. La prueba T Student revelo que no existían diferencias significativas entre grupos en ninguna de las variables analizadas en el Yo-Yo IR1 (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios y desviación estándar ($\pm SD$) en el test Yo-Yo IR1 en los grupos “Speed Endurance Training” (SET) y “High Interval Training” (HIT).

	SET (n=9)	HIT (n=10)
HRmax (ppm)	189.6 \pm 4.4	192.2 \pm 6.2
Distancia Recorrida (m)	1.940.0 \pm 318.4	1.768.0 \pm 388.6
Paliers completados (nº)	18.6 \pm 1.0	18.0 \pm 1.2
VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	52.3 \pm 2.6	51.2 \pm 3.3

HRmax = frecuencia cardíaca máxima. *Diferencias significativas entre grupos. Niveles de significación* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Los resultados obtenidos por cada uno de los grupos en el test RSA pre y post de la intervención se muestran en la Tabla 2. Los análisis estadístico descriptivos revelan que tanto SET como HIT ven incrementado su rendimiento de forma significativa ($p < 0.05$) en RSA_{mejor} (3.12% y 3.59% respectivamente) y muy significativamente ($p < 0.01$) en RSA_{media} (3.00% y 3.91%) y RSA_{total} (3.12% y 4.08%). A pesar de no obtener diferencias significativas en los índices de fatiga (*Sdec* y *Change*) se puede observar como el grupo SET empeora ambos índices tras la intervención, mientras que el grupo HIT los mejora.

El tiempo empleado por cada grupo (SET e HIT) pre y post de una intervención de 6 semanas en el periodo precompetitivo, en cada uno de los 8 sprints que conforman el test RSA es comparado en la Figura 1. El grupo SET mejora el tiempo de sprint de forma significativa en las 6 primeras repeticiones, mientras que el grupo HIT obtiene una mejora en los 8 esfuerzos que conforman la prueba de sprints repetidos utilizada en el estudio.

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar ($\pm SD$) en las variables analizadas en el test RSA pre y post de seis semanas de pretemporada en los grupos “Speed Endurance Training” (SET) y “High Interval Training” (HIT).

	SET (n=9)		HIT (n=10)	
	Pre	Post	Pre	Post
RSA _{mejor} (s)	4.17 \pm 0.16	4.04 \pm 0.19 *	4.18 \pm 0.18	4.03 \pm 0.16 *
RSA _{media} (s)	4.33 \pm 0.18	4.20 \pm 0.18 **	4.35 \pm 0.19	4.18 \pm 0.16 **
RSA _{total} (s)	34.65 \pm 1.42	33.57 \pm 1.43 **	34.83 \pm 1.53	33.41 \pm 1.29 **
RSA _{peor} (s)	4.48 \pm 0.23	4.35 \pm 0.21	4.51 \pm 0.21	4.32 \pm 0.19 *
Sdec (%)	3.91 \pm 2.92	3.98 \pm 2.66	4.10 \pm 1.25	3.70 \pm 2.39
Change (%)	7.53 \pm 5.94	7.87 \pm 4.16	7.80 \pm 1.83	7.32 \pm 4.66

* Diferencias significativas entre Pre y Post intervención en cada grupo. Niveles de significación* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

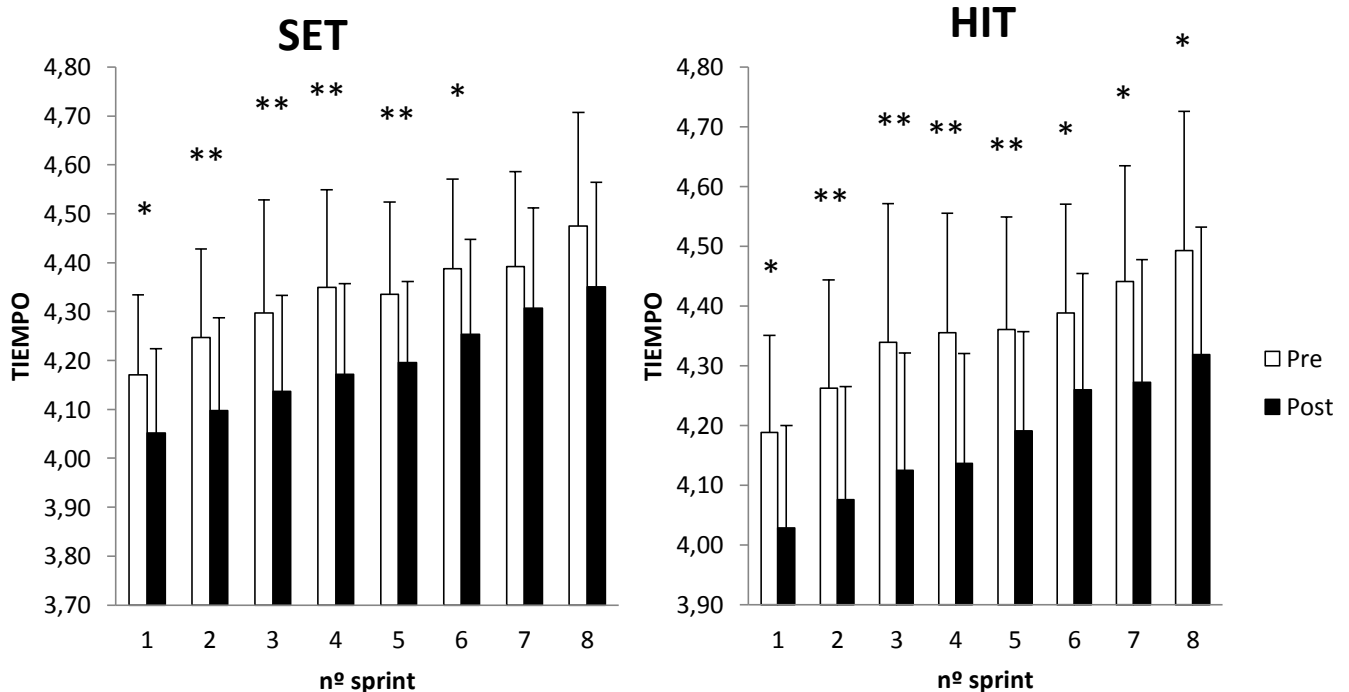


Figura 1. Tiempo empleado en cada sprint en un test RSA 8x30 m con 25 s de recuperación activa pre y post intervención de “*Speed endurance training*” (SET) y “*High interval training*” (HIT). Diferencias significativas entre pre y post en cada uno de los sprints. Niveles de significatividad *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$

DISCUSIÓN.

El estudio del RSA está recibiendo una considerable atención por parte de los investigadores y profesionales del deporte, interesados en la cuantificación de este aspecto en los deportes colectivos (Billaut & Bishop, 2009; Dupont et al., 2005; Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009; Pyne et al., 2008; Spencer, Pyne, Santisteban, & Mujika, 2011) debido a que es considerado un factor de rendimiento (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011) y un importante indicador del nivel de condición física en disciplinas como el fútbol (Rampinini et al., 2007; Stolen et al., 2005). La capacidad para realizar esfuerzos a alta intensidad guarda una estrecha relación con el nivel competitivo del jugador (Dupont et al., 2005), por lo que gran parte del interés en el ámbito del entrenamiento se ha centrado en descubrir qué protocolos pueden resultar más eficaces para mejorar el rendimiento del futbolista en relación a esta capacidad (Ferrari Bravo et al., 2008; Impellizzeri et al., 2008). Así se ha estudiado la eficacia de entrenamientos de fuerza explosiva (Buchheit et al., 2010), se han comparado protocolos genéricos con específicos (Hill-Haas et al., 2009), métodos interválicos aeróbicos de alta intensidad y trabajos basados en los sprints repetidos (Ferrari Bravo et al., 2008), e incluso evaluando

estrategias de suplementación ergogénica basadas en la ingesta de cafeína (Carr, Dawson, Schneiker, Goodman, & Lay, 2008), creatina (Preen Preen, Dawson, Goodman, Lawrence, Beilby, & Ching, 2002) o beta-alanina (Sweeney, Wright, Glenn Brice, & Doberstein, 2010). La utilidad de estas intervenciones se ha podido comprobar con la aplicación de test *RSA*, que en su mayoría son pruebas de campo que utilizan fotocélulas para registrar el tiempo invertido en realizar múltiples sprints, quedando el rendimiento determinado por una disminución en el tiempo empleado en realizar los sprints (Mendez-Villanueva et al., 2008).

Los resultados de nuestro estudio muestran una mejora significativa en los parámetros descriptores del test *RSA* en ambos grupos, alcanzándose valores en los indicadores de rendimiento absolutos ($RSA_{\text{mejor}} 4.17 \pm 0.17$ s; $RSA_{\text{media}} 4.34 \pm 0.41$ s; $RSA_{\text{total}} 34.74 \pm 0.33$ s) cercanos a los obtenidos en otros estudios anteriores (Chaouachi et al., 2010; Faude et al., 2013) que utilizaron protocolos similares con sujetos de semejantes características. Por otra parte los índices de fatiga obtenidos por nuestros sujetos ($4,01 \pm 2.14\%$ *Sdec* y $6.03 \pm 0.71\%$ *Change*) son más elevados que los obtenidos por estudios anteriores ($3.8 \pm 2.14\%$ *Sdec* y $6.03 \pm 0.7\%$ *Change*) (Pyne et al., 2008). Estas diferencias podrían estar influidas por el tipo de protocolo utilizado (Thebault, Leger, & Passelergue, 2011), en concreto por el mayor número de repeticiones empleadas en nuestro test *RSA* (8 vs. 7 sprints), además del diferente nivel de $VO_2\text{max}$ de los jugadores. Los datos obtenidos por los futbolistas en el Yo-Yo IR1 (1824.4 ± 351.2 m) son menores que los obtenidos por estudios anteriores con jugadores de edad similar (Chaouachi et al., 2010; Markovic & Mikulic, 2011) observándose un $VO_2\text{max}$ (51.7 ± 2.9 ml·kg⁻¹·min⁻¹) menor al mostrado por la literatura para futbolistas de similar categoría (Aziz, Chia, & Teh, 2000; da Silva et al., 2010; Helgerud et al., 2001; Pyne et al., 2008). Esto sustentan el argumento de que los bajos resultados obtenidos en la evaluación inicial se deben al nivel del equipo y no tanto al tipo de prueba realizada.

Uno de los objetivos del entrenamiento debe ser mejorar estos valores, puesto que el $VO_2\text{max}$ está relacionado con la distancia cubierta durante el partido (Helgerud et al., 2001) y con el número de sprint que un jugador es capaz de realizar a lo largo del juego (Hoff et al., 2002). Una mejora del $VO_2\text{max}$ modificaría de forma positiva los índices de fatiga del jugador (Dupont et al., 2005).

La mejora de las variables absolutas tras la aplicación de los programas de intervención, es un aspecto muy importante, puesto que se consideran parámetros determinantes del rendimiento en deportes colectivos como el fútbol (Girard et al., 2011). En concreto, y aunque otros estudios consideran el índice de fatiga *Sdec* como el mejor indicador de rendimiento en test RSA (Glaister, 2005), es interesante la mejora del RSA_{total} por ser la variable de mayor fiabilidad para describir la capacidad para repetir esfuerzos máximos (Pyne et al., 2008).

El comportamiento de las variables de rendimiento obtenido después de los protocolos de intervención de este estudio, concretamente los resultados del grupo SET, contradice lo encontrado en trabajos anteriores (Ingebrigtsen et al., 2013), donde el entrenamiento habitual se suplementó con series de similar duración e intensidad, sin obtener mejoras significativas en el RSA. El nivel de condición física del futbolista, y el momento de la temporada en el que se aplica el protocolo, pueden hacer que la respuesta a la carga de resistencia a la velocidad sea diferente a lo indicado en otros estudios. Así nuestro protocolo SET aplicado en pretemporada, con jugadores en situación de bajo rendimiento deportivo ha sido una carga óptima para mejorar las variables absolutas del test RSA. Pero este programa de entrenamiento durante el período de competición, con los jugadores adaptados a los estímulos de entrenamiento específico puede no ser suficiente (Ingebrigtsen et al., 2013). De la misma forma, con respecto al entrenamiento aeróbico de alta intensidad, aunque nuestros resultados señalan la validez del protocolo HIT, algunos trabajos indican que no se obtienen mejoras en el RSA (Ferrari Bravo et al., 2008; Hill-Haas et al., 2009). Parece que cuando se trata de cargas aeróbicas, el ciclo de trabajo y las adaptaciones conseguidas en los futbolistas a los que va dirigida la intervención, condicionan la adaptación al entrenamiento.

A pesar de la importancia de los resultados obtenidos en la aplicación de los programas SET e HIT, no se cumple lo establecido como hipótesis del estudio, puesto que se había planteado una mejora selectiva en las diferentes variables del test RSA en función del tipo de entrenamiento desarrollado. Mientras se ha cuestionado la relación entre la cualidad aeróbica y la capacidad para repetir esfuerzos máximos (Castagna, Abt, Manzi, Annino, Padua, & D'Ottavio, 2008; Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008) otros estudios han obtenido correlaciones positivas entre ambos parámetros (Aziz et al., 2000; da Silva et al., 2010). La literatura al respecto matiza que el componente aeróbico tiene su importancia en

el rendimiento RSA cuando se integra junto a factores de tipo anaeróbico (Bishop et al., 2011; Bishop & Spencer, 2004; da Silva et al., 2010; Thebault et al., 2011). Las mejoras ligadas a la vía anaeróbica que en nuestro trabajo quedan representadas por el grupo que entrenó con el programa SET, han conseguido una importante mejora en el RSA_{media} al igual que acontece en otros estudios (Jacobs, Esbjornsson, Sylven, Holm, & Jansson, 1987).

Por su parte, los estímulos aeróbicos vinculados al programa HIT deberían haber incidido especialmente en el descenso de los índices de fatiga (Bishop et al., 2011). La mejora de la potencia aeróbica provocado por este tipo de entrenamiento debería haber hecho más pequeña la pérdida de velocidad entre el primer y último sprint (Dupont et al., 2005), y por tanto haberse visto mejorados el *Sdec* y el *Change*. Sin embargo esto no ha ocurrido, y en la línea de otros estudios (Hill-Haas et al., 2009), no se ha encontrado una mayor incidencia del entrenamiento aeróbico sobre estas variables. Únicamente se observa una tendencia en el grupo HIT a mejorar los valores *Sdec* y *Change*. Este es un tema controvertido pues el entrenamiento para la mejora de los índices de fatiga no está bien definido en la literatura. Existen estudios en los que se han obtenido buenos resultados con protocolos de entrenamiento basados en trabajos de resistencia a la velocidad (Buchheit et al., 2010; Mohr et al., 2007), entrenamientos de fuerza (Hill-Haas, Bishop, Dawson, Goodman, & Edge, 2007), pero también, programas específicos basados en las tareas del tipo “*small sided games*”, no consiguieron buenos resultados (Hill-Haas et al., 2009).

Las adaptaciones vinculadas al entrenamiento aeróbico permiten que para una misma intensidad de esfuerzo, se incremente la contribución de las grasas como sustrato energético, reduciendo la participación de la glucólisis anaeróbica (Iaia et al., 2009). Esto permitiría por una parte, que los últimos sprints pudieran realizarse con una menor acumulación de metabolitos (Dupont et al., 2005), y por otro lado que se ahorrara glucógeno muscular (Ross & Leveritt, 2001) ocasionando una menor fatiga y por lo tanto un mayor rendimiento (Girard et al., 2011). Dada la relación de ambos factores con los esfuerzos de alta intensidad, podemos interpretar que estas adaptaciones conseguirán mejorar los resultados en una prueba RSA (Girard et al., 2011), y optimizar la participación del futbolista en competición (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006). De hecho algunos estudios han observado que un programa de entrenamiento HIT incrementa la distancia recorrida a alta intensidad durante el partido (Ferrari Bravo et al., 2008), evitando el

descenso de este tipo de esfuerzos durante la segunda parte (Mohr et al., 2003), y por lo tanto retrasando la aparición de la fatiga en el futbolista (Bangsbo et al., 2006; Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2005). Además estos entrenamientos han mejorado los índices de rendimiento relativos a pruebas específicas de evaluación de la condición física como el “Yo-Yo *Intermittent Recovery Test level 1*” o el “RSA Test” (Impellizzeri et al., 2008; Krstrup et al., 2003; Rampinini et al., 2007).

Analizando el tiempo invertido en realizar cada uno de los 8 sprints de los que consta el test RSA empleado, pre y post de cada intervención, observamos que los futbolistas del entrenamiento SET mejoran de forma significativa los 6 primeros esfuerzos, mientras que los jugadores del grupo HIT lo hacen en todas las repeticiones del test. Programas de entrenamiento aeróbico de alta intensidad similares al nuestro han obtenido mejoras del $VO_2\text{max}$ (Helgerud et al., 2001), que podrían afectar a la capacidad de recuperación del futbolista (Ostojic, Stojanovic, & Calleja-Gonzalez, 2011), y reducir la pérdida de rendimiento que ocurre a medida que se desarrollan los sprints en un test RSA (Aziz et al., 2000). La menor pérdida de velocidad asociada a la mejora del $VO_2\text{max}$ (Dupont et al., 2005), podría ser la razón por la que los jugadores del grupo HIT mejoren de forma significativa el tiempo en los 8 esfuerzos realizados. Por otra parte, la fatiga asociada a este tipo de esfuerzos se ha relacionado con la acumulación de lactato (Thomas, Sirvent, Perrey, Raynaud, & Mercier, 2004), junto a la presencia aumentada de H^+ (Glaister, 2005), y el agotamiento de la fosfocreatina del músculo (Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks, 1993). La mejora del $VO_2\text{max}$ retrasará la intervención del metabolismo glucolítico y con ello la producción de lactato (Tomlin & Wenger, 2001). La acumulación de este elemento estará condicionada por la resistencia aeróbica, ya que esta capacidad regula los procesos de oxidación de lactato en las fibras lentas durante las fases de recuperación y da mayor protagonismo a la fosforilación oxidativa como vía para la resíntesis de ATP (Dupont et al., 2004).

El entrenamiento SET también tiene una relativa influencia sobre el rendimiento aeróbico pero sobre todo en el anaeróbico (Rodas, Ventura, Cadefau, Cusso, & Parra, 2000). Esto es muy importante para los entrenadores puesto que con ejercicios de poca duración se puede conseguir una mejora múltiple del rendimiento (Dupont et al., 2005). En concreto, en relación al RSA este tipo de entrenamiento y su influencia sobre la potencia aeróbica reducirá el déficit de oxígeno y con ello minimizará el descenso de la concentración de

fosfocreatina (Dupont et al., 2005), lo que unido a la mejora de factores de tipo neuromuscular (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007), debería ser determinante para la mejora del rendimiento en los primeros sprints. Las cargas de entrenamiento aplicadas en nuestro programa SET han conseguido que los futbolistas incrementen la diferencia entre los tiempos del pre-test y el post-test durante las primeras repeticiones, pero en la misma medida que lo han hecho los del grupo HIT. Observando los resultados quizás el protocolo empleado para evaluar los cambios producidos en el RSA (Dupont et al., 2005; Thebault et al., 2011), el escaso número de sesiones de entrenamiento utilizadas o la biotipología muscular de los futbolistas, pueden haber condicionado los resultados obtenidos.

En definitiva protocolos tanto de entrenamiento de resistencia a la velocidad como de entrenamiento aeróbico de alta intensidad, introducidos en el trabajo de pretemporada cuando el nivel de condición física de los futbolistas es menor, se han mostrado útiles para mejorar el rendimiento en la capacidad para repetir esfuerzos máximos (test RSA), mejorando significativamente, los tiempos de sprint y no los índices de fatiga. No obstante, la respuesta de las variables estudiadas puede estar condicionada por el momento de la temporada, el estado de condición física y el nivel de los futbolistas empleados.

CONCLUSIONES.

Durante la pretemporada tanto el entrenamiento de resistencia a la velocidad, como el aeróbico de alta intensidad, mejoran el rendimiento absoluto en la habilidad para repetir sprints (test RSA) sin cambios en los índices de fatiga.

BIBLIOGRAFIA.

- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fit*, 40(3), 195-200.
- Ball, D., Burrows, C., & Sargeant, A. J. (1999). Human power output during repeated sprint cycle exercise: the influence of thermal stress. *Eur J Appl Physiol*, 79(4), 360-366.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sport Sci*, 24(7), 665-674.
- Billaut, F., Basset, F. A., & Falgairette, G. (2005). Muscle coordination changes during intermittent cycling sprints. *Neurosci Lett*, 380(3), 265-269.

- Billaut, F., & Bishop, D. (2009). Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Med*, 39(4), 257-278.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *Eur J Appl Physiol*, 97(4), 373-379.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Bishop, D., & Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fit*, 44(1), 1-7.
- Bradley, P. S., Carling, C., Gomez Diaz, A., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Hum Movement Sci*, 32(4), 808-821.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krusturup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sport Sci*, 27(2), 159-168.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Carr, A., Dawson, B., Schneiker, K., Goodman, C., & Lay, B. (2008). Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fit*, 48(4), 472-478.
- Castagna, C., Abt, G., Manzi, V., Annino, G., Padua, E., & D'Ottavio, S. (2008). Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 22(3), 923-929.
- Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisloff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *Brit J Sport Med*, 39(1), 24-28.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.
- Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res*, 18(3), 584-589.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 95(1), 27-34.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sport Exercise*, 37(11), 1975-1982.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631.

- Faude, O., Schnittker, R., Schulte-Zurhausen, R., Muller, F., & Meyer, T. (2013). High intensity interval training vs. high-volume running training during pre-season conditioning in high-level youth football: a cross-over trial. *J Sport Sci*, 31(13), 1441-1450.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sport Med*, 29(8), 668-674.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, 75(2), 712-719.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757-777.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sport Exercise*, 33(11), 1925-1931.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate traini. *Med Sci Sport Exercise*, 39(4), 665-671.
- 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. *J Sport Sci*, 25(6), 619-628.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Rowsell, G. J., & Dawson, B. T. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sport Med*, 30(9), 636-642.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Brit J Sport Med*, 36(3), 218-221.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sport Med*, 29(11), 899-905.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N. A., Castagna, C., Bizzini, M., & Wisloff, U. (2008). Effects of aerobic training on the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(6), 1192-1198.
- Ingebrigtsen, J., Shalfawi, S. A., Tonnessen, E., Krusturup, P., & Holtermann, A. (2013). Performance effects of 6 weeks of aerobic production training in junior elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1861-1867.
- Jacobs, I., Esbjornsson, M., Sylven, C., Holm, I., & Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Med Sci Sport Exercise*, 19(4), 368-374.
- Krusturup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sport Exercise*, 35(4), 697-705.

- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(1), 76-78.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2011). Discriminative ability of the Yo-Yo intermittent recovery test (level 1) in prospective young soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2931-2934.
- McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Brit J Sport Med*, 39(5), 273-277.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, 103(4), 411-419.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sport Sci*, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sport Sci*, 23(6), 593-599.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602.
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sport Sci*, 27(2), 107-114.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sport Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 137-149.
- Ostojic, S. M., Stojanovic, M. D., & Calleja-Gonzalez, J. (2011). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise: relations to aerobic power in sportsmen. *Chin J Physiol*, 54(2), 105-110.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G., & Vollebregt, L. (2001). Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 822-825.
- Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K., & Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 109(6), 1027-1036.
- Preen, D., Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Beilby, J., & Ching, S. (2002). Pre-exercise oral creatine ingestion does not improve prolonged intermittent sprint exercise in humans. *J Sports Med Phys Fitness*, 42(3), 320-329.
- Psotta, R., Blahus, P., Cochrane, D. J., & Martin, A. J. (2005). The assessment of an intermittent high intensity running test. *Eur J Appl Physiol*, 45(3), 248-256.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.

- 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. *Int J Sport Med*, 28(3), 228-235.
- Rodas, G., Ventura, J. L., Cadefau, J. A., Cusso, R., & Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur J Appl Physiol*, 82(5-6), 480-486.
- Ross, A., & Leveritt, M. (2001). Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. *Sports Medicine*, 31(15), 1063-1082.
- Slettalokken, G., & Ronnestad, B. R. (2014). High intensity interval training every second week maintains VO2max in soccer players during off-season. *J Strength Cond Res*. 28(7),1946-51.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C., Dascombe, B., & Bishop, D. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. *Eur J Appl Physiol*, 103(5), 545-552.
- Spencer, M., Pyne, D., Santisteban, J., & Mujika, I. (2011). Fitness determinants of repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(4), 497-508.
- Sporis, G., Ruzic, L., & Leko, G. (2008). The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *J Strength Cond Res*, 22(2), 559-566.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Sweeney, K. M., Wright, G. A., Glenn Brice, A., & Doberstein, S. T. (2010). The effect of beta-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *J Strength Cond Res*, 24(1), 79-87.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- Thomas, C., Sirvent, P., Perrey, S., Raynaud, E., & Mercier, J. (2004). Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *J Appl Physiol*, 97(6), 2132-2138.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Weston, M., Batterham, A. M., Castagna, C., Portas, M. D., Barnes, C., Harley, J., & Lovell, R. J. (2011). Reduction in physical match performance at the start of the second half in elite soccer. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(2), 174-182.
- 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. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 77-83.
- Yuhasz, M.S. (1974). *Physical fitness manual*. London: University of Western Ontario.

5.9 EFECTOS DEL DESENTRENAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS EN FUNCIÓN DEL NIVEL COMPETITIVO Y LA CAPACIDAD DE ACELERACIÓN EN FUTBOLISTAS.

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar la disminución ocasionada en el rendimiento en la capacidad para repetir sprints (test RSA), determinante en el rendimiento en el fútbol, tras un periodo de desentrenamiento de 12 días en función del nivel competitivo y velocidad máxima de jugadores de fútbol. En cualquier categoría en el fútbol hay periodos que conllevan una interrupción de la temporada de competición, lo que pudiera ocasionar pérdidas en el rendimiento debido a la ausencia de entrenamiento. Para evaluar las pérdidas en el rendimiento tras un periodo de desentrenamiento de 12 días, 17 futbolistas profesionales de un equipo de Segunda División B de España (33.10 ± 0.24 s RSA_{total} , 3.93 ± 0.03 s RSA_{mejor} , 4.14 ± 0.03 s RSA_{media} , $5.17 \pm 0.45\%$ Sdec y $8.66 \pm 0.78\%$ Change) y 16 futbolistas de elite de un equipo juvenil de división de honor (sub-19) (33.38 ± 0.37 s RSA_{total} , 4.01 ± 0.50 s RSA_{mejor} , 4.17 ± 0.01 s RSA_{media} , $4.19 \pm 0.49\%$ Sdec y $7.38 \pm 0.73\%$ Change) realizaron un test RSA, pre y post del desentrenamiento. Los jugadores profesionales obtienen significativamente un mayor rendimiento en el RSA_{mejor} que los jóvenes futbolistas de elite (3.93 ± 0.03 s vs 4.01 ± 0.50 s, respectivamente). Ambos grupos de jugadores obtienen una disminución significativa de su rendimiento (0.6% y 1.8% en RSA_{total} , 3.1% y 1.9% en RSA_{mejor} y 2.4% y 1.7% en RSA_{media} , respectivamente), sin cambios apreciables en los índices de fatiga Sdec y Change. Además los futbolistas más veloces son los que significativamente más pérdidas sufren con el desentrenamiento en su velocidad (4.2% vs 1.5%).

Palabras clave: Desentrenamiento, RSA, capacidad de aceleración, Nivel competitivo. Fútbol. Índice de fatiga, Velocidad

INTRODUCCIÓN.

La capacidad para realizar sprints de corta duración con breves periodos de recuperación se ha denominado “repeated-sprint ability” (RSA) (Mujika, Santisteban, Impellizzeri, & Castagna, 2009). Se han utilizado distintos protocolos de test RSA, caracterizados por diferentes combinaciones de sprints cortos (< 40 m; < 6 s), repetidos un número determinado de veces (5-15) y con recuperación activa o pasiva (<60 s) (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010; Impellizzeri et al., 2008; Mujika,

Santisteban, et al., 2009; Oliver, Armstrong, & Williams, 2007; Rampinini, Bishop, et al., 2007; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

De entre las capacidades físicas que pueden actualmente afectar al rendimiento en un partido de fútbol (Rampinini, Bishop, et al., 2007) no hay duda de que la capacidad para repetir esfuerzos de alta intensidad es un muy importante componente del rendimiento en el fútbol en particular, y en los deportes colectivos en general (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). Concretamente se ha mostrado como un relevante factor en determinados sucesos en el juego (Impellizzeri et al., 2008; Rampinini, Bishop, et al., 2007), estando asociado con momentos cruciales del partido (Oliver et al., 2007).

Los resultados de un test RSA se han mostrado útiles para discriminar a jugadores profesionales de amateurs (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Impellizzeri et al., 2008); también para diferenciar el rendimiento tanto en función de la edad (Mujika, Spencer, Santisteban, Goirienea, & Bishop, 2009), como de la capacidad aeróbica (Buchheit, 2012b; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010; Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008; Thebault, Leger, & Passelergue, 2011), o del rendimiento en el sprint (Pyne et al., 2008). Además se han obtenido correlaciones significativas entre el tiempo medio en un test RSA y la distancia recorrida durante un partido a máxima intensidad (Rampinini, Bishop, et al., 2007). Todos estos estudios, por consiguiente, hacen necesario en el fútbol el evaluarla capacidad de repetir sprints (Abrantes, Maças & Sampaio, 2004).

Para cuantificar la capacidad de resistir la aparición de la fatiga durante un test RSA, los estudios utilizan el índice de fatiga (FI), o porcentaje que decrece la puntuación (velocidad en el sprint) o decrecimiento (*Sdec*) (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011), y el porcentaje de cambio (*Change*), o diferencia entre primer y último sprint (Pyne et al., 2008). También utilizan valores absolutos como indicadores del rendimiento, como son el tiempo total (RSA_{total}) (Chaouachi et al., 2010) el tiempo medio (RSA_{media}) (Buchheit, 2012a; Impellizzeri et al., 2008) o el mejor sprint (RSA_{mejor}) (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010) de los diferentes sprints que componen el test. Inicialmente el *Sdec* parecía ser el indicador más fiable para determinar el rendimiento en los test RSA (Glaister, 2005); sin embargo, en la actualidad, los valores absolutos están demostrando ser indicadores más fiables y sensibles (Buchheit, 2012a; Ferrari Bravo et al., 2008; Impellizzeri et al., 2006; Impellizzeri et al., 2008).

Diferentes programas de ejercicio han sido evaluados para comprobar su impacto en el la capacidad de repetir sprints: entrenamiento de fuerza explosiva vs. sprints repetidos con cambio de dirección (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010), sprint vs. entrenamiento interválico (Ferrari Bravo et al., 2008) o vs. entrenamiento de alta y moderada intensidad (Edge, Bishop, Goodman, & Dawson, 2005), juegos reducidos frente vs. entrenamiento interválico (S. Hill-Haas, Bishop, Dawson, Goodman, & Edge, 2007), o incluso entrenamiento de sprints (Mohr et al., 2007). Sin embargo desde nuestro conocimiento no hay estudios que muestren lo que sucede con esta capacidad después de periodos de desentrenamiento ocurridos durante la propia competición.

Los deportistas a menudo experimentan interrupciones en su proceso de entrenamiento y competición debido a lesiones, enfermedades, periodos entre temporadas u otros factores que tienen como resultado una reducción o cesación de su estímulo habitual de entrenamiento (Mujika & Padilla, 2000b). El desentrenamiento o inactividad de larga duración (>4 semanas) reduce un 6-20% $VO_2\text{max}$ (Coyle, Martin, Bloomfield, Lowry, & Holloszy, 1985; Coyle et al., 1984), un 7-12% la producción de fuerza (Hakkinen, Alen, & Komi, 1985; Hakkinen & Komi, 1983), la actividad de la EMG (Hakkinen & Komi, 1983), los niveles de glucógeno muscular (Costill et al., 1988; Madsen, Pedersen, Djurhuus, & Klitgaard, 1993), el umbral de lactato (Coyle et al., 1985) y el rendimiento en resistencia (Coyle et al., 1985; Mujika et al., 1995) (Mujika & Padilla, 2000b). También el desentrenamiento de corta duración (<4 semanas) reduce el $VO_2\text{max}$ en un 4-14% (Coyle et al., 1984; Houmard et al., 1992; Martin, Coyle, Bloomfield, & Ehsani, 1986), los niveles de glucógeno muscular hasta en un 20% (Coyle et al., 1984; Madsen et al., 1993; Mikines, Sonne, Tronier, & Galbo, 1989), descensos en la EMG del vasto lateral (Hortobagyi et al., 1993), aspectos todos ellos determinantes en el rendimiento en RSA (Girard et al., 2011). Nuestra hipótesis es que si un periodo de entrenamiento ocasiona mejoras en el rendimiento en la capacidad de repetir sprints, un periodo de desentrenamiento de 12 días producirá una disminución en el rendimiento en RSA.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Sujetos.

Diecisiete futbolistas profesionales masculinos de un equipo de la segunda división "B" del fútbol profesional español (mean \pm SD) (edad 24.0 ± 2.8 años; altura 179.6 ± 1.8 cm; peso

74.5 ± 4.6 kg), con 4.5 ± 2.2 años de experiencia en las máximas categorías de competición; y dieciséis futbolistas de elite de la categoría juvenil división de honor (sub-19) (edad 18.3 ± 0.8 años; altura 173.5 ± 9.9 cm; peso 65.4 ± 1.3 kg), con 2.6 ± 2.1 años de experiencia en las máximas categorías competitivas, participaron en el estudio. Los criterios de inclusión fueron pertenecer al equipo durante la temporada, asistiendo como mínimo al 90% de las sesiones de entrenamientos durante la primera parte de la temporada y participar al menos en el 50% de los partidos, además de completar las 2 evaluaciones que se llevaron a cabo. Los jóvenes futbolistas recibieron información acerca del estudio, sus pruebas y temporalidad, así como la voluntariedad del mismo y la confidencialidad de los datos. Los jugadores firmaron un consentimiento por escrito, que fue paterno en el caso de los jugadores que eran menores de edad, ajustando el trabajo a lo acordado en la Declaración de Helsinki.

Diseño experimental.

Los futbolistas completaron un test RSA antes (pre-test) y después (post-test) de un periodo de desentrenamiento de 12 días incluido durante la temporada competitiva (periodo de navidades). Durante este periodo los jugadores de futbol no realizaron sus entrenamientos habituales ni ningún otro tipo de actividad física. El test RSA fue completado por la mañana, en un campo de hierba artificial, con la indumentaria y las botas de fútbol habituales del entrenamiento, durante días sin viento. Para las comidas y cenas del día anterior al test recibieron indicaciones de que fueran ricas en carbohidratos (pasta, arroz, patatas... más pollo y fruta) y bien hidratados (al menos 1,5 l de agua), evitando cafeína, alcohol, estimulantes, y comidas copiosas, grasas e hiperptoeicas. La mañana del test, los sujetos desayunaban aproximadamente 2-3 horas antes del ejercicio, restringiendo las bebidas con cafeína, incluido café con leche y alcohol, así como el ejercicio durante las 24 h previas. El pre-test se realizó tras el día de descanso en la semana del último partido de competición antes del descanso navideño. Esas condiciones fueron repetidas durante el post-test, que se realizó el primer día que fueron citados a entrenar tras el descanso navideño.

Capacidad de repetir sprints (Test RSA).

Después de 12 minutos de calentamiento (carreras aeróbicas y movilidad articular, junto con aceleraciones y una progresión de 30 m en la misma ubicación que el test), cada

jugador realizaba un test RSA consistente en 8 sprints máximos de 30 m con una recuperación activa de 25 s entre cada repetición, comenzando desde 0.5 m antes de la primera fotocélula (DSD *Laser System and software Sport test (v3.2.1)*). Si el rendimiento en el primer sprint no cumplía el criterio de maximalidad ($>2.5\%$ del mejor sprint), el test se daba por finalizado y se requería que el participante lo repitiese transcurridos 10 min. El mejor sprint (RSA_{mejor}), el sprint más lento (RSA_{peor}), la suma de los sprints (RSA_{total}), y el tiempo medio (RSA_{media}), como valores absolutos y el decrecimiento (S_{dec}) $((TT/BT * n^{\circ} \text{ sprints}) * 100) - 100$ (Glaister, 2005; Spencer et al., 2005; Spencer, Fitzsimons, Dawson, Bishop, & Goodman, 2006) y el *Change* $100 * ((\text{FIRST} - \text{LAST})/\text{LAST})$ (Pyne et al., 2008) como índices de fatiga, fueron utilizados para determinar el rendimiento.

Análisis estadístico.

Antes de utilizar las pruebas paramétricas la condición de normalidad fue verificada usando el Shapiro–Wilk W-test. Diferencias en el test RSA fueron analizadas entre el equipo de fútbol juvenil de división de honor (sub 19) y el equipo de Fútbol profesional de segunda división B, así como las diferencias entre futbolistas rápidos y lentos de ambos equipos fueron evaluadas mediante la prueba *t* para muestras independientes. Diferencias entre antes y después del periodo de desentrenamiento fueron analizadas mediante la prueba *t* para muestras relacionadas. 95% intervalo de confianza. Usando la técnica de *median split* (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007), se clasificó a los jugadores en rápidos y lentos atendiendo a su RSA_{mejor} en el test RSA. La significación estadística fue $p < 0.05$. Los resultados se muestran como $\text{media} \pm \text{SD}$. El análisis estadístico se realizó usando el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS for Windows v.17.0, SPSS, Inc., Chicago, IL. USA).

RESULTADOS.

Los resultados en las variables del rendimiento en el test RSA antes y después de 12 días de desentrenamiento en los dos equipos se muestran en la Tabla 1. De inicio, y antes del periodo de desentrenamiento sólo hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los dos equipos en el mejor tiempo en el test RSA (RSA_{mejor}). Tras el periodo de desentrenamiento no hay diferencias significativas entre los dos grupos en ninguna de las variables, ni absolutas ni en los índices de fatiga.

En cambio ambos grupos como consecuencia del periodo de desentrenamiento ven significativamente reducido el rendimiento ($p < 0.05$) en las variables absolutas del test siendo esta reducción tanto en profesionales como en juveniles del 0.6 % vs. 1.8% en el RSA_{total} , del 3.1% vs. 1.9% en el RSA_{mejor} , del 2.4% vs. 1.7% en el RSA_{media} , y del 2.3% en el RSA_{peor} sólo en profesionales. Sin embargo los índices de fatiga no muestran diferencias intergrupos (entre futbolistas profesionales y juveniles) o intragrupos (entre antes y después del periodo del desentrenamiento) tras este periodo.

Tabla 1. Test RSA (8 x 30 m con 25 s de recuperación) antes y después de un periodo de desentrenamiento de 12 días en futbolistas profesionales (Segunda División B) y juveniles de División de Honor (sub-19).

	Pre	Post	Δ
Equipo profesional :			
RSA_{total} (s)	33.99 \pm 0.93	33.80 \pm 0.94 **	- 0.56
RSA_{mejor} (s)	3.92 \pm 0.11 †	4.04 \pm 0.13 **	- 3.1
RSA_{media} (s)	4.12 \pm 0.12	4.22 \pm 0.12 **	-2.4
RSA_{peor} (%)	4.26 \pm 0.15	4.36 \pm 0.13 **	-2.3
<i>Sdec</i> (%)	5.21 \pm 1.91	4.48 \pm 2.14	+0.7
<i>Change</i> (%)	6.84 \pm 3.03	5.22 \pm 4.20	+1.6
Equipo Sub-19: (n=16)			
RSA_{total} (s)	33.52 \pm 0.97	34.12 \pm 1.40 *	-1.8
RSA_{mejor} (s)	4.03 \pm 0.15	4.11 \pm 0.14 *	-1.9
RSA_{media} (s)	4.19 \pm 0.12	4.26 \pm 0.17 *	-1.7
RSA_{peor} (%)	4.31 \pm 0.10	4.37 \pm 0.18	-1.4
<i>Sdec</i> (%)	3.90 \pm 1.65	3.69 \pm 1.61	+0.2
<i>Change</i> (%)	6.04 \pm 2.81	5.14 \pm 2.12	+0.9

RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{total} = tiempo total; RSA_{media} = tiempo medio; *Sdec* = porcentaje de decrecimiento; *Change* = diferencia entre primer y último sprint. Δ Porcentaje de cambio con el desentrenamiento (%). Valores medios $\pm SD$ y rango (valor mínimo y máximo). † Diferencias entre grupos: † $p \leq 0.05$; †† $p \leq 0.01$. *Diferencias entre antes y después del desentrenamiento en cada equipo: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

La mediana de la máxima velocidad alcanzada de la muestra fue de 27.3 km·h⁻¹ (3.95 s) obtenida en el mejor sprint del test RSA. Los resultados clasificando a los jugadores en función de este valor como rápidos ($RSA_{mejor} > 27.3$ km·h⁻¹ ó < 3.95 s) y lentos ($RSA_{mejor} \leq 27.3$ km·h⁻¹ ó ≥ 3.95 s) se muestran en la Tabla 2. Los jugadores rápidos son significativamente mejores ($p < 0.01$) en todas las variables absolutas antes del periodo de

desentrenamiento (un 4.2 %, 6.81%, 4.2% y 3.1 % respectivamente para RSA_{total} , RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{peor}), y significativamente peores ($p < 0.01$) en los índices de fatiga (un 2.5 % para $Sdec$ y 3.8% para $Change$). Como consecuencia del periodo de desentrenamiento tanto los futbolistas rápidos como los lentos reducen significativamente el RSA_{total} (2.3 vs 2.0%), el RSA_{mejor} (4.2 vs 1.5%) y el RSA_{media} (2.2 vs 1.9%), respectivamente (reducciones algo mayores en los futbolistas rápidos); y el RSA_{peor} solo en futbolistas lentos (un 2,5%); en cambio los índices de fatiga sólo se reducen con el desenterramiento en los futbolistas rápidos.

Tras la reducción observada tanto en futbolistas rápidos como lentos después del periodo de desentrenamiento, se observa como solo se mantienen esas diferencias intragrupo en los valores absolutos; es decir los futbolistas rápidos siguen siendo significativamente mejores en el RSA_{total} , RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{peor} , desapareciendo las diferencias que había entre los jugadores rápidos y lentos en los índices de fatiga.

Tabla 2. Test RSA (8 x 30 m con 25 s de recuperación) antes y después de un periodo de desentrenamiento de 12 días en futbolistas profesionales (Segunda División B) y juveniles de División de Honor (sub-19) en función de su velocidad.

	ANTES	DESPUES	Δ
Futbolistas rápidos(n=14): $RSA_{mejor} > 27.3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ó $< 3.95 \text{ s}$			
RSA_{total} (s)	32.45 ± 0.21	33.21 ± 0.29 *	-2.3
RSA_{mejor} (s)	3.82 ± 0.02	3.98 ± 0.04 **	-4.2
RSA_{media} (s)	4.06 ± 0.03	4.15 ± 0.04 **	-2.2
RSA_{peor} (%)	4.21 ± 0.04	4.27 ± 0.04	-1.4
$Sdec$ (%)	6.12 ± 0.43	4.25 ± 0.51 **	1.9
$Change$ (%)	10.21 ± 0.73	7.15 ± 0.80 **	3.1
Futbolistas lentos (n=19): $RSA_{mejor} \leq 27.3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ó $\geq 3.95 \text{ s}$			
RSA_{total} (s)	33.81 ± 0.19	34.49 ± 0.26 ** ††	-2.0
RSA_{mejor} (s)	4.08 ± 0.02	4.14 ± 0.03 *††	-1.5
RSA_{media} (s)	4.23 ± 0.02	4.31 ± 0.03 *††	-1.9
RSA_{peor} (%)	4.34 ± 0.03	4.45 ± 0.03 **††	-2.5
$Sdec$ (%)	3.64 ± 0.52	4.25 ± 0.47	-0.6
$Change$ (%)	6.44 ± 0.63	7.58 ± 0.63	-1.14

RSA_{mejor} = mejor tiempo; RSA_{total} = tiempo total; RSA_{media} = tiempo medio; $Sdec$ = porcentaje de decrecimiento; $Change$ = diferencia entre primer y último sprint. Δ Porcentaje de cambio con el desentrenamiento (%). Valores medios ± *SD*. † Diferencias entre grupos: † $p < 0.05$; †† $p < 0.01$. *Diferencias entre antes y después del desentrenamiento en cada equipo: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

En la Figura 1 se representa la media del tiempo invertido en cada uno de los sprints por los futbolistas rápidos y lentos tras el periodo de 12 días de desentrenamiento por inactividad, observándose que los futbolistas rápidos son mejores significativamente en cada uno de los 8 sprints del test RSA, que los jugadores lentos (un 6.8%, 4.9%, 4.4%, 3.7%, 3.9%, 3.1%, 2.9% y 3.9% respectivamente para los sprints 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8). En los jugadores lentos la diferencia entre el tiempo invertido entre el primer y último sprint es menor (6.39%) que en los futbolistas rápidos, en los que existe una mayor diferencia (12.21%) entre el tiempo invertido en el primer sprint y el empleado en ejecutar el último, obteniéndose en consecuencia un mayor índice de fatiga.

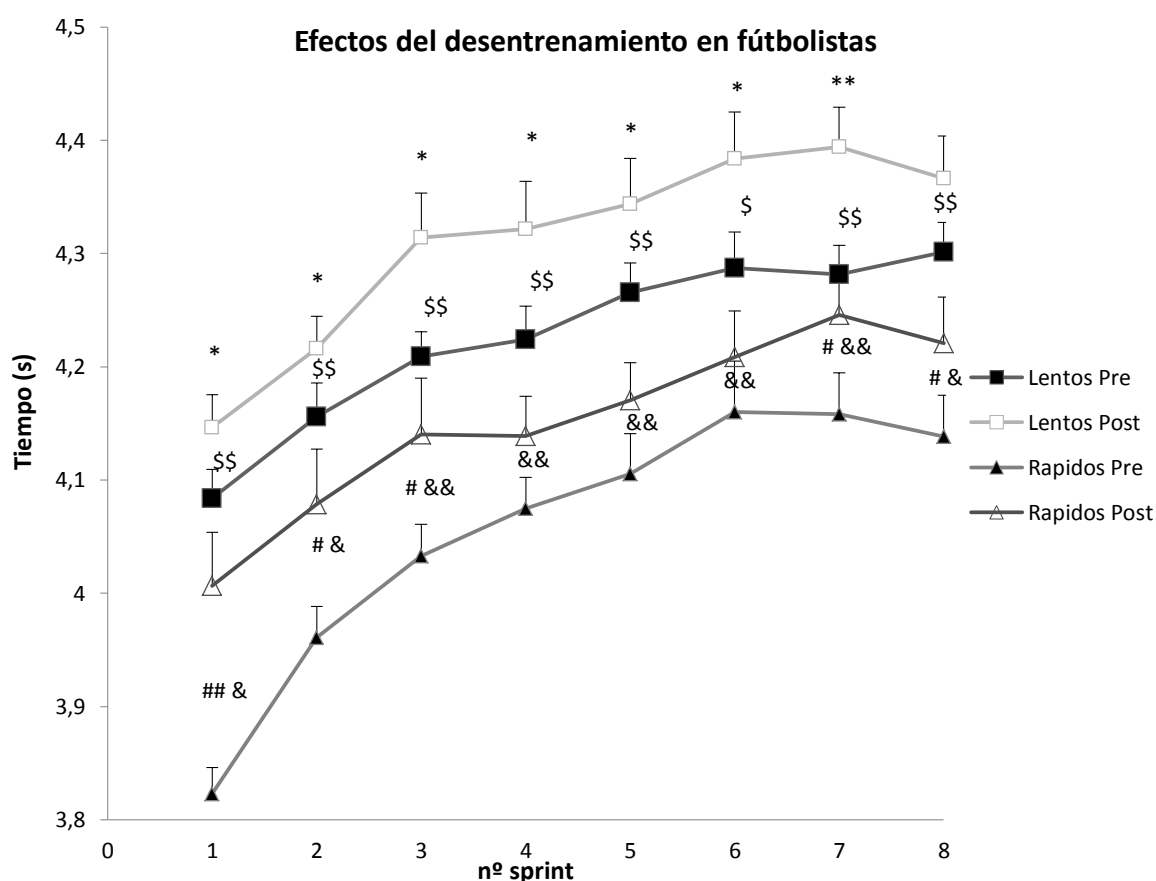


Figura 1. Tiempo de carrera en cada sprint del test RSA (8x30m 25s rec) pre y post intervención en jugadores rápidos y lentos. Valores medios \pm SD.

*Diferencias significativas en jugadores lentos (n=19) pre y post del desentrenamiento. * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; # Diferencias significativas en jugadores rápidos (n=14) pre y post de desentrenamiento. # = $p < 0.05$; ## = $p < 0.05$; \$ diferencias significativas entre jugadores lentos y rápidos pre desentrenamiento. \$ = $p < 0.05$; \$\$ = $p < 0.05$; & diferencias significativas entre jugadores lentos y rápidos post desentrenamiento. & = $p < 0.05$; && = $p < 0.05$

En la Figura 2 se muestra las significativas correlaciones negativas obtenidas entre el mejor tiempo en el test RSA (RSA_{mejor}) y los dos índices de fatiga ($Sdec$ y $Change$) empleados para determinar el rendimiento.

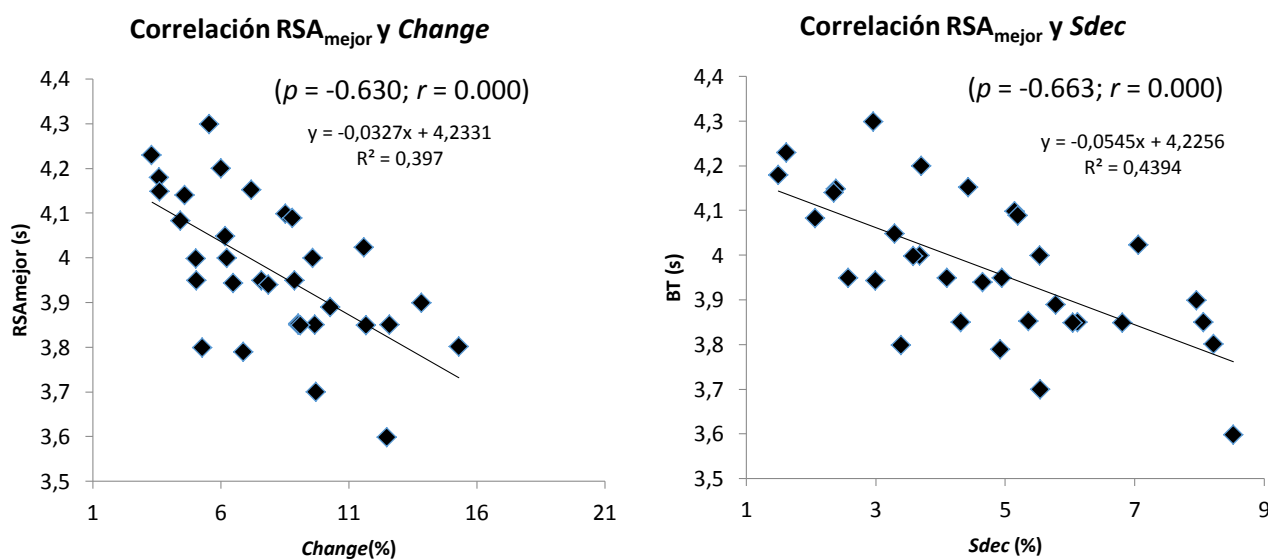


Figura 2. Correlaciones entre mejor tiempo (RSA_{mejor}), decrecimiento ($Sdec$) y diferencia entre primer y último sprint ($Change$) en test RSA 8x30m con 25 s de recuperación activa en futbolistas profesionales de segunda división B (n=17) y juveniles de división de honor (n=16).

DISCUSIÓN.

Desde nuestro conocimiento este es el primer estudio que investiga los efectos de un periodo de inactividad (desentrenamiento) incluido durante la propia temporada competitiva en la capacidad de repetir sprint y en sus índices específicos de fatiga en jugadores de futbol. Las principales conclusiones del estudio fueron que 12 días de inactividad o desentrenamiento reducen el rendimiento en el RSA, independientemente de la categoría competitiva, y que los índices de fatiga se modifican en función de la que los futbolistas sean más o menos veloces, por lo que se hace necesaria una evaluación global para determinar el rendimiento en el RSA utilizando tanto valores absolutos como índices de fatiga.

Los deportes colectivos son muy populares en la actualidad con millones de participantes (Girard et al., 2011). En este tipo de deportes el rendimiento depende de múltiples factores (Kaplan, 2010), pero la habilidad técnica, la resistencia y la capacidad para repetir sprints tienen el mayor efecto en el rendimiento en competición (Rosch et al., 2000).

El fútbol moderno requiere jugadores que realicen numerosos sprints a máxima intensidad (en número superior a 200 por partido) (Bangsbo, Mohr, & Krusturup, 2006) complementados con periodos de carrera continua a baja intensidad (Pyne et al., 2008), aunque el sprint represente menos del 10% de la distancia recorrida durante un partido (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005), un buen rendimiento en este tipo de esfuerzos es fundamental ya que se da en los momentos decisivos de la competición (Kaplan, 2010). Por ello es muy importante ahondar en los factores determinantes de la capacidad de repetir sprints.

Diferentes protocolos han sido investigados para evaluar el RSA (Impellizzeri et al., 2008; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000), siendo el más común, el modelo consistente en 5 o 10 repeticiones de 6 s con 24-30 s de recuperación (Morin, Dupuy, & Samozino, 2011).

En fútbol, los esfuerzos de máxima intensidad se corresponden con intervalos de unos 6 segundos de duración (Mohr, Krusturup, & Bangsbo, 2003), y distancias comprendidas entre 15 y 40 m (Kaplan, 2010). Las diferencias en el modo de ejercicio, la duración del sprint, el número de repeticiones, el tipo de recuperación y el nivel de condición física de los futbolistas, dificulta la evolución y la comparación entre diferentes estudios (Spencer et al., 2005). El RSA podría determinar la probabilidad de que los jugadores perdiesen o ganasen la posesión del balón contra su adversario, cuando ambos están compitiendo por el balón (Paton, Hopkins, & Vollebregt, 2001), por esta razón, no sólo es importante entender mejor las estrategias de entrenamiento que pueden mejorar el rendimiento (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011), sino también y en consecuencia la influencia que el desentrenamiento pueda tener sobre esta capacidad.

Estudios muestran que el entrenamiento mejora el rendimiento, aumentando la resíntesis de la fosfocreatina (Bishop, Edge, Thomas, & Mercier, 2008), la glucólisis anaeróbica (Jacobs, Esbjornsson, Sylven, Holm, & Jansson, 1987), el consumo de oxígeno (Helgerud et al., 2007) la acumulación de H⁺ (Edg, Bishop, Hill-Haas, Dawson, & Goodman, 2006) y la activación muscular (Mikkola, Rusko, Nummela, Pollari, & Hakkinen, 2007), todos ellos factores limitantes y determinantes en el RSA (Bishop et al., 2011). Además se han analizado diferentes programas para mejorar el rendimiento en RSA (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010; Buchheit & Ufland, 2011; Ferrari Bravo et al., 2008; Ingebrigtsen, Shalfawi, Tonnessen, Krusturup, & Holtermann, 2013); por lo tanto si programas de entrenamiento ocasionan mejoras, el desentrenamiento podría afectar a

esos factores y reducir estas mejoras logradas en el rendimiento (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b).

Este estudio empleo 8 sprints de 30 m separados por períodos de recuperación activa de 25 s, esta es la distancia más larga que se repite durante un partido de fútbol, y parece que induce la fatiga cuando se combina con cortos periodos de recuperación (Rampinini, Bishop, et al., 2007). Los jugadores antes del periodo de desentrenamiento por inactividad están en pleno periodo competitivo y como los estímulos diarios del entrenamiento específico se han mostrado útiles para aumentar el rendimiento en el RSA (Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Quesnel, & Ahmaidi, 2010) la ausencia de los mismos podría ocasionar una pérdida en el rendimiento en general y en el RSA en particular (Mujika & Padilla, 2000a).

Estudios previos han mostrado que no hay diferencias significativas en el RSA_{mejor} ($p = 0.075$) y $Sdec$ ($p = 0.064$) en función de la categoría de los jugadores, pero que si hay diferencias significativas en el RSA_{media} ($p = 0.001$) (Rampinini et al., 2009). Nuestros datos solo muestran diferencias significativas ($p = 0.005$) en función de la categoría en el RSA_{mejor} , mostrándose significativamente un 2% más rápidos los futbolistas profesionales que los juveniles sub-19, alcanzándose un mejor tiempo de sprint superior al que nos muestra la literatura (4.16 ± 0.10 s) en un test RSA 6 x 30 m con deportistas bien entrenados de edad similar a nuestros sub-19, (18.1 ± 0.4) años (Pyne et al., 2008).

Es posible que los jugadores profesionales sean más rápidos debido a una posible selección de talentos ya que solo los que mejores cualidades físicas y técnicas poseen llegan a la élite (Mujika, Spencer, et al., 2009). El entrenamiento mejora el rendimiento, (Bishop et al., 2008; Edg et al., 2006; Helgerud et al., 2007; Jacobs et al., 1987; Mikkola et al., 2007), por lo tanto los jugadores profesiones al realizar entrenamientos durante más tiempo y durante más sesiones semanales, han mejorado su rendimiento en estos factores determinantes en el RSA (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011) y por lo tanto obtendrán valores significativamente mejores.

Además también podría influir la maduración biológica, ya que los sub-19 pueden no haber completado aún la maduración del sistema nervioso central así, el crecimiento y maduración puede contribuir significativamente a mejorar el rendimiento (Armstrong, Welsman, & Chia, 2001). Se ha observado la evolución del rendimiento en la velocidad y

la resistencia a la velocidad (RSA) con la edad (Mujika, Spencer, et al., 2009) estableciendo que el tiempo total (RSA_{total}) mejora significativamente con la edad entre sub-11 y sub-15, pero los jóvenes futbolistas no muestran diferencias significativas en el S_{dec} en función de la edad, siendo similar al de futbolistas mayores (Mujika, Spencer, et al., 2009) resultados corroborados por nuestro estudio.

El periodo de desentrenamiento o de inactividad puede ser definido como la pérdida parcial o completa de las adaptaciones fisiológicas, anatómicas y del rendimiento conseguido en el proceso de entrenamiento, como consecuencia de la reducción o suspensión de este (Mujika & Padilla, 2000a). En toda temporada anual de competición hay planificados periodos que conllevan una interrupción de la competición. Hay periodos de larga duración (mayores a 4 semanas) como cuando se interrumpe la competición entre 2 temporadas consecutivas o cuando existe una lesión deportiva, y que son denominados periodos de desentrenamiento de larga duración (DLD) (Mujika & Padilla, 2000b); y también los hay de corta duración (menores a 4 semanas), debidos también a lesiones o ante una interrupción en la época invernal o navideña, denominándose periodos de desentrenamiento de corta duración (DCD) (Mujika & Padilla, 2000a).

Existen algunos trabajos que han estudiado los efectos de un período de inactividad o desentrenamiento sobre la condición física de deportistas mostrando que el desentrenamiento de corta duración ya afecta al tamaño de las fibras tipo II (Hortobagyi et al., 1993) o que el VO_2max disminuya, tanto en periodos cortos como largos de desentrenamiento (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b). El rendimiento en resistencia de atletas entrenados disminuye rápidamente como consecuencia de un entrenamiento insuficiente, reflejado por un descenso del 2.6% en el tiempo en 366 m en nadadores (Claude & Sharp, 1991) o una reducción del tiempo hasta la extenuación en periodos de desentrenamiento de dos semanas (Coyle, Martin, Bloomfield, Lowry, & Holloszy, 1985; Houmard et al., 1992). Las concentraciones de glucógeno muscular, están negativamente afectadas por un cese del entrenamiento de 1 semana de duración mostrándose reducciones del 20% en nadadores durante este periodo corto de tiempo (Mujika & Padilla, 2000a)

En cambio, no existen trabajos en la literatura que describan los cambios en el RSA ocasionados por un período de desentrenamiento contemplado en la propia competición. Nuestra hipótesis es que si el entrenamiento mejora la capacidad para repetir sprints en el futbolista, un periodo de desentrenamiento de corta duración por inactividad podría reducir la habilidad para realizar test RSA. De hecho los factores limitantes del RSA se han asociado a factores de tipo neuromuscular y metabólico (Girard et al., 2011), la condición aeróbica, la capacidad para eliminar iones de hidrogeno (Bishop, Edge, Davis, & Goodman, 2004), la duración del sprint, la recuperación y la concentración de glucógeno muscular (Kaplan, 2010). Aunque estos factores están relacionados con el entrenamiento (Ferrari Bravo et al., 2008; Mohr et al., 2007), no está claramente definida la estrategia que puede ser más útil para la mejora del RSA, ya que se obtienen mejoras tanto con entrenamientos específicos como generales (Ferrari Bravo et al., 2008; Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2009). Ambas alternativas aumentan la capacidad para repetir sprint debido a la mejora de aspectos metabólicos (capacidad oxidativa, resíntesis de PCr y H⁺ buffering) y/o neuromusculares (reclutamiento y sincronización muscular) (Bishop et al., 2011).

En nuestro estudio ante la ausencia de estímulo de entrenamiento durante sólo 12 días los futbolistas sean profesionales y juveniles de élite sub-19, tienen un comportamiento similar reduciendo ambos significativamente su rendimiento en RSA_{total}, RSA_{mejor} y RSA_{media}; y además mostrando siempre reducciones en porcentajes superiores en los futbolistas más rápidos, es decir los más rápidos son los que en mayor porcentaje ven disminuido su rendimiento. Además los futbolistas profesionales ven aumentado significativamente el RSA_{peor}.

Un sprint máximo demanda altos niveles de impulsos neurales (Girard et al., 2011), y requiere de la completa activación de la musculatura contráctil, factor que se ha demostrado disminuye con el desentrenamiento (Hortobagyi et al., 1993), y que puede ser un factor determinante en la fatiga durante el RSA (Ross, Leveritt, & Riek, 2001). Un desentrenamiento de corta duración (menor 4 semanas) provoca una pérdida de fuerza y alteraciones nerviosas (Gondin, Guette, Ballay, & Martin, 2006; Izquierdo et al., 2007) que puede tener un reflejo negativo en la velocidad y en la capacidad para repetir los sprints. La desaparición temporal del entrenamiento ha podido provocar la desadaptación en variables musculares, metabólicas y cardiorrespiratorias (Mujika & Padilla, 2000a) que

podrían condicionar el RSA de los futbolistas evaluados. En nuestro estudio no hemos analizado con cuál de estas posibles desadaptaciones, y en que posible cuantía, se relaciona o asocia los cambios observados en el test RSA, lo cual habrá de determinarse en futuros estudios, pero si es el primer estudio que constata los cambios en el test RSA.

Los test RSA permiten calcular índices de fatiga para determinar el rendimiento. *Sdec* se ha considerado el método más válido y reproducible para cuantificar la fatiga en test RSA (Glaister, 2005, 2008); sin embargo, solo determinar el rendimiento mediante el *Sdec* cuando evaluamos el RSA es insuficiente, porque se ha demostrado que un menor ó mayor índice de fatiga no siempre equivale a un mejor ó peor rendimiento (Mohr et al., 2007; Pyne et al., 2008). En nuestro estudio se han utilizado los dos índices de fatiga, *Sdec* (Spencer et al., 2005) y *Change* (Pyne et al., 2008) además de los indicadores absolutos como el mejor sprint (RSA_{mejor}), el tiempo total (RSA_{total}), el tiempo medio (RSA_{media}) y el peor tiempo (RSA_{peor}).

Inicialmente no hemos encontrado diferencias en los resultados en los índices de fatiga entre ambas categorías (profesionales vs. juveniles de elite sub-19) en el test RSA antes de iniciar el periodo de desentrenamiento por inactividad; aunque los índices *Sdec* y *Change* muestran una tendencia a ser mejores en el equipo sub-19, considerado de menor nivel competitivo.

Y en nuestro estudio tras un periodo de desentrenamiento de 12 días tampoco se han obtenido diferencias significativas en los índices de fatiga, que no se modifican, y siguen sin haber diferencias entre ambas categorías de futbolistas al finalizar el mismo. En este sentido hay estudios que tampoco han obtenidos variaciones en los índices de fatiga con el entrenamiento, ya sea utilizando protocolos donde comparan entrenamiento general con específico (S. V. Hill-Haas et al., 2009), ni ante entrenamiento interválico (Ferrari Bravo et al., 2008) o entrenamiento de velocidad (Edg et al., 2006); por lo que se muestran estos índices de fatiga sensibles a cambios en el rendimiento. No obstante, se ha demostrado que en 12 días de inactividad ya se puede perder capacidad aeróbica (Coyle, Hemmert, & Coggan, 1986), y este descenso pudiera afectar al rendimiento en el test RSA, ya que disminuye la capacidad para resintetizar fosfocreatina y optimizar los periodos de recuperación. Un déficit de fosfocreatina en las fibras rápidas se asocia a la incapacidad para realizar acciones cuando éstas se repiten (Girard et al., 2011). Un mejor $VO_2\text{max}$ permite una mayor contribución durante los últimos sprint del metabolismo aeróbico,

minimizando potencialmente la fatiga (Bishop et al., 2004; Rampinini et al., 2009); de hecho el $VO_2\text{max}$ es importante porque puede alcanzarse durante el último sprint (Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005). Debido a esta relación obtenida por algunos estudios entre la cualidad aeróbica y el rendimiento en el test RSA (Aziz et al., 2000; Buchheit, 2012b; Dupont, McCall, Prieur, Millet, & Berthoin, 2010; Spencer, Pyne, Santisteban, & Mujika, 2011), en nuestro estudio esperábamos que tras el periodo de desentrenamiento por inactividad, y al igual que sucedían con las variables absolutas, los índices de fatiga *Sdec* y *Change* también lo hicieran; sin embargo no se modifican con el desentrenamiento en ninguna de las 2 categorías. Es posible que al igual que se pierde velocidad con el desentrenamiento (7 semanas) (Marques & Gonzalez-Badillo, 2006) los índices de fatiga no se modifiquen porque tras el desentrenamiento se parte de un primer sprint ya más lento (un 3.1 % y 2% significativamente menor en futbolistas profesionales y juveniles sub-19, respectivamente), y este punto de partida se mantiene en el tiempo en los siguientes y sucesivos sprint condicionando que no se modifiquen los índices de fatiga al afectarse similarmente en este sentido tanto RSA_{total} , RSA_{mejor} como RSA_{peor} .

También es posible que los índices de fatiga no se modifiquen porque el protocolo del test empleado (8x30 m con 25 s de recuperación) pudiera ser aún insuficiente para obtener fatiga en nuestros futbolistas. No obstante nuestros índices de fatiga (~4.7% *Sdec*) y (~8.0% *Change*) son similares a los obtenidos con futbolistas de elite de edades similares (4–6% y 6.5%) que han sido evaluados utilizando protocolos similares 7 x 30 m con 25 s de recuperación (Chaouachi et al., 2012) ó 7 x 34.2 con 25 s de recuperación (da Silva et al., 2010). Además, estudios anteriores han concluido que con un protocolo igual pero con menos repeticiones (5 vs. 8) es suficiente para obtener fatiga en futbolistas adultos de elite (Chaouachi et al., 2010). Otra posible explicación es que si hay estudios que no han conseguido mejoras utilizando diferentes programas (Ferrari Bravo et al., 2008), por lo que aún no está claro cuál es el programa, protocolo o entrenamiento para conseguir mejorar el rendimiento en los índices de fatiga en el test RSA (Bishop et al., 2011), es posible que un periodo corto de desentrenamiento tampoco empeore los índices de fatiga, si bien deberían estudiarse diferentes periodos de tiempo tanto en desentrenamientos de corta como de larga duración para analizar este efecto.

En este sentido, este un primer estudio que analiza en 12 días de desentrenamiento por inactividad este efecto sobre el test RSA utilizados, y es posible que no sean suficientes

para modificar los índices de fatiga, aunque lo haya sido para modificar los valores absolutos del test RSA. En este sentido futuros estudios serán necesarios ya que los periodos de desentrenamientos o inactividad pueden ser incluso superiores a 4 semanas (Mujika & Padilla, 2000b). Incluso pudiera ser que la ausencia de modificaciones en los índices de fatiga se deba a quedar enmascarados en futbolistas con cualidades neuromusculares y capacidades de aceleración (velocidad máxima en el sprint) diferentes en función de su posible diferente porcentaje de fibras rápidas.

En respuesta a esta última cuestión, en nuestro estudio hemos analizado y observado que los futbolistas más rápidos son los que más velocidad pierden tras el periodo de desentrenamiento por inactividad. Para ello hemos clasificado a los futbolistas en función de su velocidad máxima en el test (RSA_{mejor}) en dos grupos: futbolistas lentos ($\leq 27,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) y futbolistas rápidos ($> 27,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) utilizando la técnica de *median split* tal y como utiliza Rampinini, et al. 2007, para analizar la incidencia del periodo de desentrenamiento en el rendimiento en el test RSA en general, y de los índices de fatiga en particular. Nuestro estudio muestra que los futbolistas más rápidos, sean profesionales o juveniles de élite sub-19, son significativamente mejores en todas las variables absolutas analizadas (RSA_{total} , RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{peor}), pero paradójicamente presentan significativamente unos peores índices de fatiga que los futbolistas lentos.

Los futbolistas de elite se caracterizan por ser más veloces (Gissis et al., 2006) y con mayores porcentajes de fibras rápidas (Kuzon et al., 1990) que los jugadores de menor nivel competitivo. También está descrito que durante sprints máximos las fibras tipo II pierden mucho más ATP, PCr y glucógeno que las fibras tipo I (Greenhaff et al., 1994), acumulando más productos finales del metabolismo anaeróbico, y la fatiga puede explicarse por una acumulación de H^+ y ácido láctico (Ratel, Duche, & Williams, 2006; Ratel, Williams, Oliver, & Armstrong, 2004) ya que el RSA se ha correlacionado fuertemente con la capacidad de tolerar la acidosis metabólica (Rampinini, Bishop, et al., 2007). Consecuencia de ello puede afectar a la contracción de este tipo de fibras (Esbjornsson-Liljedahl, Sundberg, Norman, & Jansson, 1999) disminuyendo su rendimiento a la hora de hacer esfuerzos máximos, siendo todos ellos factores que contribuyen a la fatiga y determinan el rendimiento en el test RSA (Girard et al., 2011). Todo ello puede estar ocasionando que nuestros futbolistas profesionales sean significativamente más rápidos que los lentos, con índices de fatiga significativamente mayores al inicio del

periodo del entrenamientos, y que con el periodo de desentrenamiento sean los que tengan significativamente unos peores índices de fatiga o decrecimiento del rendimiento en el test, de tal forma que tras el periodo de desentrenamiento de 12 días ya no presenten diferencias significativas en los índices de fatiga con los futbolistas lentos.

En cambio, después del desentrenamiento de 12 días ambos grupos de futbolistas rápidos y lentos ven disminuido su rendimiento significativamente en los valores absolutos, pudiéndose ser explicado porque el cese de estímulos de entrenamiento pudiera conllevar las desadaptaciones fisiológicas y neuromusculares ya descritas, si bien es cierto que de forma más significativa y acentuada en los futbolistas más rápidos. Tras el periodo de desentrenamiento por inactividad de 12 días en nuestro estudio se muestran diferencias significativas intergrupos, es decir los futbolistas más rápidos, que siguen siendo significativamente mejores en todos los parámetros absolutos.

Sin embargo en nuestro estudio se muestra de forma pionera que tras un periodo de desentrenamiento en el que no se modificaban los índices de fatiga en función de la categoría de competición de los futbolistas (sub-19 y profesionales), éstos índices de fatiga si se modifican si en vez de tratarlos a todos los futbolistas en conjunto se analizan en función de la velocidad máxima que alcanzan en el test (RSA_{mejor}). Así los índices de fatiga *Sdec* y *Change* de los futbolistas lentos no se modifican tras el periodo de desentrenamiento por inactividad (aunque muestren una tendencia a aumentar) al igual que sucede tras periodos de entrenamiento utilizando diferentes protocolos (Edge et al., 2005; Ferrari Bravo et al., 2008), mientras que los índices de fatiga de los futbolistas rápidos se reducen muy significativamente respecto a los valores al inicio del periodo de desentrenamiento.

Se ha informado de que el rendimiento en el primer sprint esta negativamente correlacionado con el decrecimiento durante un test RSA (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007). La pérdida significativa de velocidad obtenida en los sujetos más rápidos ha podido originar un mejor índice de fatiga. En nuestro estudio, también encontramos una correlación negativa significativa entre el RSA_{mejor} y el *Sdec* ($p = -0.663$; $r = 0.000$), y entre el RSA_{mejor} y el *Change* ($p = -0.630$; $r = 0.000$). La influencia del mejor sprint sobre la fatiga en el test RSA pudiéndose explicar que la mejora de los índices de fatiga se deba a un peor RSA_{mejor} consecuencia, en este caso, del periodo de desentrenamiento por inactividad, ya que al partir de un primer sprint peor los futbolistas son capaces de

mantener ese esfuerzo en el tiempo y como consecuencia mejorar sus índices de fatiga. De hecho en el índice de fatiga *Change* se tiene en cuenta el primer (RSA_{mejor}) y el último sprint (RSA_{peor}), y en nuestro estudio se observa como los futbolistas más rápidos ven significativamente reducido su RSA_{mejor} , mientras que el RSA_{peor} no presenta diferencias, lo que da lugar a un mejor índice de fatiga *Change* en los futbolistas rápidos. En este sentido, otros estudios deberían revisar tras periodos de entrenamiento, o en futuros estudios de desentrenamiento, si la ausencia descrita de modificaciones en los índices de fatiga persistiría si se analizara en función de la capacidad de aceleración (velocidad máxima de sprint) de los futbolistas, que es dependiente de las características neuromusculares y metabólicas de los mismos.

CONCLUSIONES.

1. Un periodo de desentrenamiento por inactividad de 12 días ya es capaz de reducir el rendimiento en el test RSA sin cambios en sus índices de fatiga, y sin que haya diferencias entre futbolistas juveniles sub-19 ni al inicio ni al final del periodo de desentrenamiento.
2. El rendimiento en el test RSA es diferente en función de la capacidad de aceleración (velocidad máxima de sprint), obteniendo mejores valores y mayor reducción en los futbolistas rápidos provocado el desentrenamiento en éstos una mejora en los índices de fatiga *Sdec* y *Change*, pero también les ha provocado una pérdida de velocidad (menor RSA_{mejor} , RSA_{total} y RSA_{media})
3. Las modificaciones en los índices de fatiga del test RSA observadas en función de la capacidad de aceleración (velocidad máxima de sprint), hacen necesario ésta consideración en el análisis de los test RSA, al igual que en diferentes periodos de desentrenamiento en futuros estudios.

BIBLIOGRAFÍA.

- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Chia, M. Y. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *Br J Sports Med*, 35(2), 118-124.
- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674.

- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc*, 36(5), 807-813.
- Bishop, D., Edge, J., Thomas, C., & Mercier, J. (2008). Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 295(6), R1991-1998.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Buchheit, M. (2012a). Fatigue during Repeated Sprints: precision needed. *Sports Med*, 42(2), 165-167.
- Buchheit, M. (2012b). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T., & Ahmaidi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(2), 152-164.
- Buchheit, M., & Ufland, P. (2011). Effect of endurance training on performance and muscle reoxygenation rate during repeated-sprint running. *Eur J Appl Physiol*, 111(2), 293-301.
- Costill, D. L., Flynn, M. G., Kirwan, J. P., Houmard, J. A., Mitchell, J. B., Thomas, R., & Park, S. H. (1988). Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc*, 20(3), 249-254.
- Coyle, E. F., Hemmert, M. K., & Coggan, A. R. (1986). Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: role of blood volume. *J Appl Physiol*, 60(1), 95-99.
- Coyle, E. F., Martin, W. H., 3rd, Bloomfield, S. A., Lowry, O. H., & Holloszy, J. O. (1985). Effects of detraining on responses to submaximal exercise. *J Appl Physiol* (1985), 59(3), 853-859.
- Coyle, E. F., Martin, W. H., 3rd, Sinacore, D. R., Joyner, M. J., Hagberg, J. M., & Holloszy, J. O. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 57(6), 1857-1864.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong del, P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2667-2676.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- Claude AB, Sharp RL. The effectiveness of cycle ergometer training in maintaining aerobic fitness during detraining from competitive swimming. *J Swimming Res* 1991; 7 (3): 17-20
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Dupont, G., McCall, A., Prieur, F., Millet, G. P., & Berthoin, S. (2010). Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. *Eur J Appl Physiol*, 110(3), 627-634.

- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, *95*(1), 27-34.
- Edg, E. J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*, *96*(3), 225-234.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(11), 1975-1982.
- Esbjornsson-Liljedahl, M., Sundberg, C. J., Norman, B., & Jansson, E. (1999). Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. *J Appl Physiol*, *87*(4), 1326-1332.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, *29*(8), 668-674.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, *41*(8), 673-694.
- Gissis, I., Papadopoulos, C., Kalapotharakos, V. I., Sotiropoulos, A., Komsis, G., & Manolopoulos, E. (2006). Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. *Res Sports Med*, *14*(3), 205-214.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, *35*(9), 757-777.
- Glaister, M. (2008). Multiple-sprint work: methodological, physiological, and experimental issues. *Int J Sports Physiol Perform*, *3*(1), 107-112.
- Gondin, J., Guette, M., Ballay, Y., & Martin, A. (2006). Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol*, *97*(2), 165-173.
- Greenhaff, P. L., Nevill, M. E., Soderlund, K., Bodin, K., Boobis, L. H., Williams, C., & Hultman, E. (1994). The metabolic responses of human type I and II muscle fibres during maximal treadmill sprinting. *J Physiol*, *478* (Pt 1), 149-155.
- Hakkinen, K., Alen, M., & Komi, P. V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand*, *125*(4), 573-585.
- Hakkinen, K., & Komi, P. V. (1983). Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, *15*(6), 455-460.
- Hautier, C. A., Arsac, L. M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(4), 839-843.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(4), 665-671.
- 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. *J Sports Sci*, *25*(6), 619-628.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Rowsell, G. J., & Dawson, B. T. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med*, *30*(9), 636-642.

- Hortobagyi, T., Houmard, J. A., Stevenson, J. R., Fraser, D. D., Johns, R. A., & Israel, R. G. (1993). The effects of detraining on power athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 25(8), 929-935.
- Houmard, J. A., Hortobagyi, T., Johns, R. A., Bruno, N. J., Nute, C. C., Shinebarger, M. H., & Welborn, J. W. (1992). Effect of short-term training cessation on performance measures in distance runners. *Int J Sports Med*, 13(8), 572-576.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Ingebrigtsen, J., Shalfawi, S. A., Tonnessen, E., Krusturp, P., & Holtermann, A. (2013). Performance effects of 6 weeks of aerobic production training in junior elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1861-1867.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J. J., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., Hakkinen, K., . . . Gorostiaga, E. M. (2007). Detraining and tapering effects on hormonal responses and strength performance. *J Strength Cond Res*, 21(3), 768-775.
- Jacobs, I., Esbjornsson, M., Sylven, C., Holm, I., & Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Med Sci Sports Exerc*, 19(4), 368-374.
- Kaplan, T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1495-1501.
- Kuzon, W. M., Jr., Rosenblatt, J. D., Huebel, S. C., Leatt, P., Pyley, M. J., McKee, N. H., & Jacobs, I. (1990). Skeletal muscle fiber type, fiber size, and capillary supply in elite soccer players. *Int J Sports Med*, 11(2), 99-102.
- Madsen, K., Pedersen, P. K., Djurhuus, M. S., & Klitgaard, N. A. (1993). Effects of detraining on endurance capacity and metabolic changes during prolonged exhaustive exercise. *J Appl Physiol* (1985), 75(4), 1444-1451.
- Marques, M. C., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2006). In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res*, 20(3), 563-571.
- Martin, W. H., 3rd, Coyle, E. F., Bloomfield, S. A., & Ehsani, A. A. (1986). Effects of physical deconditioning after intense endurance training on left ventricular dimensions and stroke volume. *J Am Coll Cardiol*, 7(5), 982-989.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Mikines, K. J., Sonne, B., Tronier, B., & Galbo, H. (1989). Effects of acute exercise and detraining on insulin action in trained men. *J Appl Physiol* (1985), 66(2), 704-711.
- Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., & Hakkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *Int J Sports Med*, 28(7), 602-611.

- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602.
- Morin, J. B., Dupuy, J., & Samozino, P. (2011). Performance and fatigue during repeated sprints: what is the appropriate sprint dose? *J Strength Cond Res*, 25(7), 1918-1924.
- Mujika, I., Chatard, J. C., Busso, T., Geysant, A., Barale, F., & Lacoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Can J Appl Physiol*, 20(4), 395-406.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000a). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(2), 79-87.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000b). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: Long term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(3), 145-154.
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci*, 27(2), 107-114.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 137-149.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G., & Vollebregt, L. (2001). Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 822-825.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- 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. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(6), 1048-1054.
- Ratel, S., Duche, P., & Williams, C. A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med*, 36(12), 1031-1065.
- Ratel, S., Williams, C. A., Oliver, J., & Armstrong, N. (2004). Effects of age and mode of exercise on power output profiles during repeated sprints. *Eur J Appl Physiol*, 92(1-2), 204-210.
- Rosch, D., Hodgson, R., Peterson, T. L., Graf-Baumann, T., Junge, A., Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sports Med*, 28(5 Suppl), S29-39.
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Med*, 31(6), 409-425.

- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Fitzsimons, M., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*, 9(1-2), 181-184.
- Spencer, M., Pyne, D., Santisteban, J., & Mujika, I. (2011). Fitness determinants of repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(4), 497-508.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- 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. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 77-83.

5.10 INFLUENCIA DEL DESENTRENAMIENTO VS ENTRENAMIENTO EN UN CORTO PERIODO COMPETITIVO CON AUSENCIA DE COMPETICIÓN EN LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS.

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de tres estímulos de entrenamiento diferente en el rendimiento en RSA. Tres equipos diferentes de fútbol de categoría juvenil realizaron durante un periodo de 15 días de ausencia de competición una intervención distinta: entrenamiento aeróbico interválico de alta intensidad (AG): 4x4 min at 85-90% HR_{max} con 3 min de recuperación; entrenamiento específico (SG): combinación de juegos en espacio reducido (small sided games) con sprint repetidos; y grupo de desentrenamiento (DG): que no realizó ningún tipo de actividad. En la evaluación inicial no había diferencias entre los grupos en los índices de fatiga (Sdec y Change), y sólo SG presentaba diferencias significativas con los otros dos grupos en RSA_{total} , RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{peor} . Tras la intervención sólo SG obtuvo mejoras significativas (2.8 %, 2.7% y 2%) en las variables absolutas RSA_{total} , RSA_{mejor} y RSA_{media} respectivamente, mientras que AG y DG obtuvieron disminuciones significativas del rendimiento en estas variables (1.8%, 1.9% y 1.6%; 1.7%, 1.9% y 1.7% respectivamente). Ningún grupo vio modificado significativamente los índices de fatiga. Sólo entrenamientos específicos (small sides games y sprints repetidos) son capaces de mantener y/o mejorar el rendimiento en las variables absolutas que integran un test RSA en futbolistas juveniles con diferentes niveles de capacidad para realizar test RSA. Entrenamientos inespecíficos (aeróbicos de alta intensidad) no sólo logran mejorarlo, sino que se comportan igual que un mismo periodo de desentrenamiento o de ausencia de estímulos de entrenamiento.

Palabras clave: Desentrenamiento, RSA, Entrenamiento, *Small sides games*, *Sprint*, Fútbol.

INTRODUCCIÓN.

Los estudios que han analizado un partido competitivo han demostrado que el fútbol demanda la repetición de esfuerzos máximos o submáximos de corta duración, entre los que se intercalan breves períodos de recuperación (Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005; Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998). La capacidad para reproducir y recuperarse de estos sprints, es el factor de rendimiento necesario en deportistas de disciplinas de equipo, y ha sido denominado con el término *repeated-sprint ability* (RSA) (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011; Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009). RSA se refiere a sprints de corta duración (<10 s) intercalados con breves

períodos de recuperación (normalmente <60 s) (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011). La fatiga asociada al RSA evoluciona rápidamente tras el primer sprint (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2008). Durante los ejercicios de esfuerzos breves repetidos, la imposibilidad para mantener el rendimiento en cada sprint (fatiga) se manifiesta por medio del descenso en la velocidad de desplazamiento (incrementa el tiempo invertido en cubrir una distancia) (Buchheit, 2012b; Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010).

Se han descrito distintos factores responsables del rendimiento en el RSA: unos de tipo muscular asociados a la excitabilidad de la fibra muscular (Perrey, Racinais, Saimouaa, & Girard, 2010); otros de tipo energético, vinculados a limitaciones en el aporte energético (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996; Edge, Bishop, Goodman, & Dawson, 2005) y a la acumulación de metabolitos (Spencer, Dawson, Goodman, Dascombe, & Bishop, 2008); además de otros de tipo neural, relacionados con la transmisión de estímulos (Mendez-Villanueva et al., 2008) y el reclutamiento de fibras musculares (Billaut & Bishop, 2009).

El entrenamiento aeróbico ha demostrado ser útil para el rendimiento en el fútbol (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001), ya que un incremento en la capacidad del sistema de transporte de oxígeno provoca una mayor contribución energética de la vía aeróbica y una reducción en la participación de los sistemas anaeróbicos de producción de energía (Thebault, Leger, & Passelergue, 2011); esto provocará, a su vez, el retraso en la aparición de la fatiga, evitando la disminución del pH y consiguiendo un ahorro de glucógeno muscular (Balsom, Ekblom, & Sjodin, 1994; Tomlin & Wenger, 2001). Varios estudios han analizado la relación entre la capacidad aeróbica y el rendimiento en el RSA (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2007; Buchheit, 2012a; da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010; Dupont, McCall, Prieur, Millet, & Berthoin, 2010; Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008), llegándose a diferentes conclusiones contradictorias, que parecen estar determinadas por el protocolo empleado en la evaluación del test RSA (Thebault et al., 2011) o los indicadores de rendimiento aeróbico seleccionados (Buchheit, 2012a).

Recientemente, diferentes estudios analizan la importancia del RSA para los deportistas de disciplinas colectivas (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011), y sobre cuáles pueden ser los mejores programas de entrenamiento para mejorar el RSA (Buchheit, 2012b), concluyendo que una combinación de diferentes métodos de entrenamiento

(entrenamiento aeróbico de alta intensidad y sprint repetidos) es la estrategia más útil para optimizar el rendimiento.

El concepto de adaptación al entrenamiento, es inherente al principio que alude a la reversibilidad de la forma deportiva o desentrenamiento (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b). Según este principio, el cese o reducción en la carga provocará una pérdida parcial o total de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, y con ello una disminución en el rendimiento (Neufer, 1989). No existen estudios que demuestren qué sucede con el RSA tras períodos de lesión, baja carga de entrenamiento o cese del trabajo. Esto puede ser importante, puesto que las adaptaciones conseguidas en cualquier cualidad física se pierden cuando el estímulo desaparece o es insuficiente (Mujika & Padilla, 2000b). En toda temporada competitiva de fútbol hay planificados períodos que conllevan una interrupción de la competición, estos períodos suelen ser menores de 4 semanas y, por lo tanto, incluidos en el tipo de desentrenamiento de corta duración (DCD) si hay cese o reducción de la actividad, períodos de corta duración producen una reducción de un 4-14% VO_2max , no viéndose afectada la producción de fuerza (Mujika & Padilla, 2000a).

Nuestra hipótesis es que durante la interrupción de la competición durante el corto período navideño de 15 días la inactividad afecta negativamente a RSA, mientras que mantener estímulos de entrenamiento, aunque diferentes, ha de mantenerla o mejorarla. El objetivo de este estudio es evaluar durante el corto período de ausencia de competición cómo influyen en el rendimiento de un test RSA un entrenamiento aeróbico intermitente de alta intensidad o un entrenamiento específico que combine juegos en espacio reducido con sprint repetidos respecto de mantenerse inactivos o desentrenamiento.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Sujetos.

45 jugadores de fútbol de categoría juvenil de 3 equipos diferentes ($n=45$, 17.7 ± 0.9 años, 174.2 ± 14.2 cm y 67.6 ± 1.7 kg) participaron en el estudio. Los futbolistas de cada equipo fueron divididos al azar en tres grupos diferentes. El Grupo Desentrenamiento (DG), no hizo ningún tipo de actividad física durante los 15 días del período de intervención. El Grupo Aeróbico de alta intensidad (AG) incorporó a su entrenamiento habitual un trabajo interválico de alta intensidad (4x4 min al 85-90% HRmax con 3 min de recuperación activa). Y el Grupo Específico (SG) entrenó combinando juegos en espacios reducidos de

fútbol con series de sprints repetidos. AG y SG realizó un total de 8 sesiones de trabajo en 2 semanas. Los criterios de inclusión fueron pertenecer al equipo durante la temporada, asistiendo como mínimo al 90% de las sesiones de entrenamientos durante la intervención y durante la primera parte de la temporada y participar al menos en el 50% de los partidos, además de completar las 2 evaluaciones que se llevaron a cabo. Los jóvenes futbolistas recibieron información acerca del estudio, sus pruebas y temporalidad, así como la voluntariedad del mismo y la confidencialidad de los datos. Los jugadores firmaron un consentimiento por escrito, que fue paterno en el caso de los jugadores que eran menores de edad, ajustando el trabajo a lo acordado en la Declaración de Helsinki.

Diseño experimental.

Tres grupos de forma paralela y aleatoria realizaron un estudio longitudinal (antes y después) de 15 días de duración. Después de la evaluación inicial, los sujetos fueron asignados a cada uno de los tres grupos. Desentrenamiento (DG): no realizaron ningún tipo de actividad física; Entrenamiento aeróbico (AG): realizaban entrenamiento aeróbico de alta intensidad y Entrenamiento específico (EG): realizaban una combinación de juegos reducidos y entrenamiento de resistencia a la velocidad. Aquellos que iban a estar fuera de la ciudad de entrenamientos durante el periodo navideño formaron parte del grupo de desentrenamiento. El resto, se distribuyó aleatoriamente hasta equiparar los 3 grupos, completando los que faltaban del GD hasta equiparar en número los grupos. El estudio duro 15 días durante el parón competitivo que se produce en el periodo de navidades (Diciembre-Enero) y consistió en una evaluación antes y después de las diferentes intervenciones realizadas.

Todos los test fueron desarrollados al aire libre, sobre una superficie de césped artificial, utilizando el calzado y equipación habitual de entrenamiento, y realizados a la misma hora para evitar la influencia de los ritmos circadianos.

Programas de entrenamiento.

Durante el periodo competitivo todos los jugadores realizaban tres sesiones de entrenamiento semanal más un partido competitivo los fines de semana. Durante el periodo de intervención cada grupo realizó un tipo de entrenamiento diferente. Grupo DG, no realizó ningún tipo de actividad física, ni en los entrenamientos ni en su tiempo de ocio. Grupo AG, realizó 3 veces a la semana durante esas dos semanas un entrenamiento

aeróbico de alta intensidad consistente en 4 series de 4 min al 90-95% de la HRmax con 3 minutos de recuperación al 50-70% de la HRmax entre cada serie (Helgerud et al., 2007). Grupo EG, realizó Small Sided Games (juegos reducidos) 3 veces a la semana, consistentes en 4 series de 4 minutos, 2 de 4 vs.4 (24x16m) y 2 de 5 vs.5 (29x20) más un juego de 1 vs.1 de 6 x30 m con la presencia de balón además de 2 x (6x30 m sprint con 15-30 s de recuperación). La HR fue registrada mediante pulsómetro PolarTeam® (Polar® Electro Oy, Finland)

Capacidad de repetir sprints.

Se diseñó un test RSA en el que tras 12 min de calentamiento (carrera de baja intensidad y movilidad articular, seguidos por 2 sprints de 30 m realizados a intensidad submáxima en la misma zonda que el test) los jugadores realizaban 8 sprints máximos comenzando a 0,5 m de la primera fotocélula (*DSD Laser System and software Sport test* (v3.2.1) en una línea delimitada que marcaba la salida (Chaouachi et al., 2010). El futbolista corría 30 m lo más rápido posible, y posteriormente iniciaba una recuperación activa de 25 s, con carrera de baja intensidad para retornar al punto inicial. Cuando el tiempo del primer sprint del test RSA era un 2.5% más elevado que el obtenido en un sprint realizado 10 min antes del test, el test finalizaba y se instaba al participante a comenzar una nueva prueba 10 minutos más tarde (Impellizzeri et al., 2008). Se determinó en el test RSA el mejor, total, medio y peor tiempo (RSA_{mejor} , RSA_{total} , RSA_{media} y RSA_{peor}) como valores absolutos; como índices de fatiga se utilizaron tanto el índice de decrecimiento (S_{dec}) ($RSA_{\text{total}} / (RSA_{\text{mejor}} \times 8) \times 100 - 100$) (Buchheit, 2012a; Dawson et al., 1997; Spencer et al., 2005) cuando el S_{dec} fue calculado para un número menor de repeticiones, se tenía en cuenta el tiempo total y el mejor tiempo hasta esa repetición, como el índice Change o diferencia entre el primer y el último sprint ($Change$) ($100 \times ((\text{Ultimo} - \text{Primero}) / \text{Primero})$) (Pyne et al., 2008).

Antes del estudio todos los jugadores fueron informados acerca de los requisitos y posibles riesgos que conllevaba su participación y dieron y firmaron su consentimiento informado. Para las comidas y cenas del día anterior al test recibieron indicaciones de que fueran ricas en carbohidratos (pasta, arroz, patatas... más pollo y fruta) y bien hidratados (al menos 1,5 l de agua), evitando cafeína, alcohol, estimulantes, y comidas copiosas, grasas e hiperptoeicas. La mañana del test, los sujetos desayunaban aproximadamente 2-3 horas antes del ejercicio, restringiendo las bebidas con cafeína, incluido café con leche y alcohol, así como el ejercicio durante las 24 h previas. El estudio es fiel a las condiciones marcadas

desde la Declaración de Helsinki. Los participantes completaron un test RSA antes (pre-test) y después (post-test) de una intervención desarrollada durante el periodo competitivo, en una fase de ausencia de competición. En todos los casos la intervención duró 15 días.

Análisis estadístico.

Antes de usar las pruebas paramétricas se verificó la normalidad de la muestra por medio del test Shapiro-Wilk. Se analizaron las diferencias entre grupos (DG, AG y SG) en todas las variables analizadas, antes y después de la intervención usando Anova de un factor (Clemente, Couceiro, Martins, Ivanova, & Mendes), mediante el análisis post hoc Bonferroni y Student Neuman–Keuls con un nivel de significatividad de $p < 0.05$. Prueba *t de Student* para muestras relacionadas fue utilizada para analizar los efectos de la intervención en cada grupo con un intervalo de confianza del 95%. Los datos estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico SPSS versión 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Los datos son como media \pm SD.

RESULTADOS.

Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre DG y los otros dos grupos en RSA_{total} , RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{peor} , en la evaluación inicial. Solo se obtuvieron diferencias significativas antes de la intervención entre AG y SG en RSA_{peor} . Después de la intervención se siguen manteniendo estas diferencias significativas entre DG y los otros dos grupos. No se obtuvieron diferencias significativas entre ningún grupo en los índices de fatiga (*Sdec* y *Change*) ni antes ni después de la intervención.

Se obtuvieron diferencias significativas en todas las variables absolutas del test (RSA_{total} , RSA_{mejor} , RSA_{media} y RSA_{peor}) entre antes y después de la intervención en los tres grupos, empeorando el rendimiento en el caso de DG y AG y mejorándolo en SG. No se obtuvieron diferencias significativas tras periodo de intervención en ninguno de los dos índices de fatiga analizados en ninguno de los tres grupos (Tabla 1).

Tabla 1. Test RSA (8x30m 25s recuperación) en futbolistas juveniles antes y después de 3 tipos de intervención durante 15 días

	Pre	Post	Δ
Grupo DesentrenamientoDG (n=16)			
RSA_{total} (s)	33.38 ± 0.37 †† ‡‡	33.96 ± 0.37 * †† ‡‡	-1.7
RSA_{mejor} (s)	4.01 ± 0.05 †† ‡‡	4.09 ± 0.04 * †† ‡‡	-1.9
RSA_{media} (s)	4.17 ± 0.14 †† ‡‡	4.24 ± 0.05 * †† ‡‡	-1.7
RSA_{peor} (s)	4.30 ± 0.03 ††‡‡	4.35 ± 0.05 †† ‡‡	-1.2
Sdec (%)	4.19 ± 0.49	3.83 ± 0.41	-0.4
Change (%)	7.38 ± 0.73	6.56 ± 0.53	-0.8
Grupo Aeróbico AG (n=15)			
RSA_{total} (s)	35.53 ± 0.16	36.16 ± 0.19 **	-1.8
RSA_{mejor} (s)	4.27 ± 0.03	4.35 ± 0.03 **	-1.9
RSA_{media} (s)	4.44 ± 0.0	4.51 ± 0.02 **	-1.6
RSA_{peor} (s)	4.59 ± 0.03 &	4.71 ± 0.04 *	-2.6
Sdec (%)	3.85 ± 0.34	3.82 ± 0.43	-0.03
Change (%)	7.55 ± 0.63	7.62 ± 0.78	+0.07
Grupo EspecíficoSG (n=14)			
RSA_{total} (s)	36.12 ± 0.23	35.37 ± 0.16 **	+2.1
RSA_{mejor} (s)	4.35 ± 0.03	4.26 ± 0.03 **	+2.1
RSA_{media} (s)	4.52 ± 0.03	4.42 ± 0.02 **	+2.0
RSA_{peor} (s)	4.70 ± 0.04	4.57 ± 0.03 *	+2.8
Sdec (%)	3.73 ± 0.59	3.92 ± 0.38	+0.2
Change (%)	8.35 ± 1.10	7.47 ± 0.72	-0.9

Valores medios \pm SD. RSA_{total} = suma de los 8 sprints, RSA_{mejor} = mejor sprint, RSA_{media} = tiempo medio de los 8 sprints, RSA_{peor} = peor sprint, Sdec=decrecimiento, Change = diferencia entre primer y último; Δ = porcentaje de modificación del rendimiento en cada valor. * Diferencias significativas entre pre y post de la intervención. * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$. † Diferencias significativas entre DG y AG. Niveles de significación † = $p < 0.05$; †† = $p < 0.01$. \$ Diferencias significativas entre DG y SG. Niveles de significación: ‡ = $p < 0.05$; ‡‡ = $p < 0.01$. & Diferencias significativas entre AG y SG. Niveles de significación: & = $p < 0.05$; && = $p < 0.01$.

La evolución del Sdec antes y después de la intervención en cada uno de los 8 sprints individualmente, muestra que hay diferencias significativas en el rendimiento hasta el 8 sprint. No se han encontrado diferencias significativas entre la evaluación antes y después de la intervención, calculado el Sdec para cada uno de los 8 sprints que configuran el test (Figura 1).

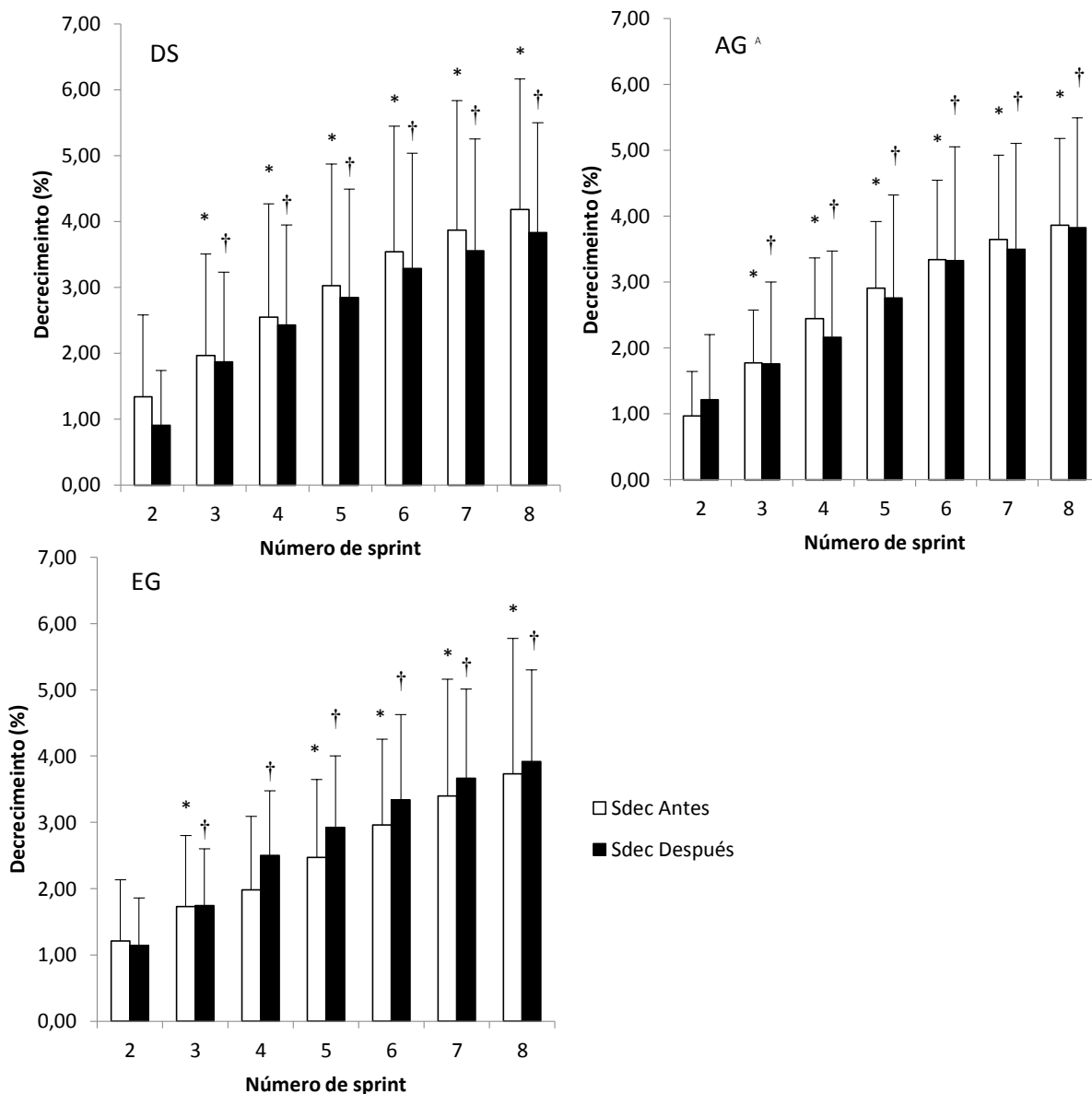


Figura 1. Decrecimiento o Índice de Fatiga *Sdec* en cada uno de los 8 sprints que configuran el test RSA (8x30 m con 25 s de recuperación) en el grupo de desentrenamiento (DS), grupo de entrenamiento aeróbico (AG) y grupo de entrenamiento específico (SG). * Diferencias significativas con el rendimiento del sprint anterior en el pre-test. Niveles de significación $*=p < 0.05$. † Diferencias significativas con el rendimiento del sprint anterior en el pre-test. Niveles de significación $†=p < 0.05$.

DISCUSIÓN.

Hasta donde podemos conocer, el presente estudio es el primero en utilizar un test RSA para comparar durante el breve periodo navideño (15 días) de ausencia de competición en una temporada de fútbol juvenil el efecto tanto de la inactividad o desentrenamiento como el de mantener la actividad mediante dos tipos distintos de estímulo de entrenamiento, uno genérico (aeróbico de alta intensidad) y otro específico (juegos reducidos y sprints

repetidos), y cuantificar las pérdidas de rendimiento en la capacidad para repetir sprints del test RSA asociadas al desentrenamiento, como su mantenimiento o mejora al mantener los estímulos de entrenamiento. Los valores obtenidos en el test RSA por este grupo de jugadores son similares a los mostrados por la literatura en jóvenes jugadores de élite, tanto en los valores absolutos como en los índices de fatiga (Chaouachi et al., 2010)

Los principales limitantes en la capacidad para repetir sprints (test RSA) están asociados a factores de tipo neuromuscular y metabólico (Girard et al., 2011), aunque los factores que condicionan su rendimiento no están claros (Glaister, 2005). Tanto la capacidad aeróbica del deportista, como su capacidad para eliminar los productos de fatiga generados por el metabolismo anaeróbico o las reservas de glucógeno muscular que disponga pueden condicionar las posibilidades para repetir sprints en futbolistas (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011; Kaplan, 2010). Aunque el entrenamiento puede influir en estas variables, no está aún bien definida la intervención que más se ajusta al desarrollo de esta capacidad. Algunos autores recomiendan el uso de actividades propias o específicas del fútbol (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010) mientras que otros piensan que un entrenamiento atlético con ejercicios de preparación general también puede dar resultados (Edge et al., 2005; Mohr et al., 2007). Sin embargo desde nuestro conocimiento no hay ningún estudio que los compare durante un periodo de interrupción de la competición de corta duración, ni que analice la influencia del desentrenamiento durante dicho periodo en el rendimiento en test RSA.

Los deportistas a menudo sufren interrupciones en sus programas de entrenamiento y competición, como consecuencia de enfermedades, lesiones, períodos de post-temporada, ciclos especiales durante la competición u otros factores que conllevan el cese o desaparición de su nivel habitual de actividad física (Mujika & Padilla, 2000a). El desentrenamiento ha sido definido como la pérdida parcial o completa de las adaptaciones fisiológicas, anatómicas y del rendimiento conseguido con el proceso de entrenamiento y como una consecuencia de la reducción o la suspensión del proceso de entrenamiento (Mujika & Padilla, 2001). De acuerdo con la literatura científica, hay dos tipos de desentrenamiento: el desentrenamiento de corta duración (DCD), de menos de 4 semanas de duración (Mujika & Padilla, 2000a), y el desentrenamiento de larga duración (DLD), con un período superior a las 4 semanas (Mujika & Padilla, 2000b).

El desentrenamiento de corta duración se caracteriza por un rápido descenso del $VO_2\text{max}$ en atletas altamente entrenados (Mujika & Padilla, 2000a). A nivel muscular, el desentrenamiento provoca a corto plazo una disminución de la densidad capilar (capilares por mm^2 , capilares por fibra y capilares por los 3 tipos de fibras), una significativa reducción de las enzimas oxidativas (hidroxiacil-CoA-deshidrogenasa, malato deshidrogenasa y succinato deshidrogenasa) y pequeñas modificaciones en la actividad de las enzimas glucolíticas (fosforilasa, PFK y hexokinasa) y como estos son factores de rendimiento en el RSA (Girard et al., 2011) ocasionaran un descenso en el rendimiento del mismo. En cambio, la distribución de las fibras musculares permanece inalterable (Mujika & Padilla, 2000a). La capacidad física que más pronto se ve afectada por el desentrenamiento es la velocidad (Marques & Gonzalez-Badillo, 2006).

La mayoría de los estudios utilizan los índices de fatiga para evaluar el rendimiento en los test RSA (Chaouachi et al., 2010; Impellizzeri et al., 2006; Mujika, Santisteban; Pyne et al., 2008). Sin embargo es necesario realizar una evaluación global de las variables utilizadas para determinar el rendimiento en el test RSA (Mohr et al., 2007; Morin, Dupuy, & Samozino, 2011), no limitándonos al análisis de los índices de fatiga.

La pérdida de rendimiento observada en las variables absolutas del test ($\text{RSA}_{\text{mejor}}$, $\text{RSA}_{\text{total}}$, $\text{RSA}_{\text{media}}$ y RSA_{peor}) en el grupo que no realizó ningún tipo entrenamiento (DG) y el grupo de entrenamiento aeróbico (AG) tienen un comportamiento similar. Un peor RSA coincide con el descenso de la velocidad o con un incremento del tiempo utilizado para cubrir la distancia (Mendez-Villanueva et al., 2008). A pesar de los pequeños porcentajes (~2%) de disminución del rendimiento, ambos grupos obtuvieron diferencias significativas en todos los valores absolutos entre pre y post intervención, disminuyendo su rendimiento de forma similar, mostrándose el entrenamiento aeróbico como insuficiente para mantener el rendimiento en esta capacidad, mostrando un comportamiento similar al desentrenamiento.

La desaparición temporal del entrenamiento en DG, ha podido provocar la desadaptación en variables musculares, metabólicas y cardiorrespiratorias (Mujika & Padilla, 2000a) que podría haber condicionado el RSA de los futbolistas evaluados. Con respecto a los aspectos musculares, los esfuerzos de alta intensidad demandan una elevada implicación neural con el objetivo de activar la musculatura participante, por lo tanto los factores neuromusculares podrían estar implicados en la aparición de la fatiga durante el RSA (Ross, Leveritt, & Riek, 2001) y se ha demostrado que un desentrenamiento de corta

duración provoca una pérdida de fuerza y alteraciones nerviosas (Gondin, Guette, Ballay, & Martin, 2006). La capacidad para activar de forma voluntaria la musculatura agonista y mantener un elevado índice de reclutamiento muscular, también son responsables de la fatiga (Perrey et al., 2010), ya que son elementos íntimamente relacionados con la capacidad para repetir sprints (Girard et al., 2011). El cese del entrenamiento durante 2 semanas, no provoca cambios en la distribución de las fibras musculares en atletas de resistencia (Houston, Bentzen, & Larsen, 1979) pudiendo descartar esta opción como la causante de la disminución del rendimiento. Por otra parte, el desentrenamiento puede ser la causa de la disminución en la sección transversal de la fibra muscular en jugadores de fútbol (Bangsbo et al., 1987), principalmente en las fibras de contracción rápida.

El estímulo asociado al entrenamiento aeróbico (AG) ha podido ser insuficiente para estimular el sistema neuromuscular y tener repercusiones sobre la velocidad máxima (Ross & Leveritt, 2001). Por lo tanto, este tipo de entrenamiento en jugadores bien entrenados no es útil para promover adaptaciones relevantes en algunas variables vinculadas al rendimiento. Aunque los futbolistas del grupo AG entrenaron, su pérdida de rendimiento no está asociada a una omisión del estímulo de entrenamiento, sino a que este estímulo fue insuficiente (Mujika & Padilla, 2000a). A pesar de que se ha mostrado la relación entre el rendimiento aeróbico y el RSA (Aziz et al., 2000; Buchheit, 2012a) y que el protocolo de entrenamiento empleado se ha mostrado útil para aumentar la cualidad aeróbica (Ferrari Bravo et al., 2008; Helgerud et al., 2001), en nuestro caso esta doble mejora no se ha cumplido, ya que los futbolistas que han utilizado esta metodología no han mejorado ni mantenido el rendimiento en el RSA. En atletas de velocidad se ha demostrado que durante los períodos de desentrenamiento hay atrofia en las fibras rápidas, como consecuencia de la falta de estímulos específicos (Hortobagyi et al., 1993) pudiendo ser otro de los causantes de la disminución del rendimiento en este grupo de intervención.

Por el contrario, el grupo de entrenamiento específico que combina juegos en espacios reducidos, utilizados por estudios previos (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011) y sprints repetidos, mejora significativamente en todos los parámetros absolutos del test RSA, mostrando que el entrenamiento específico combinado con series de sprint similares a las del test RSA son una estrategia válida para mejorar el rendimiento en estas variables. Estudios anteriores ya aportaron datos indicando que el entrenamiento

específico obtenía mejores resultados que el general en el rendimiento en test RSA (Ferrari Bravo et al., 2008). Aunque el RSA puede ser relacionado con la cualidad aeróbica (Bishop & Claudius, 2005; Buchheit, 2012a), la mejora en el RSA_{media} también puede reflejar una mejora en el metabolismo anaeróbico. Este progreso puede estar asociado al entrenamiento de sprint (Ferrari Bravo et al., 2008; Jacobs, Esbjornsson, Sylven, Holm, & Jansson, 1987). Una disminución en el RSA_{media} sin cambios en el índice de fatiga *Sdec* ha sido definida como una mejora anaeróbica (Ferrari Bravo et al., 2008), mostrándose por lo tanto útil esta metodología no solo para mejorar el RSA sino también el componente anaeróbico. Todas las variables mejoraron entorno al 2% en este grupo, por lo que un entrenamiento específico combinado con entrenamiento de resistencia a la velocidad mejora en dos semanas un 2% el rendimiento en el test RSA.

Para cuantificar la capacidad de resistir a la fatiga durante sprints repetidos, los trabajos hacen referencia a términos como el índice de fatiga (FI) o el porcentaje de decrecimiento *Sdec* (Girard et al., 2011). El *Sdec* parece ser la variable más válida para cuantificar la fatiga en un test RSA (Glaister, 2005). Sin embargo, únicamente con los índices de fatiga es insuficiente, ya que la evolución de estos indicadores no siempre representa el rendimiento (Mohr et al., 2007).

En la evaluación del rendimiento en el test RSA se utilizan otras variables como son el tiempo total (Chaouachi et al., 2010), el mejor tiempo (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010), la media de los tiempos (Ferrari Bravo et al., 2008; Impellizzeri et al., 2008) y el peor tiempo (Chaouachi et al., 2010). Mientras que el RSA es a menudo relacionado con un bajo índice de fatiga, es importante subrayar que un buen RSA se puede describir mejor con un buen rendimiento en el sprint medio más que con un índice de fatiga bajo (Bishop et al., 2011). Como el índice de fatiga puede estar determinado por el sprint inicial (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2007) es necesaria una evaluación global para determinar el rendimiento en el RSA, ya que los índices de fatiga han demostrado no ser los mejores indicadores de rendimiento en el RSA utilizados individualmente (Mohr et al., 2007; Racinais, Perrey, Denis, & Bishop, 2010). Los índices de fatiga obtenidos por los futbolistas juveniles de nuestro estudio han sido en el grupo DG de $4,19 \pm 0,49$ y $7,38 \pm 0,73$, en el AG de $3,85 \pm 0,34$ y $7,55 \pm 0,63$, y en el SG de $3,73 \pm 0,59$ y $8,35 \pm 1,10$ para *Sdec* y *Change* respectivamente; siendo similares a los de estudios anteriores con protocolos similares (Chaouachi et al., 2010; Pyne et al., 2008), si

bien es cierto que los obtenidos en este estudio son un poco más elevados, pero esto puede ser debido al mayor número de repeticiones empleadas en nuestro estudio (8 vs. 7, 6) con respecto a estos estudios, lo que originaría mayor fatiga. De hecho esto sucede en el estudio de da Silva et al., (2010) que utiliza una distancia mayor y obtiene un mayor índice de fatiga (~6.5%). O a que nuestros jugadores no pertenecían a un equipo de élite (Impellizzeri et al., 2008)

Tanto los grupos DG como AG no mostraron diferencias significativas antes y después de la intervención en los índices de fatiga *Sdec* y *Change*. Tampoco otros estudios han obtenido mejoras en los índices de fatiga con programas de entrenamiento de sprints (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, et al., 2010), interválicos (Ferrari Bravo et al., 2008) o comparando programas generales con específicos (Hill-Haas et al., 2009). Nuestra hipótesis de que la desaparición temporal del entrenamiento en DG provocaría desadaptaciones en variables musculares, metabólicas y cardiorrespiratorias (Mujika & Padilla, 2000a) y originaría un peor RSA test que aumentaría los índices de fatiga. Ello no se ha visto reflejada en nuestro estudio pues el RSA_{peor} no se modifica (aunque hay una tendencia a que con el desentrenamiento se reduzca) y sin que se acompañe de un descenso en el rendimiento en los índices de fatiga. Ello puede ser debido a tres posibilidades: primera, que los índices de fatiga del test RSA no sean sensibles a los cambios inducidos tanto por el desentrenamiento como por una intervención inespecífica en un corto periodo de dos semanas; segunda, que como estos cambios si modifican significativamente los valores absolutos del test RSA, la evolución de los mismos conlleve que no se vea alterado los índices de fatiga; y tercera, que los posibles cambios en los índices de fatiga queden enmascarados por las diferencias individuales adaptativas en función de las características neuromusculares y metabólicas y fisiológicas de los integrantes del grupo.

En nuestro trabajo no hemos analizado VO_2max , pero se ha demostrado que la metodología utilizada en el grupo aeróbico es válida para mejorar la cualidad aeróbica en jugadores de fútbol, si bien en periodos de mayor duración, 8 semanas (Helgerud et al., 2001). Sin embargo esta metodología no se ha mostrado útil para mejorar los índices de fatiga que determinan el rendimiento en un test RSA (Ferrari Bravo et al., 2008) al igual que ha sucedido en nuestro caso. Otras investigaciones también han demostrado que los sujetos con un mayor VO_2max tienen una capacidad superior para resistir la fatiga durante

el test RSA (Aziz et al., 2000; Dupont et al., 2010), especialmente durante los últimos sprints de la prueba (Bishop & Edge, 2006). Esto sugiere que mejorar el $VO_2\text{max}$ puede permitir una mayor contribución aeróbica a la realización sprints, y con ello mejorar RSA (Buchheit, 2012a). Por otra parte hay estudios que no han encontrado relación entre el rendimiento en RSA test y la cualidad aeróbica (Aziz et al., 2007; Castagna et al., 2007) por lo que a pesar de aumentar la cualidad aeróbica de los sujetos, no se produce una mejora de los índices de fatiga en el test RSA. La diferencia en los resultados de los estudios anteriores podría deberse a la diferencia entre los protocolos utilizados, número de repeticiones, distancia del sprint, duración y tipo de recuperación (Dupont et al., 2010; Thebault et al., 2011). Si bien el entrenamiento aeróbico provoca una disminución en el índice de fatiga durante la prueba de sprint repetidas, creemos que esto también puede estar influido por un peor primer sprint, que permite ampliar el potencial de mejora en el jugador. Los resultados de nuestro estudio nos muestran que los índices de fatiga no se modifican con el entrenamiento aeróbico en un periodo de dos semanas, sino que se mantienen tanto en AG, como en SG y DG.

SG tampoco obtuvo cambios significativos en los índices de fatiga después de la intervención. Al contrario que en los otros dos grupos, nuestra hipótesis era mejorarían. Se ha demostrado la relación negativa existente entre RSA_{mejor} y el resultado obtenido en los índices de fatiga (Mendez-Villanueva et al., 2007) con lo cual una mejora del rendimiento en el RSA_{mejor} originaría un peor índice de fatiga, esta podría ser la razón de porque no se obtuvieron mejoras significativas en los índices de fatiga en este grupo, ya que vieron mejorado significativamente su RSA_{mejor} con la intervención.

Aunque el índice de fatiga es una medida interesante, es difícil de interpretar cuando hay cambios simultáneos en el sprint inicial. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que DG tuvo un mejor RSA_{mejor} , RSA_{total} y RSA_{media} , todo ello con un índice de fatiga peor o similar, en el pre-test y el post-test. Esto sugiere que este grupo tenía la mayor capacidad para llevar a cabo el ejercicio intermitente de alta intensidad a pesar de tener los peores índices de fatiga (Bishop & Edge, 2006).

A pesar de que estudios previos muestran que para determinar el rendimiento en test RSA es suficiente con la realización de un test con 5 repeticiones (Chouachi et al., 2010), en nuestro estudio se ha obtenido diferencias significativas en el rendimiento evaluado mediante el Sdec hasta el 8 sprint, mostrándose una tendencia a un peor rendimiento o

aumento de la fatiga en sprint posteriores. Esta tendencia se muestra tanto en la evaluación pre intervención, como en la evaluación post entrenamiento independientemente del tipo de estímulo ofrecido a los futbolistas.

En definitiva este trabajo permite mostrar que, ante periodos de 15 días sin competición y en futbolistas juveniles con diferentes niveles de habilidad para realizar test RSA, ni el desentrenamiento ni realizar durante dicho periodo con 2 entrenamientos diferentes, conllevan modificación alguna en los índices de fatiga (*Sdec* y *Change*); y que sólo entrenamientos específicos (small sides games y sprints repetidos) son capaces de mejorar el rendimiento en las variables absolutas que integran un test RSA (RSA_{mejor} , RSA_{total} y RSA_{media}), mientras que entrenamientos inespecíficos o genéricos (aeróbicos de alta intensidad) no sólo no lo logran, sino que las reducen significativamente, y comportándose igual que un mismo periodo de desentrenamiento o de ausencia de estímulos de entrenamiento. Ante la evidencia en los 3 tipos de intervención de que los índices de fatiga (ya sea *Sdec* o *Change*) no sufren modificaciones, se hace necesario para poder seguir dando utilidad a los mismos, tal y como establecen otros estudios, profundizar en las causas de éstas ausencias de modificación. Éstas pudieran obedecer a diferencias individuales neuromusculares y metabólicas de cada uno de los futbolistas, cuyas diferentes adaptaciones a los estímulos de entrenamiento conllevaran, en su análisis grupal, enmascarar dichas modificaciones de los índices de fatiga. Para ello se precisan más estudios, al igual que para estudiar la influencia de mayores periodos de desentrenamiento, ya sean de aún de corta duración (3-4 semanas), o bien de larga duración típicos de lesiones (Mujika & Padilla, 2000b).

CONCLUSIONES.

1. En futbolistas juveniles durante un periodo de 12 días sin competición la habilidad para realizar sprints en el test RSA se reduce en la misma cuantía tanto con la inactividad propia del desentrenamiento como ante la realización de un entrenamiento inespecífico genérico aeróbico de alta intensidad; mientras que un entrenamiento específico basado en juegos en espacios reducidos combinados con sprints repetidos es capaz de mejorar estos valores absolutos del test RSA.
2. Durante un periodo de descanso competitivo corto de 12 días los índices de fatiga propios del test RSA no se modifican ni con la inactividad, o desentrenamiento, ni con la realización de 8 sesiones semanales de entrenamientos específicos o inespecíficos

3. En un periodo de 12 días, el rendimiento a partir del 3º sprint del test RSA mejora en todos ellos ante un entrenamiento específico que combina juegos en espacios reducidos y sprints repetidos, al igual que se reduce en todos ellos ante un entrenamiento genérico aeróbico de alta intensidad, reducción similar a la que se obtiene ante la inactividad durante dicho periodo (o desentrenamiento de muy corta duración).

BIBLIOGRAFÍA.

- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.
- Balsom, P. D., Ekblom, B., & Sjodin, B. (1994). Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. *Acta Physiol Scand*, 150(4), 455-456.
- Billaut, F., & Bishop, D. (2009). Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Med*, 39(4), 257-278.
- Bishop, D., & Claudius, B. (2005). Effects of induced metabolic alkalosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), 759-767.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *Eur J Appl Physiol*, 97(4), 373-379.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*, 80(3), 876-884.
- Buchheit, M. (2012a). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, 33(3), 230-239.
- Buchheit, M. (2012b). Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance? *Sports Med*, 42(2), 169-172; author reply 172-163.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*, 31(10), 709-716.

- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1172-1176.
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M., Ivanova, M. O., & Mendes, R. (2013). Activity profiles of soccer players during the 2010 world cup. *J Hum Kinet*, 38, 201-211.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2115-2121.
- Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M., & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand J Med Sci Sports*, 7(4), 206-213.
- Dupont, G., McCall, A., Prieur, F., Millet, G. P., & Berthoin, S. (2010). Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. *Eur J Appl Physiol*, 110(3), 627-634.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11), 1975-1982.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757-777.
- Gondin, J., Guette, M., Ballay, Y., & Martin, A. (2006). Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol*, 97(2), 165-173.
- Hautier, C. A., Arsac, L. M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4), 839-843.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(4), 665-671.
- Hill-Haas, S., Coutts, A., Rowsell, G. J., & Dawson, B. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med*, 30(9), 636-642.
- Hill-Haas, S., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Med*, 41(3), 199-220.
- Hortobagyi, T., Houmard, J. A., Stevenson, J. R., Fraser, D. D., Johns, R. A., & Israel, R. G. (1993). The effects of detraining on power athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 25(8), 929-935.
- Houston, M. E., Bentzen, H., & Larsen, H. (1979). Interrelationships between skeletal muscle adaptations and performance as studied by detraining and retraining. *Acta Physiol Scand*, 105(2), 163-170.

- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Ingebrigtsen, J., Shalfawi, S. A., Tonnessen, E., Krstrup, P., & Holtermann, A. (2013). Performance effects of 6 weeks of aerobic production training in junior elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1861-1867.
- Kaplan, T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1495-1501.
- Krstrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Marques, M. C., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2006). In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res*, 20(3), 563-571.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12), 2219-2225.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, 103(4), 411-419.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602.
- Morin, J. B., Dupuy, J., & Samozino, P. (2011). Performance and fatigue during repeated sprints: what is the appropriate sprint dose? *J Strength Cond Res*, 25(7), 1918-1924.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000a). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(2), 79-87.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000b). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: Long term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(3), 145-154.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Muscular characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc*, 33(8), 1297-1303.
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci*, 27(2), 107-114.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Neufer, P. D. (1989). The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. *Sports Med*, 8(5), 302-320.
- Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K., & Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 109(6), 1027-1036.

- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- Racinais, S., Perrey, S., Denis, R., & Bishop, D. (2010). Maximal power, but not fatigability, is greater during repeated sprints performed in the afternoon. *Chronobiol Int*, 27(4), 855-864.
- 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. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Ross, A., & Leveritt, M. (2001). Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. *Sports Med*, 31(15), 1063-1082.
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Med*, 31(6), 409-425.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C., Dascombe, B., & Bishop, D. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. *Eur J Appl Physiol*, 103(5), 545-552.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelegue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Turki-Belkhiria, L., Chaouachi, A., Turki, O., Chtourou, H., Chtara, M., Chamari, K., . . . Behm, D. G. (2014). Eight weeks of dynamic stretching during warm-ups improves jump power but not repeated or single sprint performance. *Eur J Sport Sci*, 14(1), 19-27.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 30(3), 462-467.

6. CONCLUSIONES



Jugadores de fútbol realizando el test de campo Course Navette para determinar la capacidad aeróbica, realizándose en su campo habitual de entrenamiento y con la indumentaria y calzado habitual.

Los estudios realizados para responder a los objetivos planteados han dado como resultado las siguientes conclusiones:

Respecto de valorar la influencia de la cualidad aeróbica y recuperación al esfuerzo en la capacidad para repetir sprint (estudios 5.1 a 5.4):

PRIMERA: Los futbolistas con mayor capacidad aeróbica se adaptan mejor a realizar ejercicios de intensidad máxima, recuperan mejor de intensidades máximas y submáximas, tienen un mejor rendimiento en capacidad para realizar sprints repetidos (RSA). La relación entre el VO_2 max y el rendimiento en RSA refleja la asociación del metabolismo aeróbico a la realización de sprints repetidos, relación que también se manifiesta entre los esfuerzos específicos de la demarcación del futbolista y su recuperación al esfuerzo.

SEGUNDA: La edad de los futbolistas de categoría juvenil (16-18 años) no influye ni en la capacidad aeróbica, ni en la resistencia aeróbica, ni en la capacidad para realizar sprints repetidos (RSA); no obstante, los de mayor edad presentan menor capacidad de recuperación al esfuerzo tanto tras intensidades máximas como submáximas.

TERCERA: Los universitarios que entrenan más de 5 horas semanales incrementan el rendimiento en la capacidad para realizar sprints repetidos (RSA), relacionándose éste rendimiento en el RSA con la mayor masa libre de grasa y menor porcentaje de grasa.

CUARTA: Combinar entrenamiento aeróbico de alta intensidad y juegos en espacios reducidos en jóvenes jugadores de fútbol aumenta la intensidad del entrenamiento, mejora la cualidad aeróbica (tanto capacidad y resistencia aeróbica, como la recuperación al esfuerzo máximo) al igual que incrementa su rendimiento en RSA. Estas mejoras obtenidas al combinar el trabajo físico con el trabajo técnico-táctico permite una mayor optimización del tiempo y efectividad que el típico entrenamiento específico integrado.

Respecto de determinar la influencia de diferentes programas de entrenamiento específicos del fútbol en el rendimiento en sprint y en la capacidad para repetir sprint (RSA) (estudios 5.5 a 5.8):

QUINTA: El rendimiento en test RSA en jóvenes futbolistas de élite, mejora en la pretemporada, y se estabiliza durante el periodo competitivo, y se reduce tras 2 semanas de inactividad independientemente de la demarcación ocupada por los jugadores en el

terreno de juego. Sin embargo, los índices de fatiga no se modifican durante el desarrollo de la temporada competitiva, mostrándose insensibles a cambios en la condición física.

SEXTA: La realización de estiramientos estáticos durante 30 s de las musculatura isquiotibial por futbolistas jóvenes, mejora la flexibilidad y muestra un efecto positivo en la velocidad lineal.

SEPTIMA: El entrenamiento de pretemporada realizado mediante juegos reducidos se ha mostrado útil para mejorar el rendimiento en la capacidad de repetir sprints, en aquellos futbolistas con bajo nivel de rendimiento en RSA

OCTAVA: Protocolos de entrenamiento de alta intensidad mediante repeticiones cortas y largas se han mostrado útiles para mejorar el rendimiento en los valores absolutos de un test RSA sin cambios en los índices de fatiga.

Respecto de analizar la influencia del desentrenamiento en la capacidad para repetir sprints (estudios 5.9 y 5.10):

NOVENA: Un periodo de desentrenamiento de corta duración (12 días) disminuye el rendimiento en la capacidad de repetir sprint, tanto en jugadores profesionales como juveniles de élite, siendo mayor esta reducción del rendimiento en los futbolistas rápidos (aquellos con mayor capacidad de aceleración o velocidad máxima de sprint).

DECIMA: Durante un periodo de descanso competitivo corto de 12 días tanto el desentrenamiento (inactividad) como 8 sesiones de entrenamiento inespecífico genérico (aeróbico de alta intensidad) son insuficientes para mantener o mejorar el rendimiento en la capacidad de realizar sprints repetidos (RSA) ni sus índices de fatiga; sin embargo tan sólo 8 sesiones de un entrenamiento específico basado en juegos en espacios reducidos combinados con sprints repetidos es capaz de mejorar los tiempos absolutos del test RSA ya a partir del 3º sprint.

7. BIBLIOGRAFÍA



Jugadores de fútbol realizando el test de campo TIVRE-Fútbol® para determinar la resistencia específica en fútbol y la capacidad de recuperación, en su campo habitual de entrenamiento, con su indumentaria y calzado habitual, utilizando el software TIVRE-Fútbol® modificado.

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* (1985), 93(4), 1318-1326.
- Abbassi, V. (1998). Growth and normal puberty. *Pediatrics*, 102(2 Pt 3), 507-511.
- Abrantes, C., Macas, V., & Sampaio, J. (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *J Sports Sci Med*, 3(YISI 1), 44-49.
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*, 33(7), 517-538.
- Alvero, J. R., Cabañas, M. D., Herrero de Lucas, A., Martinez, L., Moreno, C., Porta, J., . . . Sirvent, J. E. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *AMD*, 131, 166-179.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 278-285.
- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.
- Bailey, S. J., Wilkerson, D. P., Dimenna, F. J., & Jones, A. M. (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *J Appl Physiol*, 106(6), 1875-1887.
- Balsom, P. D., Ekblom, B., & Sjodin, B. (1994). Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. *Acta Physiol Scand*, 150(4), 455-456.
- Balsom, P. D., Gaitanos, G. C., Ekblom, B., & Sjodin, B. (1994). Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiol Scand*, 152(3), 279-285.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjodin, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int J Sports Med*, 13(7), 528-533.
- Ball, D., Burrows, C., & Sargeant, A. J. (1999). Human power output during repeated sprint cycle exercise: the influence of thermal stress. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79(4), 360-366.
- Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci*, 12 Spec No, S5-12.
- Bangsbo, J. (1998). Optimal preparation for the World Cup in soccer. *Clin Sports Med*, 17(4), 697-709.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.
- Baraldi, E., Cooper, D. M., Zanconato, S., & Armon, Y. (1991). Heart rate recovery from 1 minute of exercise in children and adults. *Pediatr Res*, 29(6), 575-579.

- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.
- Bazett-Jones, D. M., Gibson, M. H., & McBride, J. M. (2008). Sprint and vertical jump performances are not affected by six weeks of static hamstring stretching. *J Strength Cond Res*, 22(1), 25-31.
- Beckett, J. R., Schneiker, K. T., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Guelfi, K. J. (2009). Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Med Sci Sports Exerc*, 41(2), 444-450.
- Beneke, R., Hutler, M., Jung, M., & Leithauser, R. M. (2005). Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *J Appl Physiol (1985)*, 99(2), 499-504.
- Billaut, F., & Basset, F. A. (2007). Effect of different recovery patterns on repeated-sprint ability and neuromuscular responses. *J Sports Sci*, 25(8), 905-913.
- Billaut, F., Basset, F. A., & Falgairette, G. (2005). Muscle coordination changes during intermittent cycling sprints. *Neurosci Lett*, 380(3), 265-269.
- Billaut, F., & Bishop, D. (2009). Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Med*, 39(4), 257-278.
- Bishop, D., & Claudius, B. (2005). Effects of induced metabolic alkalosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), 759-767.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *Eur J Appl Physiol*, 97(4), 373-379.
- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc*, 36(5), 807-813.
- Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol*, 92(4-5), 540-547.
- Bishop, D., Edge, J., Thomas, C., & Mercier, J. (2008). Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 295(6), R1991-1998.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport*, 6(2), 199-209.
- Bishop, D., & Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(1), 1-7.
- Bishop, D., & Schneiker, K. (2007). Different interpretation of the effect of two different intense training regimens on repeated sprint ability. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 293(3), R1459; author reply R1460.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 80(3), 876-884.

- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*, *482* (Pt 2), 467-480.
- Bonen, A., McCullagh, K. J., Putman, C. T., Hultman, E., Jones, N. L., & Heigenhauser, G. J. (1998). Short-term training increases human muscle MCT1 and femoral venous lactate in relation to muscle lactate. *Am J Physiol*, *274*(1 Pt 1), E102-107.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, *14*(5), 377-381.
- Borg, G., Ljunggren, G., & Ceci, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *54*(4), 343-349.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol*, *101*(4), 503-511.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med*, *38*(8), 633-646.
- Bosco, C., Colli, R., Bonomi, R., von Duvillard, S. P., & Viru, A. (2000). Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(1), 202-208.
- Bosquet, L., Gamelin, F. X., & Berthoin, S. (2008). Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med*, *29*(3), 238-243.
- Bosquet, L., Leger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, *32*(11), 675-700.
- Bradley, P. S., Carling, C., Gomez Diaz, A., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., . . . Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Hum Mov Sci*, *32*(4), 808-821.
- Bradley, P. S., Mohr, M., Bendiksen, M., Randers, M. B., Flindt, M., Barnes, C., . . . Krstrup, P. (2011). Sub-maximal and maximal Yo-Yo intermittent endurance test level 2: heart rate response, reproducibility and application to elite soccer. *Eur J Appl Physiol*, *111*(6), 969-978.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*, *27*(2), 159-168.
- Brooks, S., Nevill, M. E., Meleagros, L., Lakomy, H. K., Hall, G. M., Bloom, S. R., & Williams, C. (1990). The hormonal responses to repetitive brief maximal exercise in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *60*(2), 144-148.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Med*, *38*(12), 1045-1063.
- Buchheit, M. (2012a). Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med*, *33*(3), 230-239.
- Buchheit, M. (2012b). Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance?. *Sports Med*, *42*(2), 169-172; author reply 172-163.
- Buchheit, M., Cormie, P., Abbiss, C. R., Ahmaidi, S., Nosaka, K. K., & Laursen, P. B. (2009). Muscle deoxygenation during repeated sprint running: Effect of active vs. passive recovery. *Int J Sports Med*, *30*(6), 418-425.

- Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, *291*(1), H451-458.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, *24*(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T., & Ahmaidi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *Int J Sports Physiol Perform*, *5*(2), 152-164.
- Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*, *31*(10), 709-716.
- Buchheit, M., Millet, G. P., Parisy, A., Pourchez, S., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, *40*(2), 362-371.
- Buchheit, M., Simpson, B. M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Repeated high-speed activities during youth soccer games in relation to changes in maximal sprinting and aerobic speeds. *Int J Sports Med*, *34*(1), 40-48.
- Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*, *112*(2), 711-723.
- Buchheit, M., & Ufland, P. (2011). Effect of endurance training on performance and muscle reoxygenation rate during repeated-sprint running. *Eur J Appl Physiol*, *111*(2), 293-301.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*, *38*(10), 839-862.
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *J Sports Sci*, *30*(4), 325-336.
- Carr, A., Dawson, B., Schneiker, K., Goodman, C., & Lay, B. (2008). Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fitness*, *48*(4), 472-478.
- Castagna, C., Abt, G., Manzi, V., Annino, G., Padua, E., & D'Ottavio, S. (2008). Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *J Strength Cond Res*, *22*(3), 923-929.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Weston, M., & Manzi, V. (2011). Applicability of a change of direction ability field test in soccer assistant referees. *J Strength Cond Res*, *25*(3), 860-866.
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J Strength Cond Res*, *21*(4), 1172-1176.
- Castillo-Rodriguez, A., Fernandez-Garcia, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L., & Carnero, E. A. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *J Strength Cond Res*, *26*(3), 725-732.
- Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J., Snader, C. E., & Lauer, M. S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*, *341*(18), 1351-1357.

- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P., & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, *52*(4), 869-873.
- Coote, J. H. (2010). Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Exp Physiol*, *95*(3), 431-440.
- Cottin, F., Medigue, C., Lopes, P., Lepretre, P. M., Heubert, R., & Billat, V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med*, *28*(4), 287-294.
- Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisloff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *Br J Sports Med*, *39*(1), 24-28.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong del, P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, *26*(10), 2667-2676.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, *24*(10), 2663-2669.
- Chelly, S. M., & Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(2), 326-333.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, *24*(8), 2115-2121.
- Dadebo, B., White, J., & George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med*, *38*(4), 388-394.
- Dawson, B. (2012). Repeated-sprint ability: where are we? *Int J Sports Physiol Perform*, *7*(3), 285-289.
- Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M., & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand J Med Sci Sports*, *7*(4), 206-213.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*, *18*(2), 353-358.
- Del Balso, C., & Cafarelli, E. (2007). Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. *J Appl Physiol* (1985), *103*(1), 402-411.
- Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med*, *24*(3), 147-156.
- Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R., & Goris, M. (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, *27*(8), 1203-1209.
- Dellal, A., Drust, B., & Lago-Penas, C. (2012). Variation of activity demands in small-sided soccer games. *Int J Sports Med*, *33*(5), 370-375.
- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong del, P., & Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*, *24*(12), 3219-3226.

- Dellal, A., Varliette, C., Owen, A., Chirico, E. N., & Pialoux, V. (2012). Small-sided games versus interval training in amateur soccer players: effects on the aerobic capacity and the ability to perform intermittent exercises with changes of direction. *J Strength Cond Res*, *26*(10), 2712-2720.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, *28*(3), 222-227.
- Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sports Sci*, *18*(11), 885-892.
- Dubouchaud, H., Butterfield, G. E., Wolfel, E. E., Bergman, B. C., & Brooks, G. A. (2000). Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, *278*(4), E571-579.
- Duffield, R., Dawson, B., Bishop, D., Fitzsimons, M., & Lawrence, S. (2003). Effect of wearing an ice cooling jacket on repeat sprint performance in warm/humid conditions. *Br J Sports Med*, *37*(2), 164-169.
- Duffield, R., King, M., & Skein, M. (2009). Recovery of voluntary and evoked muscle performance following intermittent-sprint exercise in the heat. *Int J Sports Physiol Perform*, *4*(2), 254-268.
- Dupont, G., Blondel, N., & Berthoin, S. (2003). Performance for short intermittent runs: active recovery vs. passive recovery. *Eur J Appl Physiol*, *89*(6), 548-554.
- Dupont, G., McCall, A., Prieur, F., Millet, G. P., & Berthoin, S. (2010). Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. *Eur J Appl Physiol*, *110*(3), 627-634.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, *95*(1), 27-34.
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S., & Berthoin, S. (2004). Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(2), 302-308.
- Edg, E. J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*, *96*(3), 225-234.
- Edge, J., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *Eur J Appl Physiol*, *96*(1), 97-105.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(11), 1975-1982.
- Edge, J., Hill-Haas, S., Goodman, C., & Bishop, D. (2006). Effects of resistance training on H⁺ regulation, buffer capacity, and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc*, *38*(11), 2004-2011.
- Enoka, R. M., & Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol (1985)*, *72*(5), 1631-1648.
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur J Appl Physiol*, *93*(1-2), 167-172.
- Falk, B., Weinstein, Y., Dotan, R., Abramson, D. A., Mann-Segal, D., & Hoffman, J. R. (1996). A treadmill test of sprint running. *Scand J Med Sci Sports*, *6*(5), 259-264.
- Farley, C. T., Blickhan, R., Saito, J., & Taylor, C. R. (1991). Hopping frequency in humans: a test of how springs set stride frequency in bouncing gaits. *J Appl Physiol (1985)*, *71*(6), 2127-2132.

- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631.
- Fernandez-Fernandez, J., Zimek, R., Wiewelhoeve, T., & Ferrauti, A. (2012). High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. *J Strength Cond Res*, 26(1), 53-62.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A. W., Ferguson, R. J., Montpetit, R. R., & Chaitman, B. R. (1982). Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, 14(6), 453-456.
- Fraser, S. F., Li, J. L., Carey, M. F., Wang, X. N., Sangkabutra, T., Sostaric, S., . . . McKenna, M. J. (2002). Fatigue depresses maximal in vitro skeletal muscle Na(+)-K(+)-ATPase activity in untrained and trained individuals. *J Appl Physiol* (1985), 93(5), 1650-1659.
- Fuglevand, A. J., Zackowski, K. M., Huey, K. A., & Enoka, R. M. (1993). Impairment of neuromuscular propagation during human fatiguing contractions at submaximal forces. *J Physiol*, 460, 549-572.
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *J Strength Cond Res*, 22(2), 543-552.
- Gabriel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med*, 36(2), 133-149.
- Gaitanos, G. C., Nevill, M. E., Brooks, S., & Williams, C. (1991). Repeated bouts of sprint running after induced alkalosis. *J Sports Sci*, 9(4), 355-370.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, 75(2), 712-719.
- Garcia-Lopez, J., Rodriguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., Gonzalez-Montesinos, J. L., Mora, J., & Villa, J. G. (2004). Validación lactica de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para determinar el umbral anaeróbico del futbolista. *RICYDE*, 2(1), 3-19.
- Garcia-Lopez, J., Villa, J. G., Rodriguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., Alvarez, E., & Jover, R. (2003). Aplicación de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para valorar la cualidad aeróbica en futbolistas de la liga española. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 71, 80-81.
- Gibala, M. J., Little, J. P., van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., . . . Tarnopolsky, M. A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*, 575(Pt 3), 901-911.
- Gibson, N., Currie, J., Johnston, R., & Hill, J. (2013). Relationship between measures of aerobic fitness, speed and repeated sprint ability in full and part time youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(1), 9-16.
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res*, 21(2), 438-445.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.

- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757-777.
- Glaister, M. (2008). Multiple-sprint work: methodological, physiological, and experimental issues. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(1), 107-112.
- Glaister, M., Howatson, G., Lockey, R. A., Abraham, C. S., Goodwin, J. E., & McInnes, G. (2007). Familiarization and reliability of multiple sprint running performance indices. *J Strength Cond Res*, 21(3), 857-859.
- Glaister, M., Stone, M. H., Stewart, A. M., Hughes, M., & Moir, G. L. (2005). The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. *J Strength Cond Res*, 19(4), 831-837.
- Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Ahmaidi, S., Williams, B. K., & Buchheit, M. (2014). Changes of direction during high-intensity intermittent runs: neuromuscular and metabolic responses. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 6(1), 2.
- Hakkinen, K., & Komi, P. V. (1983). Electromyographic and mechanical characteristics of human skeletal muscle during fatigue under voluntary and reflex conditions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 55(4), 436-444.
- Hamilton, A. L., Nevill, M. E., Brooks, S., & Williams, C. (1991). Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *J Sports Sci*, 9(4), 371-382.
- Hart, E., Dawson, E., Rasmussen, P., George, K., Secher, N. H., Whyte, G., & Shave, R. (2006). Beta-adrenergic receptor desensitization in man: insight into post-exercise attenuation of cardiac function. *J Physiol*, 577(Pt 2), 717-725.
- Haseler, L. J., Hogan, M. C., & Richardson, R. S. (1999). Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. *J Appl Physiol* (1985), 86(6), 2013-2018.
- Hautier, C. A., Arzac, L. M., Deghdogh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4), 839-843.
- Hebestreit, H., Mimura, K., & Bar-Or, O. (1993). Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *J Appl Physiol* (1985), 74(6), 2875-2880.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(4), 665-671.
- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med*, 32(9), 677-682.
- Henderson, G., Barnes, C. A., & Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport*, 13(4), 397-402.
- Higginbotham, M. B., Morris, K. G., Williams, R. S., McHale, P. A., Coleman, R. E., & Cobb, F. R. (1986). Regulation of stroke volume during submaximal and maximal upright exercise in normal man. *Circ Res*, 58(2), 281-291.

- 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. *J Sports Sci*, 25(6), 619-628.
- Hill-Haas, S., Dawson, B., Impellizzeri, F., & Coutts, A. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Med*, 41(3), 199-220.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Rowsell, G. J., & Dawson, B. T. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med*, 30(9), 636-642.
- Hirsh, D. S., Vittorio, T. J., Barbarash, S. L., Hudaihed, A., Tseng, C. H., Arwady, A., . . . Jorde, U. P. (2006). Association of heart rate recovery and maximum oxygen consumption in patients with chronic congestive heart failure. *J Heart Lung Transplant*, 25(8), 942-945.
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci*, 23(6), 573-582.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, 36(3), 218-221.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 56(4), 831-838.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Imai, K., Sato, H., Hori, M., Kusuoka, H., Ozaki, H., Yokoyama, H., . . . Kamada, T. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*, 24(6), 1529-1535.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Jones, R. M., Cook, C. C., Kilduff, L. P., Milanovic, Z., James, N., Sporis, G., . . . Vuckovic, G. (2013). Relationship between Repeated Sprint Ability and Aerobic Capacity in Professional Soccer Players. *Scientific World J*, 2013, 952350.
- Juel, C., Pilegaard, H., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2000). Interstitial K(+) in human skeletal muscle during and after dynamic graded exercise determined by microdialysis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 278(2), R400-406.
- Kalapotarakos, V. I., Ziogas, G., & Tokmakidis, S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1502-1507.
- Kaplan, T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1495-1501.
- Kentta, G., & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*, 26(1), 1-16.

- King, M., & Duffield, R. (2009). The effects of recovery interventions on consecutive days of intermittent sprint exercise. *J Strength Cond Res*, *23*(6), 1795-1802.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, *35*(4), 697-705.
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J. M., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*, *38*(9), 1666-1673.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, *38*(6), 1165-1174.
- Krustrup, P., Soderlund, K., Mohr, M., & Bangsbo, J. (2004). Slow-twitch fiber glycogen depletion elevates moderate-exercise fast-twitch fiber activity and O₂ uptake. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(6), 973-982.
- Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *49*(1), 1-12.
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, *6*(2), 93-101.
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, *19*(1), 76-78.
- Lopez-Segovia, M., Pareja-Blanco, F., Jimenez-Reyes, P., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2015). Determinant factors of repeat sprint sequences in young soccer players. *Int J Sports Med*, *36*(2), 130-136.
- Meckel, Y., Gottlieb, R., & Eliakim, A. (2009). Repeated sprint tests in young basketball players at different game stages. *Eur J Appl Physiol*, *107*(3), 273-279.
- Mendez-Villanueva, A., Edge, J., Suriano, R., Hamer, P., & Bishop, D. (2012). The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed. *PLoS One*, *7*(12), e51977.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2007). Physical fitness and performance. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical output. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(12), 2219-2225.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, *103*(4), 411-419.
- Midgley, A. W., Carroll, S., Marchant, D., McNaughton, L. R., & Siegler, J. (2009). Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set of standardized criteria. *Appl Physiol Nutr Metab*, *34*(2), 115-123.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Med*, *37*(12), 1019-1028.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, *21*(7), 519-528.

- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports*, 14(3), 156-162.
- Morante, J. C., Villa, J. G., & García-López, J. El uso de aplicaciones tecnológicas en la valoración fisiológica y biomecánica del rendimiento deportivo. *AMD*, 19(92), 479-484.
- Morin, J. B., Jeannin, T., Chevallier, B., & Belli, A. (2006). Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. *Int J Sports Med*, 27(2), 158-165.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000a). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(2), 79-87.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000b). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: Long term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(3), 145-154.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.
- Neufer, P. D. (1989). The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. *Sports Med*, 8(5), 302-320.
- Neufer, P. D., Costill, D. L., Fielding, R. A., Flynn, M. G., & Kirwan, J. P. (1987). Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 19(5), 486-490.
- Newman, M. A., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J Strength Cond Res*, 18(4), 867-872.
- Nilsson, G., Hedberg, P., Jonason, T., Lonnberg, I., & Ohrvik, J. (2007). Heart rate recovery is more strongly associated with the metabolic syndrome, waist circumference, and insulin sensitivity in women than in men among the elderly in the general population. *Am Heart J*, 154(3), 460 e461-467.
- Nimphius, S., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *J Strength Cond Res*, 24(4), 885-895.
- Oberg, B., Ekstrand, J., Moller, M., & Gillquist, J. (1984). Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *Int J Sports Med*, 5(4), 213-216.
- Oliver, J. L. (2009). Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability? *J Sci Med Sport*, 12(1), 20-23.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 137-149.
- Orendurff, M. S., Walker, J. D., Jovanovic, M., Tulchin, K. L., Levy, M., & Hoffmann, D. K. (2010). Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2683-2692.

- Ortenblad, N., Lunde, P. K., Levin, K., Andersen, J. L., & Pedersen, P. K. (2000). Enhanced sarcoplasmic reticulum Ca(2+) release following intermittent sprint training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 279(1), R152-160.
- Ostojic, S. M., Stojanovic, M. D., & Calleja-Gonzalez, J. (2011). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise: relations to aerobic power in sportsmen. *Chin J Physiol*, 54(2), 105-110.
- Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.
- Parolin, M. L., Chesley, A., Matsos, M. P., Spriet, L. L., Jones, N. L., & Heigenhauser, G. J. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *Am J Physiol*, 277(5 Pt 1), E890-900.
- Perini, R., Orizio, C., Comande, A., Castellano, M., Beschi, M., & Veicsteinas, A. (1989). Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58(8), 879-883.
- Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K., & Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 109(6), 1027-1036.
- Pontifex, K. J., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Goodman, C. (2010). Effects of caffeine on repeated sprint ability, reactive agility time, sleep and next day performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 50(4), 455-464.
- Preen, D., Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Beilby, J., & Ching, S. (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 814-821.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1633-1637.
- Racinais, S., Bishop, D., Denis, R., Lattier, G., Mendez-Villaneuva, A., & Perrey, S. (2007). Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 268-274.
- Racinais, S., Perrey, S., Denis, R., & Bishop, D. (2010). Maximal power, but not fatigability, is greater during repeated sprints performed in the afternoon. *Chronobiol Int*, 27(4), 855-864.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024.
- Rampinini, E., Sassi, A., Azzalin, A., Castagna, C., Menaspa, P., Carlomagno, D., & Impellizzeri, F. M. (2010). Physiological determinants of Yo-Yo intermittent recovery tests in male soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 108(2), 401-409.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(6), 1048-1054.
- Ratel, S., Bedu, M., Hennegrave, A., Dore, E., & Duche, P. (2002). Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int J Sports Med*, 23(6), 397-402.

- Ratel, S., Williams, C. A., Oliver, J., & Armstrong, N. (2004). Effects of age and mode of exercise on power output profiles during repeated sprints. *Eur J Appl Physiol*, 92(1-2), 204-210.
- Ratel, S., Williams, C. A., Oliver, J., & Armstrong, N. (2006). Effects of age and recovery duration on performance during multiple treadmill sprints. *Int J Sports Med*, 27(1), 1-8.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci*, 15(3), 257-263.
- Reilly, T., & Gilbourne, D. (2003). Science and football: a review of applied research in the football codes. *J Sports Sci*, 21(9), 693-705.
- Rosch, D., Hodgson, R., Peterson, T. L., Graf-Baumann, T., Junge, A., Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sports Med*, 28(5 Suppl), S29-39.
- Ross, A., & Leveritt, M. (2001). Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. *Sports Med*, 31(15), 1063-1082.
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Med*, 31(6), 409-425.
- Ruff, R. L., Simoncini, L., & Stuhmer, W. (1988). Slow sodium channel inactivation in mammalian muscle: a possible role in regulating excitability. *Muscle Nerve*, 11(5), 502-510.
- Ruscello, B., Tozzo, N., Briotti, G., Padua, E., Ponzetti, F., & D'Ottavio, S. (2013). Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1904-1919.
- Sahlin, K., & Ren, J. M. (1989). Relationship of contraction capacity to metabolic changes during recovery from a fatiguing contraction. *J Appl Physiol* (1985), 67(2), 648-654.
- Saltin, B., & Rowell, L. B. (1980). Functional adaptations to physical activity and inactivity. *Fed Proc*, 39(5), 1506-1513.
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *J Strength Cond Res*, 23(6), 1644-1651.
- Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med*, 14(5), 267-273.
- Sim, A. Y., Dawson, B. T., Guelfi, K. J., Wallman, K. E., & Young, W. B. (2009). Effects of static stretching in warm-up on repeated sprint performance. *J Strength Cond Res*, 23(7), 2155-2162.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C., Dascombe, B., & Bishop, D. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. *Eur J Appl Physiol*, 103(5), 545-552.
- Spencer, M., Fitzsimons, M., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*, 9(1-2), 181-184.
- Spencer, M., Lawrence, S., Rechichi, C., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2004). Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J Sports Sci*, 22(9), 843-850.

- Spriet, L. L., Lindinger, M. I., McKelvie, R. S., Heigenhauser, G. J., & Jones, N. L. (1989). Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol* (1985), 66(1), 8-13.
- Stathis, C. G., Febbraio, M. A., Carey, M. F., & Snow, R. J. (1994). Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J Appl Physiol* (1985), 76(4), 1802-1809.
- Stojanovic, M. D., Ostojic, S. M., Calleja-Gonzalez, J., Milosevic, Z., & Mikic, M. (2012). Correlation between explosive strength, aerobic power and repeated sprint ability in elite basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 52(4), 375-381.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Stone, K. J., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Stembridge, M. R., Newcombe, D. J., & Meyers, R. W. (2011). Development of a soccer simulation protocol to include repeated sprints and agility. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 427-431.
- Swinton, P. A., Lloyd, R., Keogh, J. W., Agouris, I., & Stewart, A. D. (2013). Regression models of sprint, vertical jump and change of direction performance. *J Strength Cond Res*, 28(7), 1839-48
- Taylor, D. J., Kemp, G. J., Thompson, C. H., & Radda, G. K. (1997). Ageing: effects on oxidative function of skeletal muscle in vivo. *Mol Cell Biochem*, 174(1-2), 321-324.
- Thebault, N., Leger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2857-2865.
- Thomas, C., Sirvent, P., Perrey, S., Raynaud, E., & Mercier, J. (2004). Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *J Appl Physiol* (1985), 97(6), 2132-2138.
- Tokmakidis, S. P., Leger, L., Mercier, D., Peronnet, F., & Thibault, G. (1987). New approaches to predict VO₂max and endurance from running performances. *J Sports Med Phys Fitness*, 27(4), 401-409.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Trehearn, T. L., & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *J Strength Cond Res*, 23(1), 158-162.
- Turki-Belkhiria, L., Chaouachi, A., Turki, O., Chtourou, H., Chtara, M., Chamari, K., . . . Behm, D. G. (2014). Eight weeks of dynamic stretching during warm-ups improves jump power but not repeated or single sprint performance. *Eur J Sport Sci*, 14(1), 19-27.
- Vachon, J. A., Bassett, D. R., Jr., & Clarke, S. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol* (1985), 87(1), 452-459.
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol*, 513 (Pt 1), 295-305.
- Vaquera, A., Morante Rábago, J. C., García López, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Ávila Ordás, M. C., Mendonca, P. R., & Villa Vicente, J. G. (2007). Design and application of the field test TIVRE-Basket for the evaluation of the aerobic resistance in basketball players. *Eur J Hum Mov*, 18, 19-40
- Vaquera, A., Villa, J. G., Morante, J. C., Thomas, G., Renfree, A., & Peters, D. M. (2015). Validity and test - retest reliability of the TIVRE-Basket(R) test for the determination of aerobic power in elite male basketball players. *J Strength Cond Res*. 2015 Jun 22. [Epub ahead of print]

- Vicente-Campos, D., Martin Lopez, A., Nunez, M. J., & Lopez Chicharro, J. (2014). Heart rate recovery normality data recorded in response to a maximal exercise test in physically active men. *Eur J Appl Physiol*, *114*(6), 1123-1128.
- Villa, J. G., García-López, J., Morante, J. C., & San Román, Z. (2000). Validación del test de resistencia específico de Probst en futbolistas profesionales. *AMD*, *17*(76), 185-186.
- Wadley, G., & Le Rossignol, P. (1998). The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *J Sci Med Sport*, *1*(2), 100-110.
- Weston, A. R., Myburgh, K. H., Lindsay, F. H., Dennis, S. C., Noakes, T. D., & Hawley, J. A. (1997). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *75*(1), 7-13.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, *30*(3), 462-467.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L., & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med*, *34*(7), 443-449.
- Wong del, 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. *J Strength Cond Res*, *26*(9), 2324-2330.
- 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. *Eur J Appl Physiol*, *83*(1), 77-83.
- Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A., & Onodera, S. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(9), 1496-1502.
- Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*, *42*(3), 282-288.
- Zafeiridis, A., Dalamitros, A., Dipla, K., Manou, V., Galanis, N., & Kellis, S. (2005). Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(3), 505-512.
- Zanconato, S., Buchthal, S., Barstow, T. J., & Cooper, D. M. (1993). ³¹P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *J Appl Physiol* (1985), *74*(5), 2214-2218.

8. ANEXOS



Comunicación de parte de los resultados de esta tesis doctoral en el Programa de Actualización Deportiva, Organizado por la Junta de Castilla y León y la Universidad Isabel I

ANEXO 1

Effects of seven weeks of static hamstring stretching on flexibility and sprint performance in young soccer players according to their playing position

THE JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS
EDIZIONI MINERVA MEDICA

This provisional PDF corresponds to the article as it appeared upon acceptance.
A copyedited and fully formatted version will be made available soon.
The final version may contain major or minor changes.

EFFECTS OF SEVEN WEEKS OF STATIC HAMSTRING STRETCHING ON FLEXIBILITY AND SPRINT PERFORMANCE IN YOUNG SOCCER PLAYERS ACCORDING TO THEIR PLAYING POSITION

A. RODRIGUEZ, J. SÁNCHEZ, J.A. RODRIGUEZ-MARROYO, J.G. VILLA

J Sports Med Phys Fitness 2015 Mar 13 [Epub ahead of print]

THE JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS

Rivista di Medicina, Traumatologia e Psicologia dello Sport
pISSN 0022-4707 - eISSN 1827-1928
Article type: Original Article

Subscription: Information about subscribing to Minerva Medica journals is online at:

<http://www.minervamedica.it/en/how-to-order-journals.php>

Reprints and permissions: For information about reprints and permissions send an email to:

journals.dept@minervamedica.it - journals2.dept@minervamedica.it - journals6.dept@minervamedica.it

COPYRIGHT© 2015 EDIZIONI MINERVA MEDICA

EFFECTS OF SEVEN WEEKS OF STATIC HAMSTRING STRETCHING ON FLEXIBILITY AND SPRINT PERFORMANCE IN YOUNG SOCCER PLAYERS ACCORDING TO THEIR PLAYING POSITION

Rodriguez,¹ J. Sanchez,² J.A. Rodriguez-Marroyo,¹ J.G. Villa¹

¹ Institute of Biomedicine (IBIOMED), Department of Physical Education and Sports, University of León, León, Spain.

² Unit assessment and Planning of Sports Training. Faculty of Education. Pontifical University of Salamanca, Salamanca, Spain.

Congresses: This paper has not been submitted to Congress

Funding: This research has not had funding

Conflicts of interest: The authors note that there are no conflicts of interest

Acknowledgements: The authors are grateful to the youngsters and their parents for their willingness to contribute to the study. Many thanks also to the Unión Deportiva Salamanca football club for the unconditional collaboration and assistance of their coaches and managers from the youth sections.

Corresponding author:

A, Rodríguez Fernández,

Department of Physical Education and Sports University of León,

Campus Vegazana s/n,

24071, León,

Spain

E-mail: arodrf06@estudiantes.unileon.es

ABSTRACT

Aim. The aim of this study was to investigate the effect of 7 weeks of static hamstring stretching on flexibility and sprint performance in young soccer players.

Methods. One hundred and three healthy soccer players voluntarily participated in this study. Subjects were assigned to a control group (n=22, 16.5±0.7 years, 174.0±5.4 cm and 68.0±6.8 kg) and an experimental group (n=81, 18.9±1.8 years, 176.0±5.8 cm and 68.2±8.4 kg). All subjects performed a sit-and-reach and a 30-m sprint test to assess their flexibility performance and sprinting ability, respectively, before and after a 7 weeks of static hamstring stretching program. The static stretching program consisted of 4 stretching exercises performed at the end of the training session during 6 days per week. Each stretch was held for 30-s and performed twice with a 15-s rest between.

Results. Flexibility was significantly ($p<0.05$) improved for the experimental group. This improvement was analyzed in all playing positions studied. There were significant differences ($p<0.05$) between pre and post 30-m sprint test in both groups. All soccer positions significantly ($p<0.05$) improved their performance in the experimental group. However, in the control group only defenders improved significantly ($p<0.05$) the sprint time.

Conclusion. The use of static stretching at the end of the training sessions prevents the negative effect of the load on hamstring flexibility and it can influence improvement in flexibility.

Key words: Static stretching; physical fitness; muscle skeletal; exercise.

Introduction

Success in soccer does not depend on a single factor.¹ Although the technical skill, endurance and repeated ability to sprint have a major effect on match performance,² other qualities such as flexibility are also considered important.^{3,4} The specific contribution of flexibility training toward increasing athletic performance has not been conclusively determined.⁵ Epidemiological research has cited reduced flexibility as an etiological factor in acute muscle strain injury⁶⁻⁸ and can influence sports performance.^{9,10} It has been hypothesized that if chronic stretching increases the compliance of the muscle, then the energy needed to move the limb may be reduced, causing an increase in the force and/or rate of muscle contraction.¹¹ This can be good for sports involving 'explosive' type

skills, with many maximal stretch-shortening cycle movements requiring a muscle-tendon unit which is compliant enough to store and release a high amount of elastic energy.¹²

Stretching should be part of all soccer players' training sessions.¹³ The inclusion of static stretching as part of a pre-exercise warm-up routine has been commonplace in a multitude of sports, including soccer⁵, but some reviews have suggested that a stretching routine before the main exercise session does not protect against injury, nor do they diminish delayed onset muscular soreness or enhance performance.^{6,11,14,15} Static stretching appears to have a negative acute effect on the subsequent main activities, particularly when this is predominantly strength-dependent¹⁶. For instance, these type of exercises have been shown to decrease leg press 1-repetition maximal test,¹⁷ 20-m sprint performance,¹⁸ vertical jumping height¹⁹ and knee-extensor concentric torque.²⁰ If stretching impairs performance, its inclusion as a warm-up may be unwarranted²¹ and would have to be used at the end of the session.¹¹

There are studies that have evaluated the hamstring's extensibility.²²⁻²⁶ Other studies have investigated the effect of a stretching program on a hamstring's extensibility.^{9,27-29} And fewer studies have investigated how chronic stretching effects performance when it is included in specific training.⁵ These studies have at least shown a temporary increase in range of motion associated with stretching. However, the numerous stretching methodologies proposed in literature make it difficult for clinicians to identify the best clinical strategies for improving hamstring flexibility.³⁰ After reviewing 23 studies, including static, proprioceptive neuromuscular facilitation and ballistic stretching techniques with both genders, Shrier (2004)¹¹ revealed that regular stretching may evoke positive long-term performance outcomes. No stretching position (standing, seated, supine) made a significant difference on the magnitude of range of motion.³⁰

Flexibility is assessed with tools such as goniometers to measure joint angles, fleximeters to measure the degree of bending, and arthrometers to measure joints.¹⁵ The sit-and-reach test³¹ has been used on athletes from a multiple of disciplines.^{22,25} The validity of the sit-and-reach test has been discussed in some publications.^{32,33} This test is a technique that has been criticized due to the role of upper and lower limb length, scapular abduction and lumbar flexion can contribute to scoring in addition to hamstring length since results may vary according to the assessment procedure, the initial position and the subject's anthropometry.⁷ Coaches and athletes do not place much importance on stretching during training.^{25,34} The flexibility of soccer players can be reduced with a specific training load. To prevent this from happening, it is necessary to include stretching in a training session. Clearly the stretching increases flexibility to the extent that flexibility could benefit performance.¹⁵ In particular, it is important to do hamstring stretching at the end of the training session. It has been hypothesized

that if chronic stretching increases the compliance of the muscle, then the energy needed to move the limb may be reduced, causing an increase in the velocity. The purpose of this study was to investigate the effect of 7 weeks of static hamstring stretching on flexibility and sprint performance in soccer players.

Materials and methods

Subjects

One hundred and three healthy young soccer players voluntarily participated in this study. Subjects were randomly assigned to a Control Group (CG) (n=22) (mean±SD, age 16.5±0.7 years, height 174.0±5.4 cm and body mass 68.0±6.8 kg) and an Experimental Group (EG) (n=81) (age 18.9±1.8 years, height 176.0±5.8 cm and body mass 68.2±8.4 kg). Players belonged to 5 teams U18 top regional category and had previous experience as soccer players (9.1±2.0 years). Players were classified according to their playing positions, into the following groups:³⁵ goalkeepers, defenders, midfielders and forwards. The study was conducted according to the Declaration of Helsinki. Written informed consent was obtained from the subjects and their tutors before starting the study, which was approved by the local Ethics Committee.

Procedures

The study was carried out during the pre-season training. All subjects performed the same pre-season training based on small-sided games. Athletic exercises for the improvement of physical condition were not used. Each soccer player performed a sit-and-reach and a 30-m sprint test to assess his flexibility performance and sprinting ability, respectively, before and after a 7 weeks of static hamstring stretching program. Tests conditions (day, time and facility) and warm-up were standardized for all subjects. No training or stretching was performed the day before testing sessions. Before starting the sit-and-reach test players performed 10-min warm-up (aerobic running and joint mobility exercises), after that they performed different exercises (including jumping and sprint) during 5-min as preparation to the linear sprint test.

Flexibility program

The static stretching program consisted of 4 stretching exercises performed at the end of the training sessions. The EG performed these exercises 6 days per week during 7 weeks. Each stretch was held for 30-s and performed twice with a 15-s rest between. All exercises were supervised by a researcher to ensure proper technique. The stretching exercise performed during the flexibility program were:²¹

- Exercise 1. Subjects were seated with their legs straight and their feet upright, no more than 6 inches apart. Subjects bent from the waist until they felt tightness but not pain.
- Exercise 2. Subjects were standing and were instructed to take a long step forward. The front knee was directly above the ankle, and the other knee was resting on the floor. Without changing the position of the knee on the floor or the front foot, subjects lowered the front of the hip downward.
- Exercise 3. Subjects stood on a step with one ankle off the end of the step and the other on the step. Subjects kept the back leg straight and allowed their weight to push the back of the ankle down as far as possible without eliciting pain.
- Exercise 4. Subjects stood on a step with one ankle off the end of the step and the other on the step. Subjects bent their back knee and allowed their weight to push the back ankle down as far as possible without eliciting pain.

Flexibility test

Flexibility was assessed using the sit-and-reach test³¹. After the standardized warm-up the subjects removed their shoes and sat in a straight-legged position with their feet flat against the sit-and-reach testing box (Baseline® Sit n' Reach® Trunk Flexibility Box, Fabrication Enterprise Inc., White Plains, USA). Players placed one hand on the other, with the middle fingers aligned and elbows extended. Players reached forward with their hands on top of the sit-and-reach box, as far as possible, without bending their knees. The feet were considered as zero, and each subject's score was recorded as the distance from the tip of the middle finger to the feet. Both positive and negative scores were thus measurable.²¹ Two flexibility measures were taken with a 3-min recovery time, and the best result was chosen.

Linear sprint test

Linear sprinting was assessed on an outdoor training pitch over 30-m using a photoelectric cell (DSD Laser System®, DSD Inc., León, Spain). The 30-m sprint test involved three maximal-effort sprints from a stationary start with a 3-min rest in between. Players initiated the sprint in their own time, positioned the foot 50 cm behind the start line.³⁶ The fastest sprint was selected for the analysis. The warm-up performed before the test did not include any static stretching exercises so that acute negative effects would not contaminate our results and included several accelerations to decide which foot players would have to set on the starting line for the sprint.

Statistical Analysis

The results are expressed as mean±SD. Change in tests performance were determined by dividing the the difference between post- and pre-intervention values by pre-intervention values and were expressed as a percentage. The Kolmogorov-Smirnov test was applied to ensure a Gaussian

distribution of all results. A 3-way ANOVA (time [pre vs. post intervention] × group [control vs. experimental] × soccer positions [goalkeepers, defenders, midfielders and forwards]) with repeated measures on time was used to analyze the results obtained from the sit-and-reach and 30-m sprint test. When a significant F value was found, Bonferroni's test was applied to establish significant differences between means. Values of $p < 0.05$ were considered statistically significant. Effect sizes (ES) (Cohen's d) were also calculated, and values of < 0.41 , $0.41-0.70$ and > 0.70 were considered small, moderate and large, respectively. SPSS+ V.17.0 statistical software (Chicago, Illinois, USA) was used.

Results

As shown in Table I, the EG significantly ($p < 0.05$) improved flexibility performance after 7 weeks of the static hamstring stretching program. This pattern was also observed in all playing positions analyzed ($p < 0.05$, ES= 0.18-0.89) (Figure 1). No significant difference for sit-and-reach between pre- and post-intervention test in the CG was observed. The percentage change was higher ($p < 0.05$, ES= 0.41) in the EG ($34.6 \pm 66.8\%$) than in the CG ($-12.1 \pm 28.7\%$).

There were significant differences ($p < 0.05$) between pre and post 30-m sprint test in both groups (Table 1). However, the percentage change was higher ($p < 0.05$, ES= 0.38) in the EG ($3.8 \pm 2.1\%$) than in the CG ($2.0 \pm 1.8\%$). When the 30-m sprint time was analyzed according to the soccer player position, all soccer positions significantly ($p < 0.05$, ES= 0.45-0.72) improved their performance in the EG (Figure 1). However, in the CG only defenders improved significantly ($p < 0.05$, ES= 1.19) the sprint time.

Discussion

The aim of the study was to investigate whether 7 weeks of static hamstring stretching effects flexibility and sprint performances in young soccer players. The results of this study showed that EG increased soccer players hamstring flexibility after 7 weeks of static stretching. The increased flexibility was accompanied by a significant increase in linear speed. Several studies have reported increases in flexibility following a training program based on static stretching.^{27,37,38} Although the exact mechanisms responsible for chronic increases in flexibility are debatable. Four main mechanisms have been postulated to explain the stretching-induced increases in the range of motion of joints: viscoelastic deformation, neural adaptation, mechanical factors and changes in muscle's contractile properties.^{20,39,40} Other authors believe that although the immediate effects of stretching decreases viscoelasticity and increases stretch tolerance, the effect of stretching over 3 to 4 weeks appears to affect only stretch tolerance, with no change in viscoelasticity.¹¹ In addition to increasing flexibility, the proposed benefits of static stretching were the reduction or prevention of injury, a

decrease in subsequent muscle soreness and improved performance.¹⁵ However some researchers have questioned this. Herbert et al. (2002)¹⁴ concluded that the best available evidence indicates that stretching before or after exercise does not prevent muscle soreness or injury and that there is insufficient evidence to assess the effect on performance.

Our results show that players' hamstring flexibility is lower in comparison with that analyzed in other studies.^{25,26,41} A lower flexibility can enhance the effects of the treatment because, it seems that individuals with reduced flexibility would benefit the most from stretching.⁴² The lack of flexibility was attributed to the fact that it is not usually viewed as an important component of fitness for soccer.²⁵ But the lack of hamstring flexibility can affect performance in sports involving 'explosive' type skills.¹² With improved flexibility you will get good values in this capacity.⁴³ It is not clear whether there is a flexibility threshold for optimal performance or that additional flexibility in already flexible athletes is necessary or desirable.¹⁵

The significantly greater improvement in linear speed in the EG can indicate that chronic stretching effects 30-m sprint times. In this group there was a significant negative correlation between flexibility and speed in the post-test. This relationship may be due to that if stretching a muscle group for 30 to 60 s a day over months also results in hypertrophy, one would predict an increase in force and contraction velocity.¹¹ The improvement in performance has been suggested to be due to the enhanced ability to stretch or reach during a sport as well as the decreased resistance of a more compliant or less stiff muscle for the intended movement.⁴⁴ Sports such as soccer, involving bouncing and jumping activities with a high intensity of stretch-shortening cycles require a muscle-tendon unit that is compliant enough to store and release the high amount of elastic energy that benefits performance.¹² As the effects on running speed is a combination of force, velocity of contraction and running economy, the overall effect should be an increase in running speed.¹¹

There are specific physiological demands on a playing position.³⁵ However in this study there were no differences in flexibility and speed according to playing positions. A possible relation between sprinting and playing position may explain why, this quality is a specific performance factor in soccer players. Velocity is one of the most important characteristics of attackers during a soccer match.⁴⁵ The kind of effort may cause shortening of the hamstring.^{3,7,25} This low elasticity, can limit your ability to perform actions that are involved in stretch-shortening cycles.¹² To prevent this from happening it is important that these soccer players include stretching in their training programs. Although regular stretching will improve the results for all activities, the evidence suggests that stretching immediately prior to exercise decreases the results on performance tests that require isolated force or power⁴⁶. These decrements in performance are attributed to greater stress relaxation

of the muscle tissue, which leads to lower muscle-tendon stiffness and strength.⁴⁷ Therefore, if one stretches, one should stretch after exercise, or at a time not related to exercise.¹¹

Flexibility results from this study show a significant increase after 12-min of static stretching for 7 weeks, with exercises of 30-s. It has been recommended that 3-5 sets of static stretches are performed for each muscle group, with 10-30 s duration in each stretching position¹¹. It appears that a single 30-s stretching bout may be the most effective practice and that periods greater than 30-s are no more effective.³⁰ Other studies have shown that stretching for shorter durations with increased repetitions can result in similar range of motion gains.²⁷ Some authors suggest that the total stretching time is more important than the number of repetitions. According to some studies 3-5 min are sufficient to improve flexibility.⁴⁸ In addition, increases in this capacity with 3-4 weeks of intervention can be achieved.^{28,29} The studies investigating the effectiveness of stretching techniques over a longer period (weeks as opposed to a single session) achieved a greater increase in range of motion.²⁷ However, those studies employing only a single session of stretching also made statistically significant range of motion gains. There are several methods of stretching to increase flexibility including passive, static, isometric, ballistic and proprioceptive neuromuscular facilitation.²⁴ Shirer (2004)¹¹ indicates that static stretching is as effective as ballistic stretching or passive stretching for increasing flexibility. Interestingly, although no scientific evidence exists that ballistic stretching actually causes injury, the practice of ballistic stretching has been contraindicated under the premise that it carries a greater risk to the player.²¹ We have used active stretching because it produced similar increases in flexibility to passive stretching, and also improved the function of the antagonist muscles to stretch.⁴⁹ Neither stretching position (standing, seated, supine) made a significant difference in the magnitude of range of motion, although there is evidence suggesting that pelvic position during standing stretches is important.³⁰ Perhaps the combination of stretching positions helped maximize the range of motion gains,²⁸ for this reason exercises in the following positions, standing, seated and supine, have been included in the program.

Conclusion

The present study found that 7 weeks of static hamstring stretching significantly improved the flexibility assessed by the sit-and-reach test, along with a positive effect in linear sprinting, in young soccer players.

REFERENCES

1. Cossio-Bolanos M, Portella D, Hespanhol JE, Fraser N, de Arruda M. Body size and composition of elite peruvian soccer player. *J Exerc Physiol* 2012;15(3):30–8.

2. Rösch D, Hodgson R, Peterson TL, Graf-Baumann T, Junge A, Chomiak J, et al. Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sports Med* 2000;28(5):29–39.
3. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk Factors for Injuries in Football. *Am J Sports Med* 2004;32(5):5S–16S.
4. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF, Wajswelner H, Orchard JW. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16:7–13.
5. Bazett-Jones D, Gibson M, McBride J. Sprint and vertical jump performance are not affected by six weeks of static hamstring stretching. *J Strength Cond Res* 2008;22(1):25–31.
6. Weldon S, Hill R. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Manual Ther* 2003;8(3):141–50.
7. Henderson G, Barnes CA, Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport* 2010;13(4):397–02.
8. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, Have TD, Cambier D. Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players. *Am J Sports Med* 2003;31(1):41–6.
9. Zakas A, Galazoulas C, Grammatikopoulou MG, Vergou A. Effects of stretching exercise during strength training in prepuberal, pubertal and adolescent boys. *J Bodyw Mov Ther* 2002;6;170–6.
10. Dadebo B, White J, Geroge KP. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med* 2004;38:388–94.
11. Shrier I. Does Stretching Improve Performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med* 2004;14(5):267–73.
12. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, Mcnair P. Stretching and injury prevencion. An obscure relationship. *Sport Med* 2004;34(7):443–9.
13. Stojanovic MD, Ostojic SM. Stretching and injury prevention in football: current perspectives. *Res Sports Med* 2011;19(2):73–91.
14. Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Brit Med J* 2002;325(7362): 468.
15. Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, Kimsey CD. The Impact of Stretching on Sports Injury Risk: A Systematic Review of the Literature. *Med Sci Sport Exercise* 2004;36(3):371–8.
16. Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sport Med* 2007;37(3):213–24.
17. Bacurau RF, Monteiro GA, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Cabral LF, Aoki MS. Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *J Strength Cond Res* 2009;23:304–8.

18. Nelson AG, Driscoll NM, Landin DK, Young MA, and Schexnayder, IC. Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *J Sports Sci* 2005;23:449–54.
19. Young W, Elliott S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport* 2001;72:273–9.
20. Cramer JT, Housh T J, Weir JP, Johnson GO, Coburn JW, Beck TW. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol* 2005;93:530–9.
21. Woolstenhulme MT, Griffiths CM, Woolstenhulme EM, Parcell AC. Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. *J Strength Cond Res* 2006;20(4):799–03.
22. Trehearn TL, Buresh RJ. Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *J Strength Cond Res* 2009;(23), 158-62.
23. Kibler WB, Chandler TJ. Range of motion in junior tennis players participating in an injury risk modification program. *J Sci Med Sport* 2003 6(1):51-62.
24. Toskovic NN, Blessing D, Williford HN. Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *J Sports Med Phys Fitness* 2004;44(2):164-72.
25. McIntyre MC. A comparison of the physiological profiles of elite Gaelic footballers, hurlers, and soccer players. *British journal of sports medicine*. 2005;39(7):437–9.
26. Caldwell BP, Peters DM. Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *J Strength Cond Res* 2009;23(5):1370-7.
27. Cipriani D, Abel B, Pirrwitz D. Comparison of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. *J Strength Cond Res* 2003;17:264-78.
28. Rowlands A, Marginson V, Jonathan L. Chronic flexibility gains: effects of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Res Q Exerc Sport* 2003; 74(1):47-51.
29. Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scan J Med Sci Sports* 2001; 11(2):81-6
30. Decoster L, Cleand J, Alteri C, Russel P. The effects of hamstring stretching on range of motion: A systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005;35(6):377-87.
31. Wells K, Dillon E. The sit and reach, a test of back and leg flexibility. *Res Q Exerc Sport* 1952;23,115-8.

32. Hemmatinezhad MA, Afsharnezhad T, Nateghi N, Damirchi A. The relationship between limb length with classical and modified back saver sit-and-reach tests in student boys. *Int J Fitness* 2009;5:69-78.
33. Kawano MM, Ambar G, Oliveira BI, Boer MC, Cardoso AP, Cardoso JR. Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev bras fisioter* 2010;14:10-5.
34. Nyland J, Kocabay Y, Caborn DN. Sex differences in perceived importance of hamstring stretching among high school athletes. *Percept Mot Skills* 2004;99(1):3-11.
35. Wong P, Chamari K, Dellal A, Wisloff U. Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *J Strength Cond Res* 2009;23(4):1204–10.
36. Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, et al. Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *J Strength Cond Res* 2009;24(8):2001–11.
37. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:295-300.
38. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1997;77:1090-96.
39. Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev* 2006;34:154-8.
40. Law RY, Harvey LA, Nicholas MK, Tonkin L, Sousa M, Finnis DG. Stretch exercises increase tolerance to stretch in patients with chronic musculoskeletal pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2009;89:1016-26.
41. Chin M, Lo Y, Li CT, So CH. Physiological players profiles of Hong Kong elite soccer. *Br J Sports Med* 1992;26(4):262–7.
42. Hunter JP, Marshall RN. Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:478–86.
43. Berdejo D. Increase in flexibility in basketball through the application of a stretching protocol. *Int J Med Sci Phys Educ Sport* 2009;5:3-12.
44. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(11):2633–51.
45. Gil SM, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Irazusta J. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res* 2007;21(2):438–45.

46. Wilson J, Hornbuckle LM, Kim JS, Ugrinowitsch C, Lee SR, Zourdos MC, et al. Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *J Strength Cond Res* 2010;(24):2274-79.
47. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 2002;92:595–601.
48. Ford GS, Mazzone MA, Taylor K. The effect of 4 different durations of static hamstring stretching on passive knee-extension range of motion. *J Sport Rehabil* 2005;14:95-107
49. Winters MV, Blake CG, Trost JS, Marcello-Brinker TB, Lowe LM, Garber MB, et al. Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2004;84:800-7

TITLES OF TABLES

TABLE I.– Flexibility and 30-m sprint time results (mean±SD) for experimental and control group before and after the static hamstring stretching program.

	Group	pre-intervention	post-intervention	ES
Sit-and-reach (cm)	Control	2.4±9.9#	2.2±9.2#	0.12
	Experimental	6.9±5.1	8.6±5.6*	0.33
30-m sprint time (s)	Control	4.44±0.23#	4.35±0.24*#	0.39
	Experimental	4.09±0.24	3.94±0.44*	0.43

ES, effect size calculated according to Cohen's *d*. *, Significant differences between pre- and post-intervention ($p<0.05$). #, Significant differences between groups ($p<0.05$).

TITLES OF FIGURE

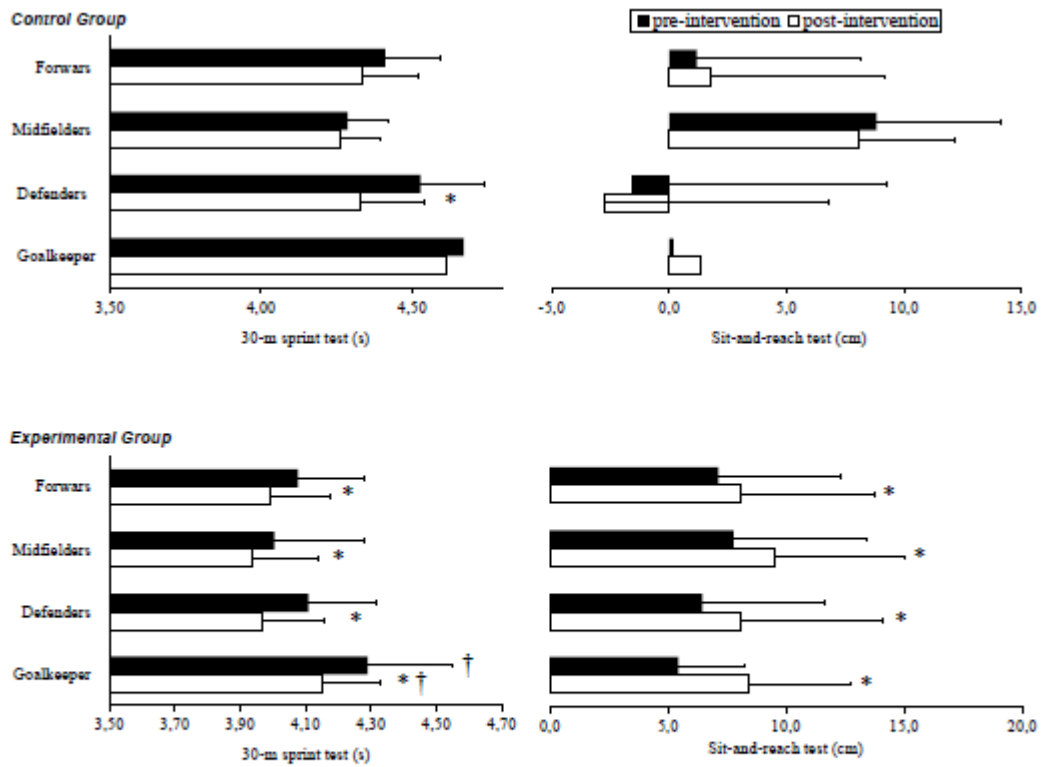


Figure 1.– Sit-and-reach and 30-m sprint test results before and after performing the static hamstring stretching program according to the soccer player position. Values are mean±SD. *, Significant differences between pre- and post-intervention ($p<0.05$). †, Significant differences with midfielders ($p<0.05$).

ANEXO 2

Efectos de dos tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol.

Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol

Effects of 2 types of high-intensity interval training in repeat sprint ability during preseason football

Alejandro Rodríguez Fernández¹, Javier Sánchez Sánchez², José Gerardo Villa Vicente¹

¹ Instituto de Biomedicina, Universidad de León, España.

² Facultad de Educación, Universidad Pontificia de Salamanca, España.

CORRESPONDENCIA:

Javier Sánchez Sánchez
jsancheza@upsa.es

Recepción: noviembre 2013 • Aceptación: mayo 2014

Resumen

El trabajo de pretemporada persigue mejorar el rendimiento del futbolista tanto en lo referente a la habilidad para realizar esfuerzos máximos como a su capacidad aeróbica y de recuperación. El objetivo de este estudio fue comparar durante una pretemporada los efectos de 2 programas de entrenamiento interválicos con series de diferente duración en la habilidad de repetir sprints (RSA). Diecinueve jugadores de fútbol con valores medios \pm SD de 20,9 \pm 1,6 años de edad; 68,8 \pm 5,1 Kg de peso; 176,1 \pm 5,1 cm de altura; y 9,6 \pm 2,4% de grasa corporal fueron asignados al azar al grupo de Speed Endurance Training (SET) para realizar 2x10 min con 10, 15 y 20 s al 100% con 30, 45 y 60 s de recuperación ($n = 9$), o al grupo High Interval Training (HIT) para realizar 4x4 min al 95% FC_{max} ($n = 10$). Un test RSA de 8x30 m con 25 s de recuperación activa fue realizado antes y después de la intervención (10 sesiones de entrenamiento) junto con un Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 1 en la evaluación inicial. Tanto SET como HIT ven incrementado su rendimiento de forma significativa ($p < 0,05$) en RSA_{mejor} (3,12% y 3,59% respectivamente) y muy significativamente ($p < 0,01$) en RSA_{media} (3,00% y 3,91%) y RSA_{total} (3,12% y 4,08%), pero sin cambios significativos en los índices de fatiga (Sdec y Change). Estos resultados demuestran que tanto la intervención SET como HIT se han mostrado útiles para aumentar el rendimiento en algunas de las variables determinantes en el test RSA, durante el periodo de pretemporada.

Palabras clave: Fatiga, resistencia a la velocidad, entrenamiento interválico de alta intensidad, pretemporada, fútbol.

Abstract

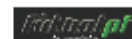
Preseason work aims to improve the performance of football players both in terms of the ability to perform maximal efforts and their aerobic and recovery capacity. The aim of this study was to compare the effects of 2 Interval-training programs with series of different durations in repeat sprint ability (RSA). Nineteen football players with a mean (\pm SD) age of 20.95 \pm 1.61 years; weight of 68.85 \pm 5.15 kg; height of 176.11 \pm 5.11 cm, and 9.61% \pm 2.42% estimated body fat were randomly assigned to either a speed endurance training (SET) group to perform 2x10 min with 10, 15, and 20 s at 100% of HRmax and 30, 45, and 60 s of recovery ($n = 9$), respectively, or a high-intensity interval training group to perform 4 x 4 min running at 95% of HRmax ($n = 10$). An 8x30 m RSA test with 25 s of active recovery was performed before and after the intervention (10 training sessions) along with the Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 1 in the initial evaluation. Both the SET and HIT significantly improved performance ($p < 0.05$) for RSA_{best} (3.12% and 3.59%, respectively) and very significantly improved ($p < 0.01$) RSA_{mean} (3.00% and 3.91%) and RSA_{total} (3.12% and 4.08%), although no significant changes in fatigue index (Sdec y Change) were obtained. These results demonstrate that both the SET and HIT interventions have proved useful to increase performance in some of the key variables in the RSA test during the preseason.

Key words: Fatigue, speed endurance, high interval training, preseason, football.

ANEXO 3

Evolución en el rendimiento de la capacidad de repetir sprints (rsa) según el momento de la temporada y en función de la demarcación en jóvenes futbolistas.

RODRÍGUEZ, A.; SÁNCHEZ, J., y VILLA, J.G.



EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA HABILIDAD DE REPETIR SPRINTS (RSA) SEGÚN EL MOMENTO DE LA TEMPORADA Y EN FUNCIÓN DE LA DEMARCACION EN JÓVENES FUTBOLISTAS.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, A.¹ SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, J.² Y VILLA -VICENTE, J.G.¹

¹ Dpto. Educación Física y Deportiva e Instituto de Biomedicina. Universidad de León.

² Facultad de Educación. Universidad Pontificia de Salamanca.

RESUMEN

Objetivo: Analizar variaciones en la habilidad de repetir sprints (RSA) durante la temporada competitiva y establecer diferencias en el rendimiento en función de la demarcación de los futbolistas. **Material y método:** 16 jóvenes jugadores de fútbol (media \pm SD; edad 17,4 \pm 0,7 años; peso 68,8 \pm 5,3 kg; estatura 1,76 \pm 0,05 m; grasa corporal 9,6 \pm 2,64 %) realizaron una análisis cineantropométrico y un test RSA (8 x 30 m con 25 s de recuperación activa) en 4 momentos diferentes de una temporada, para valorar cambios en el rendimiento, además 65 jóvenes jugadores (media \pm SD; edad 17,7 \pm 0,8 años; peso 67,2 \pm 4,5 kg; estatura 1,75 \pm 0,06 m; grasa corporal 9,8 \pm 2,34 %) realizaron una única evaluación, para comprobar la relación entre el RSA y la demarcación ocupada en el terreno de juego. **Resultados:** Existen mejoras significativas en el rendimiento en RSA cuando se comparan los valores del inicio y fin de pretemporada ($p \leq 0.001$), inicio pretemporada y fin primera vuelta ($p \leq 0.005$). Existe una disminución significativa del rendimiento ($p \leq 0.005$) entre el final de la primera vuelta y el comienzo de la segunda en los valores absolutos. No hay cambios en el decrecimiento (S_{dec}) pero si se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0.005$) en el porcentaje de pérdida entre el primer y último sprint (Change) entre el final de la pretemporada y el inicio de la segunda vuelta. No se obtienen diferencias significativas en el rendimiento en función de la demarcación ocupada. **Conclusiones:** Los valores absolutos del rendimiento en RSA varían a lo largo de la temporada de fútbol, no dependiendo el rendimiento de la demarcación ocupada en el terreno de juego en jóvenes futbolistas.

PALABRAS CLAVE: Habilidad de repetir sprints, Índice de fatiga, test de campo RSA, Fútbol.

Fecha de recepción: 12/09/2013. Fecha de aceptación: 01/10/2013

Correspondencia: arodrf06@estudiantes.unileon.es

INTRODUCCIÓN

El fútbol requiere altos niveles de capacidad aeróbica ya que los partidos duran 90 minutos, con una intensidad media próxima al umbral anaeróbico, y una frecuencia cardiaca del 80-90% de la FC_{max} (Bangsbo, 1994) siendo el 90% de la energía facilitada mediante el metabolismo aeróbico (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002). Sin embargo la presencia de sprints y esfuerzos de alta intensidad, con fases cortas de recuperación, conocido como habilidad para repetir sprints o "repeat sprint ability" (RSA) (Mujika,

Santisteban, Impellizzeri, & Castagna, 2009) es clave para que el jugador tenga éxito en la competición, condicionando sus posibilidades para ganar o no la posesión del balón (Paton, Hopkins, & Vollebregt, 2001). La imposibilidad para mantener el rendimiento en cada sprint (fatiga) se manifiesta mediante el descenso en la velocidad de desplazamiento, siendo este el indicador del rendimiento en los test utilizados para medir el RSA (Mendez-Villanueva, Hamer, & Bishop, 2008).

Diversos estudios han analizado el RSA en el fútbol (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011), concretamente se han evaluado los efectos de programas de entrenamiento (Buchheit,

ANEXO 4

Efectos de 5 semanas de entrenamiento de pretemporada mediante juegos reducidos en la capacidad para repetir sprints en función del nivel de rendimiento.

The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness

TITLE

Effect 5-weeks pre-season training with small-sided game in R.S.A according to physical fitness.

A. Rodríguez-Fernández,¹ J. Sánchez Sánchez,² D. Casamichana,³ J.A. Rodríguez-Marroyo,¹ J.G. Villa¹

¹ Institute of Biomedicine (IBIOMED), Department of Physical Education and Sports, University of León, León, Spain.

² Unit assessment and Planning of Sports Training. Faculty of Education. Pontifical University of Salamanca, Salamanca, Spain.

³ Department of Physical Education and Sport. Faculty of Physical Activity and Sport Sciences. University of the Basque Country (UPV-EHU). Vitoria-Gasteiz, Spain.

Congresses: This paper has not been submitted to Congress

Funding: This research has not had funding

Conflicts of interest: The authors note that there are no conflicts of interest

Acknowledgements: The authors are grateful to the youngsters and their parents for their willingness to contribute to the study.

Corresponding author:

A. Rodríguez Fernández,
Department of physical education and sports,
University of León,
Campus Vegazana,
240006, León,
Spain
E-mail: arodrf06@estudiantes.unileon.es

