

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Fatiga del sistema nervioso después de realizar un test de capacidad de sprints repetidos (RSA) en jugadores de fútbol de categoría juvenil

Vicente J. Clemente Suárez*, Víctor E. Muñoz y Asunción Martínez

Laboratorio de Entrenamiento Deportivo, Grupo de Investigación del Rendimiento Deportivo, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España

Recibido el 21 de septiembre de 2010; aceptado el 14 de abril de 2011

Disponible en Internet el 31 de mayo de 2011

PALABRAS CLAVE

Sistema nervioso central;
Fatiga;
Umbral de Flicker Fusion;
Prueba de sprints repetidos (RSA);
Fútbol

Resumen

Introducción y objetivos: Varios autores han estudiado la influencia del ejercicio sobre el sistema nervioso y el funcionamiento cognitivo en sujetos desentrenados y ante diferentes estímulos de ejercicio, desde ejercicios anaeróbicos intensos hasta el agotamiento a ejercicios de resistencia submáximos mediante los Umbral de Flicker Fusion (UFF), aunque el efecto de estímulos en pruebas de sprints repetidos en el sistema nervioso central (SNC) no está muy estudiado. El presente trabajo de investigación pretende estudiar los cambios en los umbrales de Flicker Fusion antes y después de realizar una prueba de sprints repetidos (RSA) en futbolistas, como medio para valorar la fatiga del SNC.

Métodos: Se analizaron 21 jugadores de fútbol ($18,1 \pm 1,0$ años de edad, $72,1 \pm 12,4$ kg de peso y $175,3 \pm 6,2$ cm de altura). Cada jugador realizó el test RSA, que consiste en la realización de 7 sprints de 30 m con un descanso de 20s entre cada esfuerzo. Previo al test y al finalizar éste, se realizaron las mediciones de los UFF ascendente (UFFa), descendente (UFFd) y clásico (UFFc), el criterio subjetivo (CS) y la sensibilidad sensorial (SS). Cada sujeto realizó el test de UFF en tres ocasiones, obteniéndose un valor promedio.

Resultados: Los resultados muestran que los valores después del test aumentaron: CS, 77,8%; SS, 2,6%; UFFc, 77,8%; UFFd, 1,3%, y UFFa, 4,0%, aunque ninguno de forma significativa ($p < 0,05$).

Conclusiones: Con estos resultados podemos concluir que una RSA no parece que genere fatiga en el SNC medida con el sistema Flicker Fusion.

© 2011 Publicado por Elsevier España, S.L. en nombre de Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: vicente.clemente@uclm.es (V.J. Clemente Suárez).

KEYWORDS

Central nervous system;
Fatigue;
Flicker Fusion Threshold;
Repeated sprint ability (RSA);
Soccer

Fatigue of the nervous system after performing a test of repeated sprint ability (RSA) in juvenile soccer players

Abstract

Introduction and objectives: Several authors have studied the influence of exercise on the nervous system and cognitive performance in untrained subjects and different stimuli such as intense anaerobic exercise to exhaustion, and submaximal endurance exercises using the Flicker Fusion Threshold (UFF). The effect on the central nervous system stimulation in repeated sprints testing has not been studied. The aims of this work are study the changes in Flicker Fusion thresholds before and after a test of repeated sprints (RSA) in soccer players, to evaluate the fatigue of the central nervous system.

Methods: We analysed 21 soccer players (18.1 ± 1.0 years, 72.1 ± 12.4 kg and 175.3 ± 6.2 cm). Each player completed the RSA test (7×30 m sprints with 20 seconds rest between each sprint). We analysed UFF, ascending (UFFa), descending (UFFd) and classical (UFFc), the subjective criterion (CS) and sensory sensitivity (SS), before and after the RSA test. Each subject performed the UFF test three times and an average value obtained.

Results: The results show how the values increased after the test: CS 77.8%, SS 2.6%, UFFc 77.8%, UFFd 1.3% and UFFa 4.0%, although none significantly ($P < .05$).

Conclusions: With these results we conclude that the RSA does not generate fatigue in the central nervous system measured by Flicker Fusion Threshold.

© 2011 Published by Elsevier España, S.L. on behalf of Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya.

Introducción

El estudio de la influencia del ejercicio en el sistema nervioso central (SNC) nos permite realizar tres grandes distinciones en cuanto al tipo de ejercicios y a su efecto sobre el SNC. Los ejercicios anaeróbicos intensos hasta el agotamiento y ejercicios hasta alcanzar el VO_{2max} parecen no afectar a la función cognitiva, mientras que ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos producen una mejora del rendimiento cognitivo general. Finalmente, los ejercicios submáximos que conducen a la deshidratación y/o el agotamiento de los sustratos energéticos desminuyen tanto el procesamiento de la información como las funciones de la memoria¹.

Uno de los métodos más utilizados para medir la fatiga del SNC y la función cognitiva ha sido la utilización de los Umbrales Flicker Fusion (UFF)²⁻⁴. En 1952 Simonson y Brožec⁵ mostraron la relación que existía entre los UFF, el nivel de activación cortical y la fatiga del SNC, postulando que una disminución en los UFF estraría relacionada con un aumento en la fatiga del SNC, aunque recientes investigaciones plantean que los UFF únicamente son válidos para medir el nivel de activación cortical⁶. La valoración de los UFF ha sido utilizada para la valoración de la fatiga central por diversos autores⁶⁻¹⁰, considerando, dentro del ámbito deportivo y de la psicología, los UFF como un sistema válido para este cometido.

Además de los tres grupos de ejercicios que postuló Tomporowski¹, varios autores han estudiado los UFF en sujetos desentrenados^{2,8} y —más relacionado con el presente estudio— en sujetos entrenados y en ejercicio. Relacionado con el primer grupo de ejercicio (estímulos anaeróbicos intensos hasta el agotamiento y ejercicios hasta alcanzar el VO_{2max}), encontramos únicamente el estudio de Davranche y Pichon⁶, que al estudiar los cambios en los UFF en

7 sujetos físicamente activos al finalizar un test de VO_{2max} en cicloergómetro pudieron comprobar que la sensibilidad sensorial aumentaba después de este test. Sin embargo, no observaron diferencias significativas en el criterio subjetivo.

Para el segundo grupo de ejercicios (ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos) sólo hallamos el trabajo de Presland et al¹¹, que tras estudiar a 15 sujetos sanos después de realizar una prueba de ciclismo hasta la extenuación al 70% del VO_{2max} comprobaron que existía un aumento significativo ($p < 0,05$) de los UFF ($39,2 \pm 2,3$ vs $41,7 \pm 3,0$ Hz). También dentro de esta línea podemos considerar el estudio realizado sobre 12 sujetos (6 hombres y 6 mujeres) que pedalearon en un cicloergómetro durante 15 min con una carga del 50% de su potencia aeróbica máxima; dicho trabajo mostraba que la sensibilidad sensorial aumentaba de $33,01 \pm 4$ a $34,45 \pm 4$ Hz¹².

Dentro del estudio de los UFF en esfuerzos de larga duración y baja intensidad (tercer grupo de ejercicios) podemos observar el realizado por Davranche y Audifren¹³. Estos autores comprobaron que la realización de estímulos de 20 min al 20 y al 50% de la potencia aeróbica máxima en cicloergómetro mejoraba el rendimiento cognitivo de 16 sujetos con experiencia específica en deportes con toma de decisiones (fútbol, balonmano, baloncesto y tenis). En otro estudio realizado con ciclistas se pudo comprobar que después de 120 min de pedaleo al 60% del VO_{2max} se producía un descenso significativo de los UFF¹⁴.

No hemos encontrado ningún estudio que estudiase la fatiga del SNC después de realizar esfuerzos cortos de gran intensidad, como los sprints que se realizan en diferentes deportes de equipo como el fútbol o el baloncesto. Estos ejercicios, debido a su alta intensidad, podrían fatigar el SNC¹⁵ y provocar una disminución del rendimiento deportivo de los sujetos.

Tabla 1 Resultados obtenidos en el test RSA

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Tiempo medio en el test RSA (s)	21	4,23	5,30	4,60	0,22
Velocidad media en el test RSA (km/h)	21	24,0	30,0	27,52	1,47

El presente trabajo de investigación pretende continuar el estudio de los cambios en los UFF en diferentes tipos de estímulos deportivos y cubrir la falta de trabajos de investigación sobre deportes intermitentes de alta intensidad en los que se realizan sprints repetidos. Por ello se plantea como objetivo de estudio analizar los cambios en los UFF después de realizar en una prueba de sprints repetidos (RSA) en futbolistas de categoría junior.

Material y método

La muestra del estudio la componen 21 jugadores de fútbol pertenecientes a un equipo de categoría juvenil ($18,1 \pm 1,0$ años de edad, $72,1 \pm 12,4$ kg de peso y $175,3 \pm 6,2$ cm de altura). Todos ellos cuentan con una experiencia de al menos 3 años en el entrenamiento y en la competición. Entrenan 3 veces por semana en sesiones de 90 min y juegan un partido de competición una vez a la semana. Los participantes fueron informados minuciosamente de las características del estudio y el test que llevarían a cabo, así como los posibles riesgos derivados del mismo a los que podrían estar expuestos. Todos ellos firmaron una hoja de consentimiento informado, de acuerdo con la declaración de Helsinki.

Cada jugador realizó el test RSA, que consiste en 7 sprints de 30 m con un descanso de 20 s entre cada esfuerzo. Se midió el tiempo invertido por cada jugador en cada sprint por medio de un sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (DSD Laser System, Desarrollo Software Deportivo S.L., Ribaseca [León], España). Cinco segundos antes de comenzar el siguiente sprint eran advertidos y colocados en la posición de salida. Este protocolo ya ha sido utilizado para la evaluación de jugadores de fútbol de edades similares^{16,17}. Previamente a la ejecución del test, los jugadores realizaron un calentamiento estandarizado que incluía 5 min de carrera continua, dos series de 10 saltos submáximos y tres aceleraciones de 50 m.

Previamente al test y al término de éste, se realizaron las mediciones de los UFF mediante el sistema Lafayette Instrument Flicker Fusion Control Unit (Model 12021). Este sistema consta de dos diodos emisores de luz blanca (58 cd/m^2) que se exponen simultáneamente en el sistema, uno para el ojo izquierdo y otro para el ojo derecho. Los diodos están separados por 2,75 cm, con una distancia entre éstos y el ojo de 15 cm y un ángulo de visión de $1,9^\circ$. El fondo del interior del sistema está pintado de color negro mate para reducir al mínimo las interferencias.

Se realizaron 2 tests diferentes, uno ascendente y otro descendente. En el primero, ascendente, el sujeto debía detectar el cambio de una luz discontinua a una luz continua. En el segundo test, descendente, el sujeto debía detectar el cambio de una luz continua a una luz discontinua. Al detectar el cambio en las luces, el sujeto debía activar un pulsador⁶. Los sujetos realizaban tres veces cada

uno de los test con un intervalo entre cada test de 5 s a las siguientes frecuencias:

- Primer test. 0 a 100 Hz: ascendente.
- Segundo test. 100 a 0 Hz: descendente.

En cada uno de los test se cuantificó el tiempo que los sujetos tardaban en detectar los cambios en las luces desde el comienzo del test hasta el momento de activar el pulsador, para poder determinar los UFF:

- UFFa (Umbral Flicker Fusion ascendente), valores obtenidos en el test ascendente.
- UFFd (Umbral Flicker Fusion descendente), valores obtenidos en el test descendente
- UFFc (Umbral Flicker Fusion clásico), diferencia de la suma de los valores obtenidos en el test ascendente y la suma de los valores obtenidos en el test descendente.
- CS (criterio subjetivo), diferencia entre la media de los valores obtenidos en el test ascendente y la media de los valores obtenidos en el test descendente.
- SS (sensibilidad sensorial), suma de los valores obtenidos en los test ascendentes y descendentes.

Previamente al test, los sujetos tuvieron una fase de práctica para familiarizarse con el protocolo, en la cual realizaban tres veces el test ascendente y otras tres veces el test descendente.

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS 17.0. Primero se procedió a la transformación de los datos, debido a su dispersión. Se realizó la transformación mediante el logaritmo neperiano de los resultados. A continuación se comprobó la normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Después se realizó una prueba T para muestras relacionadas cuando se asumieron la homogeneidad de varianzas, la normalidad y la esfericidad. Para todas las comparaciones se aceptó el índice de significación de $p < 0,05$.

Resultados

Los valores obtenidos por los sujetos en el test RSA se muestran en la [tabla 1](#). Estos resultados muestran que el tiempo medio en los siete sprints del RSA fue de $4,6 \pm 0,22$ s y la velocidad media del test fue de $27,52 \pm 1,47$ km/h.

Después del test incremental podemos ver que los UFFa y los UFFd aumentaron ligeramente ([fig. 1](#)), siendo esta diferencia no significativa. El UFFa aumentó un 4,0% y el UFFd aumentó un 1,3% respecto a los resultados del pretest ([fig. 2](#)). Los valores del UFFc aumentaron un 77,8%, aunque este aumento no era estadísticamente significativo, como refleja la [figura 2](#). Los datos del CS presentan un aumento de un 77,8% pero, al igual que los demás umbrales, tampoco

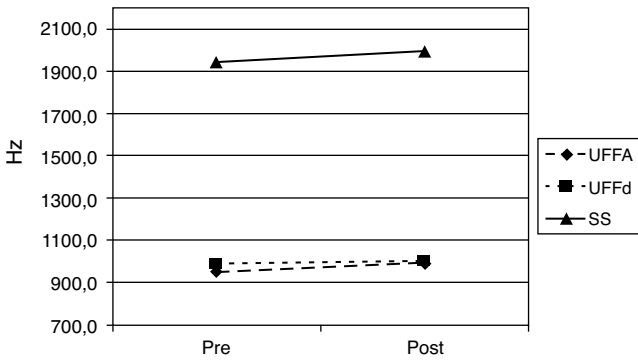


Figura 1 Valores de Umbral Flicker Fusion ascendente (UFFa) y Umbral Flicker Fusion descendente (UFFd). SS: sensibilidad sensorial.

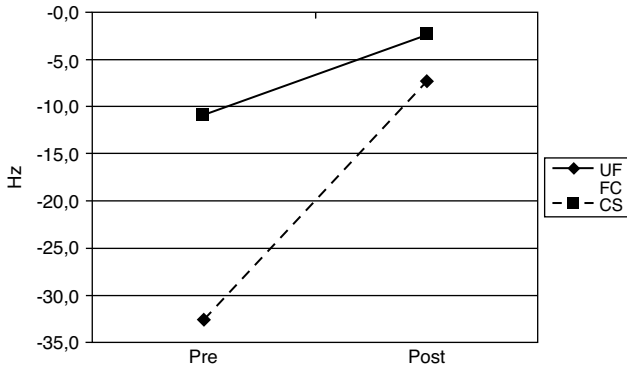


Figura 2 Porcentajes de cambio de Umbral Flicker Fusion clásico (UFFc). CS: criterio subjetivo.

son estadísticamente significativos. Por último, se puede comprobar que los valores de la SS aumentan ligeramente (1,9%) pero no de forma significativa, de $1.942 \pm 307,6$ Hz a $1.992,3 \pm 306,4$ Hz. Los resultados completos de los diferentes UFF se muestran en la [tabla 2](#).

Discusion

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los cambios en los UFF después de realizar una prueba RSA en futbolistas de categoría junior ([fig. 3](#)). A la luz de los datos obtenidos tras el test RSA comprobamos que los jugadores analizados no muestran diferencias significativas en los diferentes UFF. Basándonos en estos resultados y viendo que los UFF no disminuyen, sino que aumentan, aunque no significativamente, de acuerdo a lo demostrado por Li et al⁸ no existiría una disminución en la sensibilidad sensorial ni un incremento del nivel de activación cortical. La aparición de fatiga en este tipo de estímulos podría deberse a factores tales como la fatiga muscular¹⁸⁻²⁰ más que a factores que afecten al SNC. Al analizar individualmente cada parámetro de estudio podemos comprobar que los valores de los UFFc aumentaron (un 77,8%) después de realizar el test RSA, y aunque la diferencia no fue significativa, muestra una tendencia similar a la observada por Presland et al¹¹ en sujetos después de realizar una prueba de ciclismo a una intensidad del 70% del VO_{2max} hasta la extenuación. Estos valores en los UFFc estarían en consonancia con la teoría de Tomporowski¹, que

Tabla 2 Resultados obtenidos en los UFF

Toma	Umbrales Flicker Fusion					
	UFFa (Hz)	% cambio	UFFd (Hz)	% cambio	CS (Hz)	% cambio
Pre	954.7 ± 201.8	4.0	987.3 ± 213.4	1.3	-32.6 ± 279.1	77.8
Post	992.5 ± 230.4		999.8 ± 214.9		-10.9 ± 93	
					-7.2 ± 323.5	2.6
						1942 ± 307.6
						1992.3 ± 306.4

UFFa: Umbral Flicker Fusion ascendente; UFFd: Umbral Flicker Fusion descendente; UFFc: Umbral Flicker Fusion clásico; CS: criterio subjetivo; SS: sensibilidad sensorial.

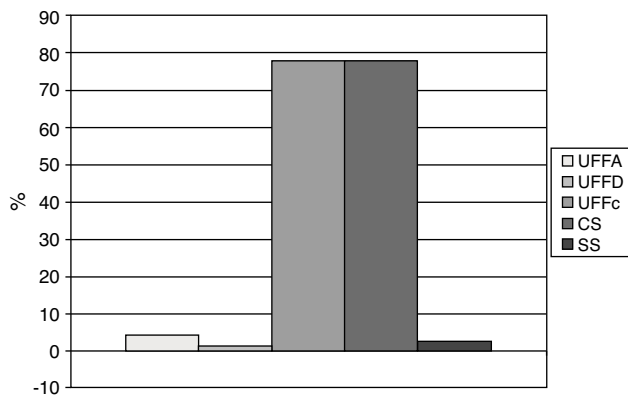


Figura 3 Valores de Umbral Flicker Fusion ascendente (UFFa), Umbral Flicker Fusion descendente (UFFd) y Umbral Flicker Fusion clásico (UFFc). CS: criterio subjetivo; SS: sensibilidad sensorial.

postuló que los ejercicios anaeróbicos intensos hasta el agotamiento y hasta alcanzar el VO_{2max} no influyen en el SNC, y por lo tanto, podríamos situar también los esfuerzos de sprints repetidos dentro de este grupo de ejercicios.

El aumento de los valores del CS no presentó diferencias significativas, al igual que en los estudios de Davranche^{6,12}, en dos pruebas: una de VO_{2max} y otra al 50% del VO_{2max} , en la que tampoco se modificaron significativamente los valores de este parámetro.

Si nos centramos en los resultados de la SS, comprobamos que éstos aumentan ligeramente (2,6%). Este resultado coincide con el estudio realizado por Davranche et al¹³ en sujetos después de realizar 15 min en cicloergómetro al 50% de su potencia aeróbica máxima, pero es contrario al de Davranche y Pichon⁶, que en su estudio sí vieron diferencias en la SS después de realizar un test de VO_{2max} en cicloergómetro. Esta falta de concordancia entre los resultados del estudio de Davranche y Pichon⁶ y el presente puede deberse a la realización de esfuerzos claramente diferentes, que activan diferentes vías metabólicas y que, por consiguiente, afectan de diferente forma al organismo de los sujetos. Tampoco coincide con el estudio de Grego et al¹⁴, en el cual sí se observó un descenso, aunque en este estudio el esfuerzo realizado fue de 120 min de ciclismo al 60% del VO_{2max} .

Cabe destacar que la respuesta observada en todos los UFF es similar a la obtenida después de realizar una prueba incremental máxima en ciclistas²¹ o una prueba incremental hasta alcanzar el consumo de oxígeno máximo también en ciclistas²². Podemos ver que en este tipo de esfuerzos máximos en los que la capacidad aeróbica de los sujetos se lleva al máximo se produce un aumento en los UFF, al igual que en los futbolistas juveniles que se han analizado en este estudio, donde también se produce un aumento de estos parámetros. Esto puede deberse al diferente nivel de los sujetos y las diferentes demandas orgánicas de cada una de las pruebas que realizaron. Estos resultados muestran que la realización de este test de sprints repetidos aumenta la sensibilidad sensorial y no produce un aumento de la activación cortical, siendo estos resultados diferentes de los postulados de Tomporowski¹ al manifestar que este tipo de estímulos no tendrían efecto en estos parámetros. Esta diferencia con la propuesta por Tomporowski¹ puede explicarse

principalmente porque el test de sprints repetidos no se realizaba hasta el agotamiento, que es una de las características que marca Tomporowski¹ para este tipo de estímulos anaeróbicos. De todas maneras, se necesitan más estudios sobre este tipo de ejercicios para poder comprobar la influencia real en los diferentes UFF y en la fatiga del SNC.

Por lo tanto, podemos concluir que una prueba RSA realizada por futbolistas de categoría junior no parece que genere fatiga en el SNC. Estos datos pueden utilizarse para evaluar el impacto de diversos entrenamientos en los deportistas, como por el ejemplo los sprints repetidos que se han realizado en este estudio; al mostrar cuándo el sistema nervioso empieza a fatigarse, se puede así optimizar la carga de entrenamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Tomporowski P. Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol.* 2003;112:297–324.
2. Bobon DP, Lecoq A, von Frenckell R, Mormont I, Laverge G, Lottin T. La fréquence critique de fusion visuelle en psychopathologie et en psychopharmacologie. *Ac Psych Bel.* 1982;82:7–112.
3. Hershovic J, Kietzman M, Sutton S. Visual flicker in depression: response criteria, confidence ratings and response times. *Psychol Med.* 1986;16:187–97.
4. Ghozlan A, Widlöcher D. Ascending-descending threshold difference and internal subjective judgment in CFF measurements of depressed patients before and after clinical improvement. *Percept Mot Skills.* 1993;77:435–9.
5. Simonson E, Brožek J. Flicker fusion frequency: background and applications. *Physiol Rev.* 1952;32:349–78.
6. Davranche K, Pichon A. Critical Flicker Frequency Threshold Increment after an exhausting exercise. *J Sport Ex Psychol.* 2005;27:515–20.
7. Dustman R, Emmerson R, Ruhling R, Shearer D, Steinhaus L, Johnson S, et al. Age and fitness effects on EEG, RPEs, visual sensitivity, and cognition. *Neuro Arg.* 1990;11:193–200.
8. Li Z, Jiao K, Chen M, Wang C. Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation. *Accid Anal Prev.* 2004;36:501–5.
9. Godefroy D, Rousseu C, Vercruyssen F, Cremieux J, Brisswalter J. Influence of physical exercise on perceptual response in aerobically trained subjects. *Percept Mot Skills.* 2002;94:68–70.
10. Ito S, Kanbayashi T, Takemura T, Kondo H, Inomata S, Szilagyi G, et al. Acute effects of zolpidem on daytime alertness, psychomotor and physical performance. *Neuro Res.* 2007;59:309–13.
11. Presland J, Dowson S, Cairns S. Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. *Eur J App Physiol.* 2005;95:42–51.
12. Davranche K, Burle B, Audiffren M, Hasbroucq T. Information processing during physical exercise: a chronometric and electromyographic study. *Exp Brain Res.* 2005;165:532–40.
13. Davranche K, Audiffren M. Facilitating effects of exercise on information processing. *J Sport Sci.* 2004;22:419–28.
14. Grego F, Vallier J, Collardeau M, Rousseu C, Cremieux J, Brisswalter J. Influence of exercise duration and hydration status on cognitive function during prolonged cycling exercise. *Int J Sports Med.* 2005;26:27–33.

15. Herrera G, Callejón D, Ureña A, Santos JA, Hernández L, Callejón D, et al. Madrid: Comité Olímpico Español, Voleibol; 1992.
16. Reilly T, Williams A, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci.* 2000;18:695-702.
17. Heredia JM, Chiroso I, Roldán JA, Chiroso L. Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprints repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts Med Esport.* 2009;44:163-73.
18. Coarasa A, Villarroya A, Ros R, Moros M. Respuesta eléctrica en el músculo fatigado. *Arch Med Dep.* 1989;21:41.
19. Coarasa A, Ros R, Asirón P, Moros M, Villarroya A. Fatiga muscular como factor limitante de esfuerzo. *Arch Med Dep.* 1994;44:331.
20. Bongbele J, Gutiérrez A. Bases bioquímicas de la fatiga muscular durante esfuerzos máximos de tipo anaeróbico. *Arch Med Dep.* 1990;25:49.
21. Clemente V. Fatiga del sistema nervioso mediante umbrales flicker fusion después de una prueba incremental máxima en ciclistas. *J Sport Health Res.* 2011;3:27-34.
22. Clemente V, Martínez A, Muñoz V, González J. Fatiga del sistema nervioso después de una prueba incremental de consumo máximo de oxígeno. *Arch Med Dep.* 2010;137:107-18.