

FATIGA DEL SISTEMA NERVIOSO DESPUÉS DE REALIZAR UN TEST DE CAPACIDAD DE SPRINTS REPETIDOS (RSA) EN JUGADORES DE FÚTBOL PROFESIONALES

FATIGUE OF THE NERVOUS SYSTEM AFTER PERFORMING A TEST OF REPEATED SPRINT ABILITY (RSA) IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

Vicente J. Clemente Suárez

Víctor E. Muñoz Miguel Melús

Laboratorio Entrenamiento Deportivo. Grupo Investigación Rendimiento Deportivo. Facultad CC Deporte. Universidad Castilla la Mancha. Toledo, España

RESUMEN

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 Umbrales Flicker Fusion (UFF). Aunque el efecto de estímulos en pruebas de sprints repetidos en el sistema nervioso central no está muy estudiado. El presente trabajo de investigación pretende estudiar los cambios en los umbrales Flicker Fusión antes y después de realizar una prueba de sprints repetidos (RSA) en futbolistas, como medio para valorar la fatiga del sistema nervioso central. Se analizaron 11 jugadores de fútbol pertenecientes a un equipo de categoría nacional (25.3±3.9 años de edad, 75.4±5.5 kg de peso, 181.7±4.8 cm de altura, 38.6±2.7 Kg de masa muscular y 8.1±1.9 kg de masa grasa). Cada jugador realizó el test RSA que consiste en la realización de 5 sprints de 30 m con un descanso de 20 segundos 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.

Los resultados mostraron que después de realizar el test RSA los UFFa y UFFc disminuyen significativamente ($p < 0.05$). El UFFd, el CS y la SS también disminuyeron (-0.2%, -104.85% y -1.11% respectivamente) aunque no significativamente. Con estos resultados podemos concluir que una prueba de sprints repetidos RSA realizada por futbolistas profesionales parece generar fatiga en el Sistema Nervioso Central, ya que los UFF disminuyen después de esta prueba.

Palabras clave: Sistema nervioso central. Fatiga. Umbrales Flicker Fusion. RSA. Fútbol.

SUMMARY

Several authors have studied the influence of exercise on the nervous system and cognitive function in untrained subject and at different stimuli of exercise, from intense anaerobic exercise to exhaustion at submaximal endurance exercise by Flicker Fusion Threshold (UFF). Although the effect of stimuli in repeated sprint tests in the central nervous system is not well studied. This research aims to study the central nervous system fatigue by the changes in the Flicker Fusion Thresholds before and after a repeated sprint test (RSA) in football players..

We analyzed 11 football players from a team at national category (25.3±3.9 years of age, 75.4±5.5 kg, 181.7±4.8 cm, 38.6±2.7 kg of muscle mass and 8.1±1.9 kg fat mass). Each player carried out the RSA test performing 30 m sprints 5 repeated times with 20 seconds rest in between. Before and after the RSA test the ascendent UFF (UFFa), descendent (UFFd), classic (UFFc), the subjective test (CS) and sensory sensitivity (SS) were assessed. UFFs were performed three consecutive times and Each subject performed the test three times obtaining an average values were calculated.

The results showed that after performing the RSA test and UFFc and UFFa decreased significantly ($p < 0.05$). The UFFd, CS and SS also decreased (-0.2% -104.85% and -1.11% respectively) but not significantly.

With these results we conclude that a repeated sprint test RSA made by professional football players seems to produce fatigue in the central nervous system, because the UFF decrease after this test.

Key words: Central Nervous System. Fatigue. Flicker Fusion Threshold. RSA. soccer.

CORRESPONDENCIA:

Vicente Clemente Suárez
Laboratorio Entrenamiento Deportivo. Facultad CC. Deporte. Modulo Acuático. Avda Carlos III S/n. 45004 Toledo. España
E-mail: vicente.clemente@uclm.es

Aceptado: 25.02.2011 / Original n° 584

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 consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) parecen no afectar a la función cognitiva¹, mientras que ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos producen una mejora del rendimiento cognitivo general¹. 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 sistema nervioso central 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 sistema nervioso central (SNC), postulando que una disminución en los UFF estaría 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 cómo la sensibilidad sensorial (uno de los UFF que muestra la

activación cortical) aumentaba después de este test. Sin embargo no observaron diferencias significativas en el criterio subjetivo.

El segundo grupo de ejercicios (ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos) sólo hallamos el trabajo de Presland, *et al*¹¹ que estudiaron a 15 sujetos sanos después de realizar una prueba de ciclismo hasta la extenuación al 70% del VO_{2max} comprobaron como existía un aumento significativo de los UFF. También en esta línea podemos considerar el estudio realizado sobre 12 sujetos (6 hombres y 6 mujeres) que pedalearon en un cicloergómetro durante 15' con una carga del 50% de su potencia aeróbica máxima, dicho trabajo mostraba como la sensibilidad sensorial aumentaba después de este test¹².

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 cómo la realización de estímulos de 20' 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 como después de 120' de pedaleo al 60% del VO_{2max} se producía un descenso significativo de los UFF¹⁴.

No se ha encontrado ningún estudio que analizase 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 al SNC¹⁵ y provocar una disminución del rendimiento deportivo de los sujetos.

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 realizados en deportes intermitentes de alta intensidad en donde se realizan sprints repetidos, ya que este tipo de estímulos puede tener una mayor implicación en el sistema nervioso que otros estímulos que

no tengan una implicación tan elevada de fuerza y velocidad. 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 profesionales.

MATERIAL Y MÉTODO

La muestra del estudio la componen 11 jugadores de fútbol pertenecientes a un equipo de categoría nacional (25.3 ± 3.9 años de edad, 75.4 ± 5.5 kg de peso, 181.7 ± 4.8 cm de altura, 38.6 ± 2.7 Kg de masa muscular y 8.1 ± 1.9 kg de masa grasa), se realizó la prueba a estos 11 sujetos del primer equipo ya que eran los únicos que no presentaban ningún tipo de lesión o problemas musculares para la realización del test a su máxima capacidad. Todos ellos cuentan con una experiencia de, al menos, 5 años en el entrenamiento y en la competición. Entrenan 5 veces por semana en sesiones de 90 minutos y juegan un partido de competición una vez a la semana. Todos los jugadores han realizado un reconocimiento médico previo a su incorporación en el equipo y han sido calificados como saludables para la práctica deportiva, no padecen ningún tipo de enfermedad ni lesión importante. Los participantes fueron informados minuciosamente de las características del estudio y el test que llevaron a cabo así como los posibles riesgos derivados del mismo a los que estarán expuestos, así mismo, todos ellos firmaron una hoja de consentimiento de acuerdo con la declaración de Helsinki.

Cada jugador realizó el test RSA (cinco sprints de 30 m con un descanso de 20 segundos entre cada esfuerzo), 5 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 con características similares¹⁶. En el test RSA se midieron los valores de mejor sprint, media de velocidad de los sprints, velocidad de cada sprint, disminución del rendimiento (entendida como la disminución de la velocidad entre el sprint 1 y el sprint 5) y el sumatorio de el tiempo realizado en todos los sprint.

Previo a la ejecución del test, los jugadores realizaron un calentamiento estandarizado que incluía cinco minutos de carrera continua, dos series de diez saltos submáximos, tres aceleraciones de 50 metros y una aceleración de 30 metros con un trineo lastrado con el 10% del peso corporal del jugador.

Antes y después del RSA, 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 y una distancia entre estos 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. Cuando se detectaba 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 segundos a las siguientes frecuencias:

- 1º Test. 0 a 100 Hz: ascendente.
- 2º 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.

Las variables CS y SS son las principales variables de estudio, un aumento o disminución en ellas pone de manifiesto un aumento o disminución en la fatiga del SNC. Previo al test, los sujetos tuvieron una fase de práctica para familiarizarse con el protocolo en el cual realizaban 3 veces el test ascendente y otras tres veces el test descendente. La fiabilidad test-retest fue realizada durante esta fase utilizando el coeficiente de correlación intraclass, los resultados de los futbolistas oscilan en un rango comprendido entre 0.83 y 0.95.

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS 17.0. Primero se realizó una 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 Shapiro-Will. Después se realizó una prueba T para variables paramétricas (UFFd, UFFc y CS). Para las variables no paramétricas (UFFa y SS) se realizó la prueba de Friedman para establecer si existían diferencias significativas, para posteriormente realizar el test de Wilkosen con post hoc de Bonferroni. Para todas las comparaciones se aceptó el índice de significación de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Los valores completos obtenidos por los sujetos en el test RSA se muestran en la Tabla 1. Estos resultados muestran que la velocidad media de los 5 sprints del RSA fue de 22.32 ± 14.19 Km/h y la disminución del rendimiento fue de un -4.00 ± 3.96 %.

Después del test RSA podemos ver cómo los UFFa y los UFFc disminuyeron significativamente (Figura 1 y Figura 2), un 61% y un 104.85% respectivamente respecto a los resultados del pretest. Los valores del UFFd, la CS y la SS también disminuyeron aunque no significativamente. Los resultados completos de los diferentes UFF se muestran en la Tabla 2.

DISCUSIÓN

Tras estudiar los resultados obtenidos en el test RSA comprobamos los UFF disminuyen des-

Variables	Resultado Media \pm DS
Mejor sprint (km/h)	22.32 \pm 14.19
Media (km/h)	22.32 \pm 14.19
Sprint 1 (km/h)	22.32 \pm 14.19
Sprint 2 (km/h)	21.66 \pm 14.01
Sprint 3 (km/h)	20.49 \pm 12.93
Sprint 4 (km/h)	20.72 \pm 13.01
Sprint 5 (km/h)	19.76 \pm 12.61
Disminución rendimiento (%)	-4.00 \pm 3.96
Sumatorio de tiempos (s)	104.69 \pm 67.23

TABLA 1. Resultados obtenidos en el test de capacidad de sprints repetidos (RSA)

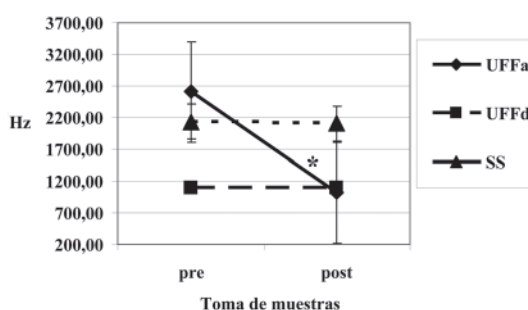


FIGURA 1. Valores de los Umbrales Flicker Fusion Ascendente (UFFa), Umbrales Flicker Fusion descendente (UFFd) y Sensibilidad Sensorial (SS). * $p < 0.05$

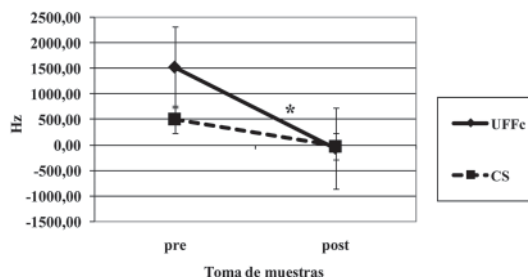


FIGURA 2. Valores de los Umbrales Flicker Fusion Clásico (UFFc) y Criterio Subjetivo (CS). * $p < 0.05$

TABLA 2.
Resultados
obtenidos en los
Umbral Flicker
Fusion

Umbral Flicker Fusion	Toma		% cambio
	Pre	Post	
UFFa (Hz)	2606.83±1746.24	1017.00±150.92	- 61 *
UFFd (Hz)	1092.67±57.26	999.8±214.9	-0.2
UFFc (Hz)	1514.17±1737.07	-73.50±127.92	-104.85*
CS (Hz)	504.72±579.02	-24.50±15.64	-104.85
SS (Hz)	2131.17±181.30	2107.50±275.38	-1.11

UFFa - Umbral Flicker Fusion ascendente; UFFd - Umbral Flicker Fusion descendente; UFFc - Umbral Flicker Fusion clásico; CS - Criterio subjetivo; SS - Sensibilidad Sensorial. * $p < 0.05$.

pués de realizar los 5 sprints de 30 metros, aunque únicamente el UFFa y el UFFc presentaron una disminución significativa de sus valores.

Basándonos en estos resultados y viendo que los UFF disminuyen, de acuerdo a lo demostrado por Li, *et al*⁸ existe una tendencia que muestra una disminución en la sensibilidad sensorial y un incremento del nivel de activación cortical. Por lo tanto la aparición de fatiga en este tipo de estímulos podría deberse además de factores tales como la fatiga muscular¹⁷⁻¹⁹ a factores que afecten al sistema nervioso central.

Al analizar individualmente cada parámetro de estudio podemos comprobar como los valores de los UFFc disminuyeron (un 104.85%) después de realizar el test RSA, estos resultados muestran una tendencia contraria a la observada por Presland, *et al*¹¹ en sujetos después de realizar una prueba de ciclismo a una intensidad del 70% del VO_{2max} hasta la extenuación. La disminución de los valores del CS no presentó diferencias significativas, aunque en los estudios de Davranche (6,12) en dos pruebas, una de VO_{2max} y otra al 50% del VO_{2max} , aumentaron, aunque no de forma significativa y en el de Clemente²⁰ por el contrario si se produjo también un ligero descenso del CS (-3.5%) después de realizar una prueba incremental hasta alcanzar el VO_{2max} en cicloergómetro en ciclistas entrenados. Se puede ver como los valores de CS aun en distintas pruebas no parecen mostrar diferencias significativas con respecto a los valores basales tomados antes de las pruebas realizadas por los distintos investigadores, a pesar de tener una naturaleza diferente entre si.

Si nos centramos en los resultados de la SS, comprobamos cómo éstos también disminuyen ligeramente (1.11%). Este resultado es contrario con el estudio realizado por Davranche, *et al*¹³ en sujetos después de realizar 15' en cicloergómetro al 50% de su potencia aeróbica máxima; pero es similar al de Davranche y Pichon⁶ que en su estudio si vieron diferencias en la SS después de realizar un test de VO_{2max} en cicloergómetro. Esta falta de concordancia en los resultados del estudio de Davranche y Pichon⁶ y el presente, puede ser debida 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. La prueba de Davranche y Pichon⁶ tiene una alta implicación aeróbica, alcanzando la potencia aeróbica máxima, sin embargo el componente predominante de un RSA es el metabolismo alactico y láctico y una alta implicación en los factores de fuerza y velocidad gestual que tienen más implicación con la vía neural del control motor, por esta razón el RSA puede general una disminución mayor de los UFF que una prueba de VO_{2max} . Este resultado también coincide con el estudio de Grego, *et al*¹⁴ en el cual si se observó un descenso, aunque en este estudio el esfuerzo realizado fue de 120' de ciclismo al 60% del VO_{2max} . 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.

Estos valores en los UFF estarían en contraposición con la teoría de Tomporowski¹ que postuló que los ejercicios anaeróbicos intensos hasta el agotamiento y hasta alcanzar el VO_{2max} no in-

fluyen sobre el SNC, por lo tanto, las tareas de sprints repetidos podrían estar situadas fuera de este grupo de ejercicios a la luz de los resultados obtenidos en esta investigación, aunque se necesitaría realizar estudios con una muestra total mayor para poder ver realmente si las disminuciones de los distintos UFF son significativas.

Consecuentemente, podemos concluir que una prueba de sprints repetidos RSA realizada por futbolistas profesionales parece generar fatiga en el Sistema Nervioso Central, ya que los UFF disminuyen después de esta prueba.

Este estudio ha estado limitado principalmente por la muestra de estudio, ya que debido a las lesiones de los jugadores únicamente se pudo evaluar a 11 sujetos, aunque los datos obtenidos ponen de manifiesto el efecto en el SNC de este tipo de pruebas de alta intensidad. Este estudio permite aumentar el conocimiento sobre los posibles mecanismos de fatiga implicados en este tipo de esfuerzos, y marca el camino para futuros trabajos de investigación que continúen estudiando la respuesta del SNC en diferentes tipos estímulos y cargas de entrenamiento.

B I B L I O G R A F Í A

1. Tomporowski, P. Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Ac Psychol*. 2003;112:297-324.
2. Bobon D.P, Lecoq A, von Frenckell R, Mormont, I, Lavergne G, Lottin T. La fréquence critique de fusion visuelle en psychopathologie et en psychopharmacologie. *Ac Psych Bel*. 1982;82:7-112.
3. Herskovic J, Kietzman M, Sutton S. Visual flicker in depression: response criteria, confidence ratings and response times. *Psychol Med*. 1986;16:187-197.
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;77:435-439.
5. Simonson E, Brožek J. Flicker fusion frequency: background and applications. *Physiol Rev*. 1952;32:349-378.
6. Davranche, K., Pichon, A. Critical Flicker Frequency Threshold Increment after an exhausting exercise. *J Sport Ex Psychol*. 2005;27:515-520.
7. Dustman R, Emmerson R, Ruhling R, Shearer D, Steinhaus L, Johnson S, Bonekat H, Shigeoka J. Age and fitness effects on EEG, RPEs, visual sensitivity, and cognition. *Neuro Ag*, 1990;11: 193-200.
8. Li Z, Jiao K, Chen M, Wang C. Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation. *Acc Anal Prev*. 2004;36:501-505.
9. Godefroy D, Rousseu C, Verduyssen 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, Szilagy G, Shimizu T, Nishino S. Acute effects of zolpidem on daytime alertness, psychomotor and physical performance. *Neuro Res*, 2007;59(3):309-313.
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;165:532-540.
13. Davranche, K. Audiffren M. Facilitating effects of exercise on information processing. *J Sport Sci*. 2004;22:419-428.
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(1):27-33.
- 15. Herrera G, Callejón D, Ureña A, Santos JA, Hernández L, Callejón D, Diaz J, Fraile FM.** Comité Olímpico Español. Madrid. 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. Coarasa A, Villarroya A, Ros R, Moros M.** Respuesta eléctrica en el músculo fatigado. *Arch Med Deporte.* 1989;21:41.
- 18. Coarasa A, Ros R, Asirón P, Moros M, Villarroya, A.** Fatiga muscular como factor limitante de esfuerzo. *Arch Med Deporte.* 1994;44:331.
- 19. Bongbele J, Gutiérrez A.** Bases bioquímicas de la fatiga muscular durante esfuerzos máximos de tipo anaeróbico. *Arch Med Deporte.* 1990;25:49.
- 20. Clemente V, Martínez A, Muñoz V, González JM.** Fatiga del sistema nervioso central después de una prueba incremental de consumo máximo de oxígeno. *Arch Med Deporte.* 2010;137:107-118.