



Clement, V.J. (2011). Fatigue of nervous system through Flicker Fusion thresholds after a maximum incremental cycling test. *Journal of Sport and Health Research*. 3(1):27-34.

Original

**FATIGA DEL SISTEMA NERVIOSO MEDIANTE UMBRALES
FLICKER FUSION DESPUÉS DE UNA PRUEBA INCREMENTAL
MÁXIMA EN CICLISTAS.**

**FATIGUE OF NERVOUS SYSTEM THROUGH FLICKER
FUSION THRESHOLDS AFTER A MAXIMUM INCREMENTAL
CYCLING TEST.**

Vicente J. Clemente Suárez¹

¹ Laboratorio Entrenamiento Deportivo. Grupo Investigación Rendimiento Deportivo. Facultad CC Deporte.
Universidad Castilla la Mancha. Toledo. España.

Correspondence to:
Clemente Suárez, V.J.
Universidad Castilla la Mancha
Facultad de Ciencias del Deporte.
Laboratorio de entrenamiento deportivo.
45004. Toledo.
Tel.:925268800
Email: vicente.clemente@uclm.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 24-04-2010
Accepted: 17-06-2010



RESUMEN

Antecedentes: 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 en el sistema nervioso central (SNC) de estímulos máximos aeróbicos no está muy estudiado.

Objetivo: El presente trabajo de investigación pretende estudiar los cambios en los UFF antes y después de realizar una prueba incremental máxima en cicloergómetro, como medio para valorar la fatiga del SNC.

Participantes: La muestra la componen 7 sujetos varones (62.6 ± 4.11 kg, 172.8 ± 7.94 cm, 14.7 ± 0.8 años, 13.4 ± 3.53 % grasa, 21.0 ± 1.83 kg/m²; VO₂max [ml/ kg/min] 63.2 ± 5.13 , VO₂max [l]: 4.1 ± 0.5).

Método: Se realizó un test incremental máximo en cicloergómetro, comenzando en 50w con incrementos de 50w cada 5 minutos hasta la fatiga completa. Previo al test y al finalizar éste, se realizaron las mediciones de los UFF ascendente, descendente y clásico, el criterio subjetivo y la sensibilidad sensorial. Cada sujeto realizó el test de UFF en tres ocasiones obteniéndose un valor promedio.

Resultados: Los resultados muestran un aumento de los UFF, por lo que no se produce fatiga en el SNC después de una prueba incremental máxima en cicloergómetro.

Palabras clave: (3-10). Sistema nervioso central, Fatiga, Umbrales Flicker Fusion, cicloergómetro.

ABSTRACT

Background: Several authors have studied the influence of exercise on the nervous system and cognitive functioning in untrained subjects and different exercises from anaerobic exercise intense exercise to exhaustion at submaximal endurance exercise using the Flicker Fusion Threshold (UFF). Although the effect on the central nervous system (CNS) of maximum aerobic stimuli is not well studied.

Objective: The purpose of this study is examine changes in Flicker Fusion thresholds before and after perform an incremental cycling test to exhaustion as a means to evaluate the central nervous system fatigue (SNC).

Participants: 7 cyclists (62.6 ± 4.11 kg, 172.8 ± 7.94 cm, 14.7 ± 0.8 years, 13.4 ± 3.53 % grass, 21.0 ± 1.83 kg/m²; VO₂max [ml/ kg/min] 63.2 ± 5.13 , VO₂max [l]: 4.1 ± 0.5).

Method: were tested in an incremental maximal test in cycle ergometer (starting at 50W with 50W increments every 5 minute until complete fatigue). The variables (UFF upward, downward and classic, the subjective test and sensory sensitivity) were measured pretest and posttest. Each subject performed the test three times and obtaining an average value.

Results: The results show an increase in the UFF, so fatigue does not occur in the CNS after a maximum incremental cycle ergometer test.

Key words: (3-10). Central Nervous System, Fatigue, Flicker Fusion Threshold, Cycle Ergometer.



INTRODUCCIÓN

Al revisar la literatura científica referente a la influencia del ejercicio sobre el sistema nervioso y el funcionamiento cognitivo, se observa que existen diferentes efectos en el sistema nervioso dependiendo de la naturaleza del ejercicio realizado (Bobon et al, 1982; Tomporowski, 2003; Davranche y Pichot, 2005; Ito et al, 2007). Podemos realizar tres grandes distinciones en cuanto al tipo de ejercicios y a su influencia sobre el sistema nervioso central (SNC). Los ejercicios anaeróbicos intensos hasta el agotamiento y ejercicios hasta alcanzar el VO₂max parecen no afectar a la función cognitiva, mientras que ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos que no llegan a la extenuación producen una mejora del rendimiento cognitivo general. Finalmente, los ejercicios submáximos que conducen a la deshidratación y/o el agotamiento de los sustratos energéticos disminuyen tanto el procesamiento de la información como las funciones de la memoria (Tomporowski, 2003).

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) (Bobon et al, 1982; Herskovic et al, 1986; Ghozlan y Widlöcher, 1993). Ya en 1952 Simonson y Brožec 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 estaría relacionada con un aumento en la fatiga del SNC, aunque recientes investigaciones plantean que los UFF únicamente serían válidos para medir el nivel de activación cortical (Davranche et al, 2005). La valoración de los UFF ha sido utilizada para la valoración de la fatiga del SNC por diversos autores, considerando los UFF dentro del ámbito deportivo y de la psicología, un sistema válido para este cometido. (Dustman et al, 1990; Godefroy et al, 2002; Li et al, 2004; Davranche y Pichot, 2005; Ito et al, 2007).

Además de los tres grupos de ejercicios que postuló Tomporowski (2003), varios autores han estudiado los UFF en sujetos desentrenados (Bobon et al, 1982; Li et al, 2004) aunque este grupo guarda poca relación con el estudio realizado. Al revisar la literatura científica de trabajos realizados en sujetos entrenados y en la realización de ejercicios encontramos relacionado con el primer grupo de ejercicio postulado por Toporowski (estímulos

anaeróbicos intensos hasta el agotamiento y ejercicios hasta alcanzar el VO₂max), únicamente el estudio de Davranche y Pichon, (2005) que al estudiar los cambios en los UFF en 7 sujetos físicamente activos al finalizar un test de VO₂max en cicloergómetro pudieron comprobar como la sensibilidad sensorial aumentaba después de este test. Sin embargo no observaron diferencias significativas en el criterio subjetivo.

Dentro de las investigaciones realizadas dentro segundo grupo de ejercicios (ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos) solo hallamos el trabajo de Presland et al (2005) en el que estudiaron a 15 sujetos sanos después de realizar una prueba de ciclismo hasta la extenuación al 70% del VO₂max comprobando como existía un aumento significativo ($p < 0.05$) de los UFF (39.2 ± 2.3 vs 41.7 ± 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' con una carga del 50% de su potencia aeróbica máxima. En este estudio se vio como la sensibilidad sensorial aumentaba de 33.01 ± 4 a 34.45 ± 4 Hz (Davranche et al, 2005).

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 Audiffren (2004) que comprobaron al analizar a 16 sujetos con experiencia específica en deportes con toma de decisiones (fútbol, balonmano, baloncesto y tenis) como la realización de estímulos de 20' al 20% y al 50% de la potencia aeróbica máxima en cicloergómetro mejoran su rendimiento cognitivo. En otro estudio realizado con ciclistas se pudo comprobar como después de 120' de pedaleo al 60% del VO₂max se producía un descenso significativo de los UFF (Grego et al, 2005). En esta línea, Audiffren et al (2008) y más recientemente Lambourne y Toporowski (2010) pusieron de manifiesto que los ejercicios aeróbicos producían una mejora en la sensibilidad sensorial. Por último Clemente y Martínez (2010) comprobaron cómo después de hacer una prueba de ultraresistencia de 200km de carrera a pie por relevos, los UFF no se vieron modificados.

Desligado de los efectos agudos de diferentes ejercicios sobre el SNC Dustmand et al (1984) realizaron un estudio a largo plazo sobre los efectos de un programa de entrenamiento aeróbico sobre los



UFF. Este estudio mostró cómo los valores en los UFF tanto en hombres como en mujeres fueron mejores que los obtenidos antes de realizar el programa de entrenamiento aeróbico. Estos sujetos realizaron un entrenamiento aeróbico durante cuatro meses (3 sesiones/semana 1 h andando) (Withers et al, 2000). También Raghuraj y Telles (1997) comprobaron en un grupo de 30 mujeres jóvenes como después de 6 meses de práctica de yoga los valores de los UFF disminuían respecto a un grupo que no realizó yoga.

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 ejercicios de intensidad creciente realizados hasta el máximo rendimiento que es capaz de desarrollar un deportista. Por ello se plantea como objetivo de esta investigación el análisis de la fatiga del sistema nervioso a través de los cambios en los UFF después de realizar en una prueba incremental hasta alcanzar la máxima potencia desarrollada en cicloergómetro en ciclistas

MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra la componen 7 sujetos varones (62.6 ± 4.11 kg, 172.8 ± 7.94 cm, 14.7 ± 0.8 años, 13.4 ± 3.53 % grasa, 21.0 ± 1.83 kg/m²) pertenecientes a una población de ciclistas entrenados que forman la selección cadete de ciclismo de Castilla la Mancha (VO_{2max} [ml/ kg/min] 63.2 ± 5.13 , VO_{2max} [l]: 4.1 ± 0.5). La altura fue obtenida con un tallímetro SECA 222 (Apling, Barcelona, España), para la medición del peso y el % de grasa se utilizó un método de impedancia bioeléctrica multifrecuencial directo a través del sistema Inbody 720 (Biospace, Seoul, Korea). Todos los sujetos fueron informados de los riesgos de la investigación y firmaron un documento de consentimiento informado antes de realizar el estudio. Se realizó un test incremental máximo con el objetivo de obtener los umbrales lácticos de los ciclistas en cicloergómetro (Lode Excalibur, Lode BV, Groningen, Holanda). El protocolo constaba de un calentamiento de 10' a 50W, el comienzo del test se realizaba a 100W y posteriormente se aumentaban 50W cada 5 minutos hasta la extenuación del sujeto. La frecuencia de pedaleo fue de entre 90 y 105 rpm.

Previo 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/m²) 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 pulsador (Davranche y Pichon, 2005). 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.



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.

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS 17.0. Primero se comprobó si se cumplen las hipótesis de normalidad y de homocedasticidad de varianzas realizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Will. Para las variables que cumplieran la hipótesis de normalidad y homocedasticidad se realizó un Análisis de la Varianza con un post hoc de Bonferroni. Para las variables que no cumplieran la hipótesis de normalidad y homocedasticidad se realizó la prueba Friedman, para ver si existían diferencias significativas para posteriormente realizar el test de Wilcoxon con post hoc de Bonferroni. Para todas las comparaciones se aceptó el índice de significación de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Los valores obtenidos por los sujetos en el test incremental en cicloergómetro se muestran en la tabla 1. Los resultados muestran como se alcanzaron una potencia máxima en el cicloergómetro de 285.7 ± 37.8 W y una frecuencia cardiaca máxima de 193.7 ± 12.31 p/min máximos. La percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) fue de 18.3 ± 1.98 . Los sujetos tuvieron su umbral anaeróbico en 105.7 ± 15.5 W, con una frecuencia cardiaca de 144.0 ± 15.62 p/min y una percepción subjetiva de esfuerzo de 9.7 ± 2.52 .

Tabla 1. Resultados obtenidos en el test máximo

	Resultados Medios (media \pm DT)
Potencia Máxima (W)	285.7 ± 37.8
Frecuencia Cardiaca Máxima (p/min)	193.7 ± 12.31
RPE Máximo	18.3 ± 1.98
Potencia Umbral Anaeróbico (W)	105.7 ± 15.5
Frecuencia Cardiaca Umbral Anaeróbico (p/min)	144.0 ± 15.62
RPE Umbral Anaeróbico	9.7 ± 2.52

Después del test incremental podemos ver cómo el UFFa aumentó significativamente ($p < 0.05$) un 23.8% y el UFFd disminuyó ligeramente un 2.3% respecto a la toma basal (figura 1), siendo esta diferencia no significativa.

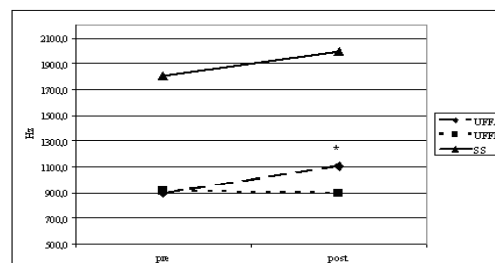


Figura 1. Valores de los UFFa, UFFd y SS (* $p < 0.05$).

Los valores del UFFc aumentaron significativamente un 1107.5 %, como refleja la figura 2 y 3. Los datos del CS muestran un aumento significativo de un 1007.6% al realizar la prueba incremental en el cicloergómetro, pasando de un valor de -7.0 ± 92.5 Hz a 70.5 ± 93.7 Hz. Por último, se puede comprobar como los valores de la SS aumentan un 10.6%, pero no de forma significativa (Tabla 3).

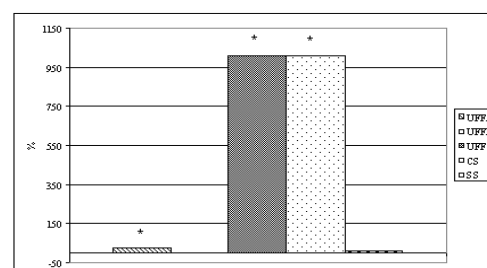


Figura 2. Porcentajes de cambio UFF (* $p < 0.05$).

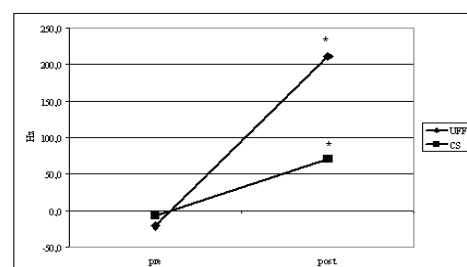


Figura 3. Valores de los UFFc y CS (* $p < 0.05$).



Los resultados completos de los diferentes UFF se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos en los UFF.

Toma	Umbrales Flicker Fusion (Hz)					
	UFFa	% cambio	UFFd	% cambio	UFFc	% cambio
Pre	892.6		913.6		-	
	±217		±159.		21.0	
Post	.1	23,8*	2	2.3	.6	1007.5
	1104.		893.0		211.6	*
	6±15		±220.		±281	
	9.0		9		.0	

(* $p < 0.05$)

UFFa: Umbral Flicker Fusion ascendente

UFFd: Umbral Flicker Fusion descendente

UFFc: Umbral Flicker Fusion clásico Sensorial

Tabla 3. Resultados obtenidos en la SS y CS.

Toma	Umbrales Flicker Fusion			
	CS (Hz)	% cambio	SS (Hz)	% cambio
Pre	-7.0±92.5		1806.1±260.5	
Post	70.5±93.7	1007.6*	1997.6±262.9	10.6

(* $p < 0.05$)

CS: Criterio subjetivo

SS: Sensibilidad Sensorial

DISCUSIÓN

A la luz de los datos obtenidos tras la prueba incremental comprobamos como los ciclistas analizados muestran diferencias significativas en los diferentes UFF. Basándonos en estos resultados y viendo como los UFF se modifican significativamente y de acuerdo a lo demostrado por Li et al. (2004) existiría un aumento en la sensibilidad sensorial y un incremento del nivel de activación cortical. Al analizar individualmente cada

parámetro de estudio podemos comprobar como los valores de los UFFc aumentaron (51.2%) después de realizar la prueba incremental, esta tendencia es similar a la observada por Presland et al (2005) en sujetos después de realizar una prueba de ciclismo a una intensidad del 70% del VO₂max hasta la extenuación. Estos valores en los UFFc estarían en consonancia con la teoría de Tomporowski (2003) que postuló que los ejercicios aeróbicos de corta duración y anaeróbicos producen una mejora del rendimiento cognitivo general.

El aumento significativo de los valores del CS es contrario al obtenido en los estudios de Davranche et al (2005) y Grego et al (2005) en dos pruebas, una de VO₂max y otra al 50% del VO₂max, en donde tampoco se modificaron los valores de este parámetro.

Si nos centramos en los resultados de la SS, comprobamos como estos aumentan, aunque no significativamente. Este resultado coincide con el estudio realizado por Davranche et al (2005) en sujetos después de realizar 15' en cicloergómetro al 50% de su potencia aeróbica máxima; pero es contrario al de Davranche y Pichon (2005) que en su estudio, si vieron diferencias significativas en la SS después de realizar un test de VO₂max en cicloergómetro. Esta falta de concordancia en los resultados del estudio de Davranche y Pichon (2005) y el presente, puede ser debida a la utilización de un protocolo de realización del test máximo diferente, ya que en ese estudio el test tenía como objetivo alcanzar el VO₂max (aumentos de 25 W cada minuto a 60 rpm) y el test máximo utilizado en esta investigación pretendía obtener los umbrales lácticos (aumentos de 50w cada 5' a 90-105 rpm). Tampoco coincide con el estudio de Grego et al (2005) en el cual si se observó un descenso, aunque en este estudio el esfuerzo realizado fue de 120' de ciclismo al 60% del VO₂max.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se puede concluir que una prueba incremental máxima realizada en cicloergómetro no parece que genere fatiga en el sistema nervioso central, ya que no se produce una disminución de los UFF, pero produce una mejora del rendimiento cognitivo general, al aumentar los UFF, en ciclistas entrenados. Este



estudio permite aumentar el conocimiento sobre los posibles mecanismos de fatiga implicados en este tipo de pruebas, y marca el camino para futuros trabajos de investigación que continúen estudiando la respuesta del SNC en diferentes tipos de cargas y estímulos de entrenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Audiffren, M., Tomporowski y P., Zagrodnik, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: Modulation of executive control in a Random Number Generation task. *Acta Psychologica*, 132 (1), 85-95
2. Bobon, D.P., Lecoq, A., Von Frenckell, R., Mormont, I., Lavergne, G. y Lottin, T. (1982). La fréquence critique de fusion visuelle en psychopathologie et en psychopharmacologie. *Acta Psychiatrica Belgica*, 82, 7-112
3. Clemente, V. y Martínez, R. (2010). Fatiga del sistema nervioso mediante umbrales Flicker Fusion después de una prueba de ultraresistencia por relevos de 200 km. *Cultura Ciencia y Deporte*, 13(5), 33-38.
4. Davranche, K. y Audiffren, M. (2004). Facilitating effects of exercise on information processing, 22, 419-428.
5. Davranche, K., Burle, B., Audiffren, M. y Hasbroucq, T. (2005). Information processing during physical exercise: a chronometric and electromyographic study. *Experimental Brain Research*, 165, 532-540.
6. Davranche, K. y Pichon, A. (2005). Critical Flicker Frequency Threshold Increment after an exhausting exercise. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 27, 515-520.
7. Dustman, R., Emmerson, R., Ruhling, R., Shearer, D., Steinhaus, L., Johnson, S., Bonekat, H. y Shigeoka, J. (1990). Age and fitness effects on EEG, RPEs, visual sensitivity, and cognition. *Neurobiology of Aging*, 11, 193-200.
8. Dustman, R., Ruhling, R., Russell, E., Shearer, S., Bonekat, H., Shigeoka, J., Wood, J. y Bradfor, D. (1984). Aerobic Exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiology of Aging*, 5, 35-42.
9. Ghozlan, A. y Widlöcher, D. (1993). Ascending-descending threshold difference and internal subjective judgment in CFF measurements of depressed patients before and after clinical improvement. *Perceptual & Motor Skills*, 77, 435-439.
10. Godefroy, D., Rousseu, C., Vercruyssen, F., Cremieux, J. y Brisswalter, J. (2002). Influence of physical exercise on perceptual response in aerobically trained subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 68-70.
11. Grego, F., Vallier, J., Collardeau, M., Rousseu, C., Cremieux, J. y Brisswalter, J. (2005). Influence of exercise duration and hydration status on cognitive function during prolonged cycling exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 27-33.
12. Herskovic J., Kietzman, M. y Sutton, S. (1986). Visual flicker in depression: response criteria, confidence ratings and response times. *Psychological Medicine*, 16, 187-197.
13. Ito, S., Kanbayashi, T., Takemura, T., Kondo, H., Inomata, S., Szilagyi, G., Shimizu, T. y Nishino, S. (2007). Acute effects of zolpidem on daytime alertness, psychomotor and physical performance. *Neuroscience Research*, 59(3), 309-313.
14. Lambourne, K. y Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: A meta-regression analysis, *Brain Research*, doi:10.1016/j.brainres.2010.03.091
15. Li, Z., Jiao, K., Chen, M. y Wang, C. (2004). Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 501-505.
16. Presland, J., Dowson, S. y Cairns, S. (2005). Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. *European Journal Applied Physiology*, 95, 42-51.
17. Raghuraj, P. y Telles, S. (1997). Muscle power, dexterity skill and visual perception



- in community home girls trained in yoga or sports and in regular school girls. *Indian Journal Physiological Phaarmacology*, 41(4), 409-415.
18. Simonson, E. y Brožek, J. (1952). Flicker fusion frequency: background and applications. *Physiological Reviews*, 32, 349–378
 19. Tomporowski, P. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, 112, 297-324.
 20. Withers, R., Gore, C., Gass, G. y Hahn, A. (2000). Determination Maximal Oxygen Consumption (VO₂max) or Maximal Aerobic Power. En C. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes*. Leeds: *Human Kinetics*, 122.