



Original

Efectos agudos en el sistema nervioso central después de realizar una contrarreloj simulada en ciclistas cadetes

V.J. Clemente Suárez

Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo. España.

Historia del artículo:

Recibido el 1 de agosto de 2011

Aceptado el 3 de diciembre de 2011

Palabras clave:

Sistema nervioso central.

Fatiga.

Umbral de Flicker Fusion.

Cicloergómetro.

Ciclismo.

Key words:

Central nervous system.

Fatigue.

Flicker Fusion Threshold.

Cycle ergometer.

Cyclist.

RESUMEN

Objetivos. El origen de la fatiga en el deporte ha sido ampliamente estudiado; a pesar de ello, no se conoce exactamente su funcionamiento. Una de las causas de la disminución de rendimiento en los deportistas es la fatiga del sistema nervioso central (SNC). El presente trabajo de investigación pretende estudiar los cambios en los umbrales Flicker Fusion (UFF) antes y después de realizar una contrarreloj simulada de 30 minutos en cicloergómetro, como medio para valorar la fatiga del SNC en un grupo de ciclistas entrenados de categoría cadete.

Método. Se analizó a siete 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, consumo máximo de oxígeno [ml/kg/min] 63,2±5,13, consumo máximo de oxígeno [l]: 4,1±0,5). Se realizó una prueba de 30 minutos máximo en cicloergómetro. Previamente al test y al finalizar este, se realizaron las mediciones del UFF ascendente, el UFF descendente, el criterio subjetivo y la sensibilidad sensorial. Cada sujeto realizó el test de UFF en tres ocasiones, obteniéndose un valor promedio de ellos.

Resultados. Los resultados muestran un aumento de la activación cortical después de la realización de la contrarreloj, por lo tanto, no se muestran signos de fatiga del SNC, ya que los resultados de sensibilidad sensorial aumentaron (pre: 30,1±4,3 Hz; pos: 32,4±6,3 Hz). Estos resultados coinciden con otros estudios en los que se realizaron esfuerzos de naturaleza similar.

Conclusión. Una prueba máxima de 30 minutos en cicloergómetro no parece que genere fatiga en el SNC, medida con el sistema Flicker Fusion en ciclistas de la categoría cadete al no disminuir los UFF.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Acute effect on central nervous system after a simulated trial in cadets cyclists

Objectives. The study of origin of fatigue in sport has been extensively studied, it still does not know exactly how it works. One of the causes of decreased performance in athletes is fatigue in central nervous system (CNS). The present research aims to study changes in Flicker Fusion Threshold before and after a 30 minutes trial on a cycle ergometer, as a means to assess the CNS fatigue in a group of trained cyclists cadet.

Method. Seven male subjects were analyzed (62.6 ± 4.11 kg, 172.8 ± 7.94 cm, 14.7 ± 0.8 years, 13.4 ± 3.53% fat, 21.0 ± 1.83 kg/m², VO_{2max} [ml/kg/min] 63.2 ± 5.13, VO_{2max} [l]: 4.1 ± 0.5). They performed a 30 minutes maximum cycle ergometer trial. Prior to this trial and at the end, we measured following variables: Flicker fusion threshold ascending, Flicker fusion threshold descending, subjective criteria and sensory sensitivity. Each subject performed the test three times, Flicker Fusion Threshold obtaining an average value of them.

Results. The results show increased cortical activation after the 30 minutes trial, therefore do not show signs of fatigue of the CNS, since the results of sensory sensitivity increased (pre: 30.1 ± 4.3 Hz; Post: 32.4 ± 6.3 Hz). These results are similar with other studies in which subject realized efforts with similar nature.

Conclusion. It has been shown as 30 minutes trial on a cycle ergometer does not seem to generate fatigue in the CNS measured with Flicker Fusion system in cyclist of cadet category, because did not decrease the Flicker Fusion Threshold.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

V.J. Clemente Suárez.

Laboratorio de Entrenamiento Deportivo.

Facultad de Ciencias del Deporte. Módulo Acuático.

Avda. Carlos III, s/n. 45004 Toledo. España.

Correo electrónico: vicente.clemente@uclm.es

Introducción

El estudio de los procesos y el origen de la fatiga en el organismo es un tema ampliamente estudiado¹⁻³; sin embargo, todavía no se conocen completamente los procesos y mecanismos de producción de la fatiga en las diversas modalidades deportivas y esfuerzos que el organismo puede desarrollar. Una de las causas de la disminución de rendimiento en los deportistas es la fatiga del sistema nervioso central (SNC)⁴. El efecto en el SNC de los distintos esfuerzos físicos que pueden desarrollar los atletas es un campo poco estudiado.

La bibliografía nos reporta cómo uno de los sistemas más utilizados para medir la fatiga del SNC ha sido la evaluación de los umbrales Flicker Fusion (UFF)⁵⁻⁸. La utilidad de los UFF en el deporte ha estado centrada en la relación entre los niveles de activación cortical y el SNC⁹.

Los UFF se pueden ver afectados por factores sensoriales y no sensoriales. Los resultados deben ser interpretados teniendo en cuenta dos parámetros diferentes. Los parámetros relacionados con factores sensoriales, como el criterio subjetivo (CS), que refleja el criterio de la respuesta de los sujetos. Esta respuesta puede ser conservadora (aumento de sus valores) o liberal (descenso de sus valores). El parámetro relacionado con factores no sensoriales es la sensibilidad sensorial (SS). Incrementos en la SS muestran un aumento en el nivel de activación cortical y la SS. Por el contrario, un descenso en la SS muestra una reducción en la eficiencia del sistema de procesamiento de la información y, si los valores disminuyen por debajo de los alcanzados basalmente, estaría relacionado con la aparición de fatiga del SNC¹⁰⁻¹³.

Las investigaciones relacionadas con la influencia de diferentes estímulos deportivos en los UFF muestran cómo después de realizar esfuerzos en los que se alcanza el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) se produce un aumento de los UFF¹⁴, al igual que después de una prueba realizada al 70% del $VO_{2m\acute{a}x}$ hasta la extenuación¹⁵, una prueba de 200 km de carrera a pie por relevos¹⁶, una prueba incremental máxima en ciclismo¹⁷ o una prueba realizada al 50% del $VO_{2m\acute{a}x}$ ¹⁸. Sin embargo, al realizar una prueba de ciclismo al 60% del $VO_{2m\acute{a}x}$ ⁸ o después de realizar un test sobre la capacidad de realizar *sprints* repetidos¹⁹ se produce una disminución.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar los cambios en los UFF después de realizar una contrarreloj simulada de 30 minutos en cicloergómetro con ciclistas entrenados de categoría cadete.

Método

Sujetos

Se analizaron siete sujetos varones ($62,6 \pm 4,11$ kg, $172,8 \pm 7,94$ cm, $14,7 \pm 0,8$ años, $13,4 \pm 3,53\%$ grasa, $21,0 \pm 1,83$ kg/m²) pertenecientes a una población de ciclistas entrenados que forman la selección cadete de ciclismo de Castilla-La Mancha ($VO_{2m\acute{a}x}$ [ml/kg/min] $63,2 \pm 5,13$, $VO_{2m\acute{a}x}$ [l]: $4,1 \pm 0,5$). La altura de los sujetos 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, Seúl, Corea). Todos los sujetos fueron informados de los riesgos de la investigación y firmaron un documento de consentimiento antes de realizar el estudio.

Procedimiento

Primero se realizó un test incremental máximo con el objetivo de obtener los umbrales lácticos de los ciclistas en un cicloergómetro (Lode Excalibur,

Lode BV, Groningen, Holanda). Esta prueba se realizó previamente a la contrarreloj simulada de 30 minutos. El protocolo constaba de un calentamiento de 10 minutos a 50 W, el comienzo del test se realizaba a 100 W y, posteriormente, se aumentaban 50 W cada 5 minutos hasta la extenuación del sujeto. La frecuencia de pedaleo fue de entre 90 y 105 revoluciones por minuto. La contrarreloj de 30 minutos constaba de un calentamiento de 10 minutos a 50 W con 3 cambios de ritmo de 15 segundos a la potencia a la que tenían que empezar el test. La potencia con la que comenzaban el test era la alcanzada a una concentración de lactato de 5 mmol/L, determinada mediante los valores obtenidos en el test previo de umbrales lácticos. Durante la prueba de contrarreloj, y cada 5 minutos, el sujeto podía aumentar, disminuir o mantener la potencia con la que empezó la prueba, dándole la premisa de que intentara desarrollar la máxima potencia durante la contrarreloj simulada. La realización del test de umbrales se realizó por la mañana, y la de la contrarreloj de 30 minutos por la tarde.

Previo al test y al término de este, se realizaron las mediciones de los UFF mediante el sistema Lafayette Instrument Flicker Fusion Control Unit (Modelo 12021).

Se realizaron dos test diferentes, uno ascendente y otro descendente. En el primero, el sujeto debía detectar el cambio de una luz discontinua a una luz continua. En el segundo test, el sujeto debía detectar el cambio de una luz continua a una luz discontinua. Cuando se detectaba el cambio, el sujeto debía activar un pulsador¹². Se realizaban tres veces cada uno de los test con un intervalo de 5 segundos entre cada uno de ellos a las siguientes frecuencias:

- 1.º test - 0 a 100 Hz: ascendente.
- 2.º test - 100 a 0 Hz: descendente.

Para poder determinar los UFF, 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:

- UFF ascendente: media de los valores obtenidos en el test ascendente.
- UFF descendente: media de los valores obtenidos en el test descendente.
- CS: diferencia de los valores obtenidos en el test ascendente y de los valores obtenidos en el test descendente.
- SS: media 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 el cual realizaban tres veces el test ascendente y otras tres el test descendente.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS 17.0. Primero se comprobó si los resultados cumplían las hipótesis de normalidad y de homocedasticidad de varianzas realizando la prueba de Shapiro-Will. Para las variables que cumplían la hipótesis de normalidad y homocedasticidad, se realizó una prueba T. Para las variables que no cumplían la hipótesis de normalidad y homocedasticidad, se realizó la prueba Friedman para ver si existían diferencias significativas para, posteriormente, realizar el test de Wilcoxon. Además, se calculó el tamaño del efecto en todas las variables de los UFF. Se aceptó el nivel de significación $p < 0,05$ para todas las comparaciones.

Resultados

Los resultados muestran cómo realizaron una carga de trabajo media de 279,1 ± 36,1W alcanzando un promedio de 162,6 ± 18,5 p/min durante la prueba. La percepción subjetiva de esfuerzo fue de 15,1 ± 2,2, la concentración de lactato de 5,3 ± 2,0 mmol/L y la fuerza media de pedaleo fue de 26,9 ± 3,9 N. Los valores completos obtenidos por los sujetos en la contrarreloj simulada de 30 minutos se muestran en la tabla 1.

Después del test incremental podemos ver cómo el UFF ascendente aumentó significativamente (tamaño del efecto: 0,94; $p < 0,05$) un 23,1% y el UFF descendente disminuyó un 7,6% (tamaño del efecto: 0,45) respecto a la toma basal, siendo esta diferencia no significativa.

Los datos del CS muestran un aumento significativo de un 1.524,3% (tamaño del efecto: 0,80) tras realizar la contrarreloj de 30 minutos en cicloergómetro. Por último, observamos cómo los valores de SS aumentaron no significativamente de un valor de 30,1 ± 4,3 Hz a 32,4 ± 6,3 Hz. El tamaño del efecto de esta variable fue moderado (0,54). Los resultados completos de los diferentes UFF se muestran en la tabla 2.

Discusión

La presente investigación pretendía analizar los cambios en los UFF después de realizar una contrarreloj simulada de 30 minutos en ciclistas entrenados de categoría cadete.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa cómo los valores de SS aumentaron después de la realización de la contrarreloj. Por lo tanto, no existirían signos de fatiga del SNC, ya que estos valores no disminuyeron, como demostraron Li et al²⁰. Por el contrario, este aumento de los valores de SS muestra un incremento del nivel de activación cortical²⁰. Este resultado es similar al obtenido por Davranche et al¹⁸ en sujetos después de realizar 15 minutos en cicloergómetro al 50% de su potencia aeróbica máxima, al de Davranche y Pichon¹² después de realizar un test de $VO_{2m\acute{a}x}$ en cicloergómetro, al de Clemente¹⁷ en ciclistas entrenados después de un test máximo en cicloergómetro o después de realizar una prueba de ultraresistencia de 200 km donde, al igual que en esta investigación, aumentaron los valores de SS¹⁶. Por otro lado, los resultados de SS obtenidos en el presente estudio difieren de los obtenidos por Clemente et al¹⁹ al llevar a cabo un test sobre la capacidad de realizar *sprints* repetidos. Los resultados analizados tampoco coinciden con los datos obtenidos por un grupo de triatletas después de pedalear hasta la extenuación, en donde sí se observó un descenso de esta variable¹¹. Estas diferencias en los resultados de esta variable ponen de manifiesto cómo la naturaleza del estímulo deportivo afecta de forma diferente al SNC. Podemos observar cómo estímulos anaeróbicos de alta intensidad, como el test sobre la capacidad de realizar *sprints* repetidos y estímulos de larga duración hasta la extenuación, afectan negativamente a los niveles de activación cortical, provocando la fatiga del SNC. Sin embargo, estímulos aeróbicos donde se alcanza el consumo máximo de oxígeno o realizados a una intensidad moderada o baja no afectan negativamente al SNC, sino que aumentan la activación cortical.

Por último, el aumento de los valores del CS difiere de los resultados obtenidos en una prueba de $VO_{2m\acute{a}x}$ ¹⁸ y en una prueba realizada al 50% del $VO_{2m\acute{a}x}$ ⁸, en las cuales los valores finales del CS no se vieron modificados por estos dos estímulos de ejercicio. Estos resultados contradictorios pueden ser debidos a que los estímulos realizados son diferentes y la repercusión en el organismo de los sujetos, también. Además, este aumento significativo de los valores del CS sugiere que el CS de los sujetos

Tabla 1

Resultados obtenidos en la contrarreloj simulada

	Resultados medios (media ± DE)
Carga de trabajo (W)	279,1 ± 36,1
Frecuencia cardíaca (p/min)	162,6 ± 35,8
Concentración lactato (mmol/L)	5,3 ± 2,9
Percepción de esfuerzo (Borg)	15,1 ± 2,2
Fuerza media de pedaleo (N)	26,9 ± 3,9

Ds: diámetro arterial máximo o sistólico.

Tabla 2

Resultados obtenidos en los umbrales Flicker Fusion

Umbrales Flicker Fusion	Toma		% cambio
	Pre	Pos	
UFFa (Hz)	29,8 ± 7,2	36,6 ± 5,1	23,1 *
UFFd (Hz)	30,5 ± 5,3	28,1 ± 9,5	-7,6
CS (Hz)	0,5 ± 4,3	8,5 ± 8,8	1.524,3 *
SS (Hz)	30,1 ± 4,3	32,4 ± 6,3	7,5

CS: criterio subjetivo; SS: sensibilidad sensorial; UFFa: umbral Flicker Fusion ascendente; UFFd: umbral Flicker Fusion descendente.

* $p < 0,05$.

fue conservador, mostrando una estrategia cauta a la hora de realizar la contrarreloj⁷.

En conclusión, una contrarreloj simulada de 30 minutos realizada por ciclistas de categoría cadete aumenta los niveles de activación cortical y no genera fatiga en el SNC. Los resultados de esta investigación permiten ampliar el estudio de los mecanismos de fatiga y pueden servir como base para futuras investigaciones que analicen el efecto de estas pruebas en población de diferente edad y nivel y en diferentes especialidades deportivas.

Bibliografía

- Glaister M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 2005;35: 757-77.
- Lambert EV, St Clair Gibson A, Noakes TD. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *Br J Sports Med.* 2005;39:52-62.
- Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:45-57.
- Tomprowski PD. Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol (Amst).* 2003;112:297-324.
- Bobon DP, Lecoq A, Von Frenckell R, Mormont I, Lavergne G, Lottin T. Critical flicker fusion frequency in psychopathology and psychopharmacology. Review of the literature. *Acta Psychiatr Belg.* 1982;82:7-112.
- Herskovic JE, Kietzman ML, Sutton S. Visual flicker in depression: response criteria, confidence ratings and response times. *Psychol Med.* 1986;16: 187-97.
- 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.
- Grego F, Vallier JM, 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.
- Simonson E, Brožek J. Flicker fusion frequency: background and applications. *Physiol Rev.* 1952;32:349-78.
- Saito S. Does fatigue exist in a quantitative measurement of eye movements? *Ergonomics.* 1992;35:607-15.
- Godefroy D, Rousseu C, Verduyssen F, Crémieux J, Brisswalter J. Influence of physical exercise on perceptual response in aerobically trained subjects. *Percept Mot Skills.* 2002;94:68-70.
- Lambourne K, Audiffren M, Tomprowski PD. Effects of acute exercise on sensory and executive processing tasks. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1396-402.

13. Costa G. Evaluation of workload in air traffic controllers. *Ergonomics*. 1993;36:1111-20.
14. 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;137:107-18.
15. Presland JD, Dowson MN, Cairns SP. Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95:42-51.
16. Clemente V, Martínez R. Fatiga del sistema nervioso mediante Umbrales Flicker Fusion después de una prueba de ultrarresistencia por relevos de 200 km. *CCD*. 2010;13:33-8.
17. Clemente V. Fatigue of nervous system through Flicker Fusion thresholds after a maximum incremental cycling test. *J Sport Health Res*. 2011;3:27-34.
18. 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.
19. Clemente V, Muñoz V, Melús M. Fatiga del sistema nervioso después de realizar un test de capacidad de sprints repetidos (RSA) en jugadores de fútbol profesionales. *Arch Med Deporte*. 2011;143:103-12.
20. Li Z, Jiao K, Chen M, Wang C. Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation. *Accid Anal Prev*. 2004;36:501-5.