



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Fatiga del sistema nerviós de jugadors de futbol de categoria juvenil després de realitzar un test de capacitat d'esprints repetits (CER)

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

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

Rebut el 21 de setembre de 2010; acceptat el 14 d'abril de 2011

PARAULES CLAU

Sistema nerviós central;
Fatiga;
Llindars Flicker Fusion;
Prova d'esprints repetits (PER);
Futbol

Resum

Introducció i objectius: Diversos autors han estudiat la influència de l'exercici sobre el sistema nerviós i el funcionament cognitiu de subjectes desentrenats i davant diferents estímuls d'exercici, des d'exercicis anaeròbics intensos fins a l'esgotament, a exercicis de resistència submàxims mitjançant els Llindars Flicker Fusion (LFF), tot i que l'efecte dels estímuls en tests de CER en el sistema nerviós central (SNC) no està massa estudiat. El present treball d'investigació pretén estudiar els canvis en els LFF dels futbolistes abans i després de realitzar un test de CER, com a mitjà per avaluar la fatiga de l'SNC.

Mètodes: S'analitzaren 21 jugadors de futbol ($18,1 \pm 1,0$ anys d'edat, $72,1 \pm 12,4$ kg de pes i $175,3 \pm 6,2$ cm de alçada). Cada jugador féu el test de CER, consistent en la realització de 7 esprints de 30 m amb un descans de 20 s entre cada esforç. Abans del test i en finalitzar-lo, es realitzà el mesurament dels LFF ascendent (LFFa), descendent (LFFd) i clàssic (LFFc), el criteri subjectiu (CS) i la sensibilitat sensorial (SS). Cada subjecte realitzà el test d'LFF en tres ocasions, i s'obtingué un valor promig.

Resultats: Els resultats mostren que després del test augmentaren els valors: CS, 77,8%; SS, 2,6%; LFFc, 77,8%; LFFd, 1,3%, i LFFa, 4,0%, tot i que cap no ho féu de forma significativa ($p < 0,05$).

Conclusions: Amb aquests resultats podem concloure que un test de CER mesurat amb l'LFF no sembla que generi fatiga en l'SNC.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: 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.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducció

L'estudi de la influència de l'exercici en el sistema nerviós central (SNC) permet realitzar tres grans distincions pel que fa al tipus d'exercicis i a l'efecte en l'SNC. Els exercicis anaeròbics intensos fins a l'esgotament i els exercicis fins a assolir el VO_{2max} sembla que no afecten la funció cognitiva, mentre que els exercicis aeròbics de curta durada i els anaeròbics produeixen una millora del rendiment cognitiu general. Finalment, els exercicis submàxims que porten a la deshidratació i/o l'esgotament dels substrats energètics redueixen tant el processament de la informació com les funcions de la memòria¹.

Un dels mètodes més utilitzats per mesurar la fatiga de l'SNC i la funció cognitiva ha estat la utilització dels Llindars Flicker Fusion (LFF)²⁻⁴. El 1952 Simonson i Brožec⁵ mostraren la relació existent entre els LFF, el nivell d'activació cortical i la fatiga de l'SNC i manifestaren que una disminució dels LFF podria estar relacionada amb un augment de la fatiga de l'SNC, tot i que investigacions recents plantegen que els LFF únicament són vàlids per mesurar el nivell d'activació cortical⁶. La valoració dels LFF ha estat utilitzada per diversos autors⁶⁻¹⁰ per avaluar la fatiga central, i es considera que dins l'àmbit esportiu i de la psicologia els LFF són un sistema vàlid per a aquesta finalitat.

Amés dels tres grups d'exercicis que postulà Tomporowski¹, diversos autors han estudiat els LFF en subjectes desentrenats^{2,8} i —més relacionat amb l'estudi present— en subjectes entrenats i en exercici. Relacionat amb el primer grup d'exercici (estímuls anaeròbics intensos fins a l'esgotament i exercicis fins a assolir el VO_{2max}), vàrem trobar únicament

el treball de Davranche i Pichon⁶, que en estudiar els canvis dels LFF de 7 subjectes actius físicament, després de finalitzar un test de VO_{2max} en cicloergòmetre, comprovaren que la sensibilitat sensorial augmentava després d'aquest test. Tanmateix, no observaren diferències significatives en el criteri subjectiu.

En un segon grup d'exercicis (exercicis aeròbics de curta durada i anaeròbics) només localitzàrem el treball de Presland et al.¹¹, que havent estudiat 15 subjectes sans després de realitzar una prova de ciclisme fins a l'extenuació al 70% del VO_{2max} comprovaren que existia un augment significatiu ($p < 0,05$) dels LFF ($39,2 \pm 2,3$ vs $41,7 \pm 3,0$ Hz). També dins aquesta línia podem considerar l'estudi realitzat a 12 subjectes (6 homes i 6 dones) que van pedalar en un cicloergòmetre durant 15 min amb una càrrega del 50% de la potència aeròbica màxima; aquest treball mostrava que la sensibilitat sensorial augmentava de $33,01 \pm 4$ a $34,45 \pm 4$ Hz¹².

Dins l'estudi dels LFF en esforç de llarga durada i baixa intensitat (tercer grup d'exercicis) podem observar el realitzat per Davranche i Audifren¹³. Aquests autors comprovaren que la realització d'estímuls de 20 min al 20 i al 50% de la potència aeròbica màxima en cicloergòmetre millorava el rendiment cognitiu de 16 subjectes amb experiència específica en esports amb presa de decisions (futbol, handbol, bàsquet i tennis). En un altre estudi realitzat amb ciclistes es comprovà que després de 120 min de pedaleig al 60% del VO_{2max} es produïa un descens significatiu dels LFF¹⁴.

No hem trobat cap treball que estudiés la fatiga de l'SNC després de realitzar esforços curts de gran intensitat, com els esprints que es realitzen en diferents esports d'equip com el futbol o el bàsquet. Aquests exercicis, degut a l'alta

Taula 1 Resultats obtinguts en el test CER

	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desviació estàndard
Mitjana de temps en el test CER (s)	21	4,23	5,30	4,60	0,22
Velocitat mitjana en el test CER (km/h)	21	24,0	30,0	27,52	1,47

intensitat, podrien fatigar l'SNC¹⁵ i provocar una disminució del rendiment esportiu dels subjectes.

El treball d'investigació present pretén continuar l'estudi dels canvis en els LFF en diferents tipus d'estímul esportius i cobrir la manca de treballs de recerca sobre esports intermitents d'alta intensitat en què es realitzen esprints repetits. Per això, es planteja com a objectiu d'estudi analitzar els canvis en els LFF de futbolistes de categoria junior, després de realitzar un test de CER.

Material i mètode

La mostra de l'estudi està composta per 21 jugadors de futbol pertanyents a un equip de categoria juvenil ($18,1 \pm 1,0$ anys d'edat, $72,1 \pm 12,4$ kg de pes i $175,3 \pm 6,2$ cm de alçada). Tots tenen almenys 3 anys d'experiència en l'entrenament i la competició. Entrenen 3 cops per setmana en sessions de 90 min i juguen un partit de competició una vegada a la setmana. Els participants van ser informats minuciosament de les característiques de l'estudi i del test que farien, així com dels possibles riscos que se'n deriven, a què podien exposar-se. Tots van signar un full de consentiment informat, d'acord amb la declaració d'Helsinki.

Cada jugador realitzà un test de CER, consistent en 7 esprints de 30 m amb un descans de 20 s entre cada esforç. Es mesurà el temps invertit per cada jugador en cada esprint mitjançant un sistema telemètric de cronometratge amb fotocèl·lules làser (DSD Laser System, Desarrollo Software Deportivo S.L., Ribaseca [Lleó], Espanya). Cinc segons abans de començar l'esprint següent eren advertits i col·locats en la posició de sortida. Aquest protocol ja havia estat utilitzat per avaluar els jugadors de futbol d'edats similars^{16,17}. Abans de l'execució del test, els jugadors realitzaren un escalfament estandaritzat que incloïa 5 min de cursa contínua, dues sèries de 10 salts submàxims i tres acceleracions de 50 m.

Abans del test i en finalitzar-lo es realitzà els mesuraments dels LFF mitjançant el sistema Lafayette Instrument Flicker Fusion Control Unit (Model 12021). Aquest sistema consta de dos díodes emissors de llum blanca (58 cd/m^2) que s'exposen simultàniament en el sistema, un per a l'ull esquerre i l'altre per al dret. Els díodes estan separats per 2,75 cm, amb una distància entre ells i l'ull de 15 cm i un angle de visió d' $1,9^\circ$. El fons de l'interior del sistema està pintat de color negre mate per reduir al mínim les interferències.

Es realitzaren 2 tests diferents, un ascendent i un altre descendent. En el primer, ascendent, el subjecte havia de detectar el canvi d'una llum discontinua a una llum contínua. En el segon test, descendent, el subjecte havia de detectar el canvi d'una llum contínua a una llum disconti-

nua. En detectar el canvi en els llums, el subjecte havia de prémer un polsador⁶. Els subjectes realitzaven tres vegades cada test amb un interval de 5 s entre cada test a les freqüències següents:

- Primer test. 0 a 100 Hz: ascendent.
- Segon test. 100 a 0 Hz: descendent.

A cada test es quantificà el temps que els subjectes trigaven en detectar els canvis de llum, des del començament del test fins el moment de prémer el polsador, per poder determinar els LFF:

- LFFa (Llindar Flicker Fusion ascendent), valors obtinguts en el test ascendent.
- LFFd (Llindar Flicker Fusion descendent), valors obtinguts en el test descendent.
- LFFc (Llindar Flicker Fusion clàssic), diferència de la suma dels valors obtinguts en el test ascendent i en el descendent.
- CS (criteri subjectiu), diferència entre la mitjana dels valors obtinguts en el test ascendent i la mitjana dels del descendent.
- SS (sensibilitat sensorial), suma dels valors obtinguts en els tests ascendent i descendent.

Abans del test, els subjectes tingueren una fase de pràctica per familiaritzar-se amb el protocol, durant la qual realitzaven tres vegades el test ascendent i tres més el descendent.

L'anàlisi estadística es realitzà amb el programa SPSS 17.0. Primer es procedí a la transformació de les dades, degut a la dispersió. Es realitzà la transformació mitjançant el logaritme neperià dels resultats. A continuació es comprovà la normalitat amb la prova de Kolmogorov-Smirnov. Després es realitzà una prova T per a mostres relacionades quan s'assumí l'homogeneïtat de la variància, la normalitat i l'esfericitat. En totes les comparacions s'acceptà l'índex de significació de $p < 0,05$.

Resultats

La taula 1 mostra els valors obtinguts pels subjectes en el test de CER. Aquests resultats mostren que el temps mitjà dels set esprints fou de $4,6 \pm 0,22$ s i la velocitat mitjana del test, de $27,52 \pm 1,47$ km/h.

Després del test incremental podem veure que els LFFa i els LFFd augmentaren lleugerament (fig. 1), sense que aquesta diferència fos significativa. L'LFFa augmentà un 4,0% i l'LFFd un 1,3% respecte els resultats del pretest (fig. 2). Els valors de l'LFFc augmentaren un 77,8%, tot i que

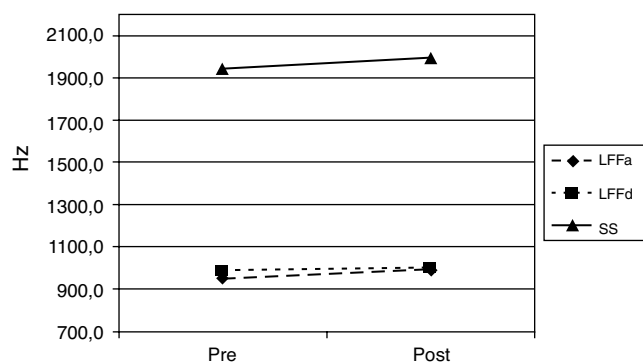


Figura 1 Valors del LFFa i LFFd. SS: sensibilitat sensorial.

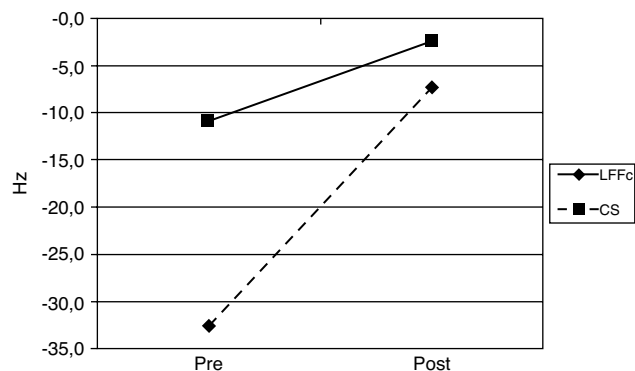


Figura 2 Percentatge del canvi del LFFc. CS: criteri subjectiu.

aquest augment no fou estadísticament significatiu, com reflecteix la figura 2. Les dades del CS presenten un augment d'un 77,8% però, semblantment als altres llindars, tampoc no són estadísticament significatives. Per últim, es pot comprovar que els valors de l'SS augmenten lleugerament (1,9%) però no de forma significativa, de $1.942 \pm 307,6$ Hz a $1.992,3 \pm 306,4$ Hz. Els resultats complets dels diferents LFF es mostren a la taula 2.

Discussió

El treball present té com a objectiu analitzar els canvis dels LFF després de realitzar un test de CER a futbolistes de categoria junior (fig. 3). Amb les dades obtingudes després de realitzar el test comprovem que els jugadors analitzats no mostren diferències significatives en els diferents LFF. Basant-nos en aquesta resultats i tot comprovant que els LFF no disminueixen, sinó que augmenten, tot i que no de manera significativa, d'acord amb allò que demostraren Li et al.⁸ no hi hauria una disminució en la sensibilitat sensorial ni un increment del nivell d'activació cortical. L'aparició de fatiga en aquest tipus d'estímuls podria ser deguda a factors com la fatiga muscular¹⁸⁻²⁰ i no pas a factors que afecten l'SNC. En analitzar individualment cada paràmetre d'estudi podem comprovar que els valors dels LFFc augmentaren (un 77,8%) després de realitzar el test de CER, i tot i que la diferència no fou significativa, mostra una ten-

Taula 2 Resultats obtinguts en els LFF

Pres	Llindars Flicker Fusion			
	LFFa (Hz)	% canvi	LFFd (Hz)	% canvi
Pre	954,7 ± 201,8	4,0	987,3 ± 213,4	1,3
Post	992,5 ± 230,4		999,8 ± 214,9	
LFFa: Llindars Flicker Fusion ascendent; LFFd: Llindars Flicker Fusion descendent; LFFc: Llindars Flicker Fusion clàssic; CS: criteri subjectiu; SS: sensibilitat sensorial.				
			CS (Hz)	% canvi
			1.942 ± 307,6	2,6
			1.992,3 ± 306,4	

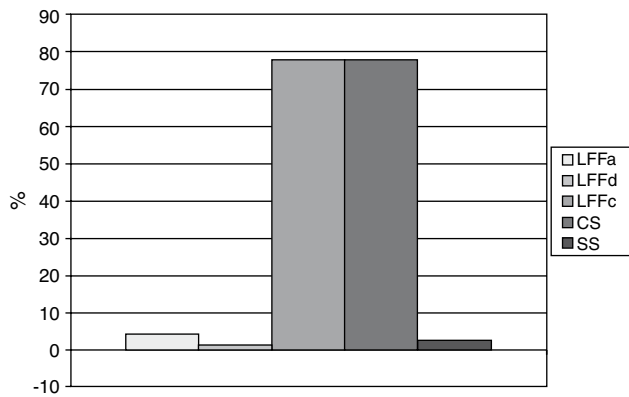


Figura 3 Valors d'LFFa, LFFd i LFFc. CS: criteri subjectiu; SS: sensibilitat sensorial.

dència similar a l'observada per Presland et al.¹¹ en subjectes després de realitzar una prova de ciclisme a una intensitat del 70% del VO_{2max} fins a l'extenuació. Aquets valors dels LFFc estarien d'acord amb la teoria de Tomporowski¹, que postulà que els exercicis anaeròbics intensos fins a l'esgotament i fins a assolir el VO_{2max} no influeixen en l'SNC, i per tant, podríem situar també els esforços d'esprints repetits dins aquest grup d'exercicis.

L'augment dels valors del CS no presentà diferències significatives, igual que els estudis de Davranche^{6,12}, en dues proves: una de VO_{2max} i una altra al 50% del VO_{2max} , en què tampoc no es modificaren significativament els valors d'aquest paràmetre.

Centrant-nos en els resultats de l'SS, comprovem que augmenten lleugerament (2,6%). Aquest resultat coincideix amb l'estudi de Davranche et al.¹³ en subjectes després de 15 min en cicloergòmetre al 50% de la potència aeròbica màxima, però es contradiu amb el de Davranche i Pichon⁶, que van trobar diferències en l'SS després de realitzar un test de VO_{2max} en cicloergòmetre. Aquesta falta de concordança entre els resultats de l'estudi de Davranche i Pichon⁶ i el present pot ser deguda a la realització d'esforços clarament diferents, que activen diferents vies metabòliques i que, consegüentment, afecten de manera diferent l'organisme dels subjectes. Tampoc no coincideix amb l'estudi de Grego et al.¹⁴, en el qual sí que s'observà un descens, tot i que en aquest estudi, l'esforç realitzat fou de 120 min de ciclisme al 60% del VO_{2max} .

Cal destacar que la resposta observada en tots els LFF és similar a l'obtinguda després de realitzar una prova incremental màxima en ciclistes²¹ o una prova incremental fins assolir el consum d'oxigen màxim també en ciclistes²². Podem veure que aquest tipus d'esforços màxims en què la capacitat aeròbica dels subjectes es duu al màxim es produeix un augment dels LFF, semblantment als futbolistes juvenils que s'analizaren en aquest treball, en que també es produeix un augment d'aquests paràmetres. Això pot ser degut al diferent nivell dels subjectes i els diferents requeriments orgànics de cada prova. Aquests resultats mostren que el test d'esprints repetits augmenta la sensibilitat sensorial i no produeix un augment de l'activació cortical, essent aquests resultats diferents als postulats per

Tomporowski¹ en manifestar que aquest tipus d'estímuls no tindrien efecte en aquests paràmetres. Aquesta diferència amb la proposta de Tomporowski¹ pot explicar-se principalment perquè el test de CER no es realitzava fins a l'esgotament, que és una de les característiques que marca Tomporowski¹ en aquests tipus d'estímuls anaeròbics. Tanmateix calen més estudis sobre aquest tipus d'exercicis per poder comprovar la influència real en els diferents LFF i en la fatiga de l'SNC.

Per tant, podem concloure que un test CER realitzat per futbolistes de categoria junior no sembla que generi fatiga a l'SNC. Aquestes dades poden utilitzar-se per avaluar l'impacte de diversos entrenaments en els esportistes, com per exemple els esprints repetits que s'han fet en aquest estudi. Donat que mostren quan comença a fatigar-se el sistema nerviós, es pot optimitzar la càrrega d'entrenament.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Bibliografia

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, Laverne 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;16:187-97.
4. Ghazlan 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, Chirisa I, Roldán JA, Chirisa 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.