

PREPARACIÓ FÍSICA

El control de l'entrenament de la resistència: importància de la freqüència crítica de fusió ocular

■ JOAN SOLÉ FORTÓ

Professor titular de Teoria de l'Entrenament. INEFC-Barcelona. Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallés (Barcelona)

■ LLUÏSA QUEVEDO JUNYENT

Professora titular del Departament d'Òptica i Optometria de la Universitat Politècnica de Catalunya. Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallés (Barcelona)

■ MONTSERRAT AUGÉ SERRA

Professora titular del Departament d'Òptica i Optometria de la Universitat Politècnica de Catalunya

■ JOSÉ MORALES AZNAR

Professor LCAFE Blanquerna. Universitat Ramon Llull (Barcelona)

■ Paraules clau

Freqüència crítica de fusió ocular, Control de l'entrenament, Entrenament de la resistència

■ Abstract

Critical Flicker Fusion (CFF) is defined as the light stimulus frequency from which it is perceived as a stable and continuous sensation. Its utility in sports training context is focused in its relation with the activation and fatigue level of central nervous system (CNS). If CFF increases it is considered that the activation level is higher, and obviously, if it decreases, the activation level is lower. Scores below baseline are related to a fatigue of CNS. As it can be easily assumed, each sporting modality requires an optimum level of activation in order to obtain peak sporting performance.

The present study introduces CFF in sports training control. The main goal was to find out if it exists any relationship between CFF and various physical effort types that evolve different demands of aerobic and lactic anaerobic endurance. The obtained results show significant statistic differences between the activation level, and the CFF values before and after the various physical effort tasks. In all of the experimental situations, the applied training has implied a CFF increment. Finally, we have not find significant statistic differences in relation to the CFF level of activation between aerobic intensive and anaerobic lactic efforts.

■ Key words

Critical flicker fusion, Sports training control, Endurance training

Resum

La freqüència crítica de fusió ocular (FCF) es defineix com la freqüència d'un estímul lluminós, a partir de la qual es percep com una sensació estable i contínua. La seva utilitat en el context de l'entrenament esportiu se centra en la seva probable relació amb el nivell d'activació i fatiga del sistema nerviós central (SNC). Si la FCF augmenta es considera que el nivell d'activació és superior i si baixa, l'activació és inferior. Valors inferiors al de la línia base es relacionen amb una fatiga del SNC. Com és evident cada disciplina esportiva requereix un nivell òptim d'activació per obtenir el màxim rendiment.

El treball que presentem introdueix la FCF en el control de l'entrenament. El seu principal objectiu va ser determinar si hi ha alguna relació entre la FCF i diferents tipus d'esforç físic que impliquen diferents manifestacions de la resistència aeròbica i anaeròbica làctica. Els resultats obtinguts indiquen diferències estadísticament significatives entre el nivell d'activació de la FCF abans i després dels diferents tipus d'esforços físics que s'han plantejat. En totes les situacions experimentals, els entrenaments que s'han aplicat han comportat un augment de la FCF. Destaquem que no s'han demostrat diferències estadísticament significatives pel que fa al nivell d'activació de la FCF entre esforços de caràcter aeròbic intensiu i anaeròbics làctics.

Introducció

El control de l'entrenament constitueix un element més del procés de l'entrenament esportiu. Aquesta fase ens permet de conèixer el nivell de prestació d'una determinada habilitat de l'esportista. Una de les característiques que defineixen l'entrenament actual és l'ús de diversos mitjans que comportin un control més ampli i precís de les càrregues d'entrenament que s'apliquen. En les últimes dues dècades s'ha incorporat progressivament al context de l'entrenament esportiu una gran varietat de tecnologia que n'ha facilitat el monitoratge (pulsímetres, analitzadors d'àcid làctic, analitzadors de gasos portàtils, etc.).

A hores d'ara, el control de l'entrenament de la resistència es desenvolupa avaluant factors fisiològics com ara el VO_2 màx, el llindar aeròbic i l'anaeròbic, l'adaptació a l'esforç dels sistemes energètics, les reserves d'energia, la composició muscular i la conducta hormonal, entre d'altres. Simultàniament, es registren factors biomecànics com ara la freqüència i amplitud de moviments, la velocitat i l'economia. També s'avaluen els factors tàctics que ens proporcionen informació sobre la distribució de l'energia dintre de l'esforç físic (el ritme).

Finalment, es poden controlar els factors psicològics que comporten aquesta mena d'activitats a través d'escales subjectives de percepció de l'esforç i similars.

El treball que es presenta en aquest article va en aquesta última direcció, la de millorar i enriquir el control de l'entrenament de resistència, mitjançant l'avaluació d'una variable de naturalesa psicofísica: la freqüència crítica de fusió ocular (FCF).

Concepte de Freqüència Crítica de Fusió (FCF)

Millodot (1990) defineix la FCF com la freqüència d'un estímul lluminós, a partir de la qual es percep com una sensació estable i contínua. Bueno del Romo (2002), descriu amb més profunditat aquest fenomen tot indicant que quan una llum brilla de forma intermitent, la seva percepció depèn en gran mesura de la freqüència. Si considerem una llum que emet esclats de durada breu amb una freqüència de N llampades per segon, quan la N és petita, les llampades de llum es copsen separades. Tanmateix, si s'incrementa la freqüència N , apareix el fenomen anomenat "parpelleig" o "flicker". Si augmentem encara més la freqüència de les llampades, el "parpelleig" es torna cada cop menys aparent fins que assolim una certa freqüència per a la qual l'ull observa els esclats de llum com si es tractés d'una llum contínua.

Així, es constata que quan la freqüència d'un estímul periòdic és inferior a un determinat valor, el sistema visual percep realment una sensació de parpelleig lluminós en el temps. Quan al contrari, la freqüència és superior al valor esmentat, la variació de luminància deixa de percebre's i el resultat és la sensació de llum estable. Aquesta freqüència de transició entre ambdues situacions es coneix com a freqüència crítica de fusió (FCF).

La FCF es mesura en cicles per segon o hertz (Hz) i constitueix una mesura objectiva del poder de resolució temporal del sistema visual.

La FCF es veu afectada per diferents paràmetres. Sens dubte el de més importància a l'hora d'avaluar-la és la luminàcia. La llei de Ferry-Porter ens indica que la FCF és directament proporcional al logaritme de la luminàcia mitjana.

$$FCF = a \log L + b$$

Les constants a i b depenen del fet que es tracti de visió fotòpica (sense llum) o escotòpica (amb llum), i en general, de les condicions d'observació. Ja el 1936, Hecht i Smith van observar que un dels factors que més afecta les constants a i b és la dimensió del test, i van demostrar que la FCF és més gran com major és la dimensió del test.

Per finalitzar aquesta introducció, esmentarem molt breument d'altres paràmetres dels quals depèn també la FCF. Els més importants són la longitud d'ona, la influència de la forma de l'estímul, el color, l'excentricitat, el tipus d'observació (monocular o binocular), i l'edat (s'ha demostrat una reducció de la FCF amb l'augment de l'edat, a causa, d'una banda, de la pèrdua de la transparència del cristal·lí, i d'altra banda, de la pèrdua de reflexos del sistema nerviós (Simonson *et al.* 1941 i Misiak, 1947 i 1951).

Determinació de la FCF

La valoració de la FCF es realitza a través de l'*Analyser flicker fusion*. En el mercat existeix una variada oferta d'aquest producte. El *flicker* és un aparell a l'interior del qual s'il·lumina un petit led a determinades freqüències d'activació (el rang de freqüències és d'1 a 100 Hz). El control ($\uparrow \downarrow$) de la freqüència es realitza de forma manual mitjançant un petit interruptor i l'instrument també presenta un marcador de pantalla. La freqüència de parpelleig augmenta o disminueix de 1/2 Hz o 1 Hz en funció de la sofisticació del model. (Vegeu fotografies)

Aplicació de la FCF en el context del rendiment esportiu

En el context de l'entrenament esportiu actual la FCF és un paràmetre molt poc utilitzat pels entrenadors, sobretot si el comparem amb altres, com ara la freqüència cardíaca, l'àcid làctic... Tanmateix, en altres àrees de coneixement, com l'optometria i la psicologia, el seu ús és més habitual en àrees molt concretes d'actuació. Per exemple, en optometria, la FCF es valora per ajudar a descartar determinades alteracions del sistema visual (Bueno del Romo, 2000).

La introducció de la FCF en el món de l'esport arriba des de la psicologia esportiva,

principalment, a través dels professionals dels antics països de l'est. El seu hermetisme divulgatiu, a causa de la situació política que vivien, va ser parcialment responsable que ara com ara la majoria dels nostres tècnics en desconeixin les possibles utilitats. Per les fonts bibliogràfiques que hem revisat, observem que en l'actualitat destaquen entre d'altres, dues comunitats científiques que presenten un marcat interès per aquest tema, concretament, la japonesa i la cubana. En la primera, la principal àrea d'intervenció és la laboral (desenvolupament tecnològic i rendiment en el treball). D'altra banda, els treballs realitzats a Cuba tenen la seva aplicabilitat en el rendiment esportiu.

La utilitat de la FCF en el context de l'entrenament esportiu se centra en el fet que alguns autors la relacionen amb el nivell d'activació del sistema nerviós central (Simonson i Brosek, 1952; Baschera i Grandjean, 1979, Gortelmeyer i Wiemann, 1982; Grunberger *et al.*, 1982;). Si la FCF augmenta es considera que el nivell d'acti-



vació és superior i si baixa, l'activació és inferior. Com és evident, cada disciplina esportiva requereix un nivell òptim d'activació per obtenir el màxim rendiment. En aquest apartat creiem necessari comentar que alguns autors també relacionen la FCF amb el nivell de fatiga del SNC, de manera que valors inferiors al de la línia base indiquen que el SNC està fatigat. (Saito, 1992; Costa, 1993).

És conegut per tothom que en aquests moments els mètodes de control de les càrregues d'entrenament es basen gairebé exclusivament en paràmetres fisiològics (analítica, freqüència cardíaca...) però, fet i fet, desconeixem gairebé del tot l'efecte que aquestes càrregues tenen sobre el sistema nerviós dels nostres esportistes. No hem d'oblidar que el SNC és el principal responsable de la programació, regulació i control dels moviments tècnics. Per això, el coneixement del seu estat seria molt interessant a l'hora de comprendre alguns nivells de rendiment dels nostres esportistes, que no s'expliquen solament mitjançant una anàlisi fisiològica. D'altra banda, el coneixement de l'estat del SNC, també seria de gran ajuda en els esports en què el màxim rendiment no ve condicionat per la manifestació de les qualitats físiques sinó per l'eficàcia tècnica, com per exemple, el golf.

Ara com ara hi ha diverses experiències empíriques i estudis experimentals que apliquen el flicker en l'àmbit esportiu. A continuació en presentem una breu anàlisi amb l'objectiu d'exemplificar per al lector les possibles utilitats d'aquest instrument. Cruz i García (1991), van analitzar la conducta de la FCF durant el campionat nacional de judo. Van observar un augment significatiu de la FCF després dels combats. De les diverses conclusions que aporta aquest estudi, ressaltem la que es relaciona més directament amb el flicker. Es va constatar que la càrrega a la qual es van veure sotmesos durant la competició, no va provocar fatiga del SNC sinó, ben al contrari, va comportar-ne una adequada activació. Un altre autor cubà, Martínez Mesa (2000), descriu el seguiment que es realitza, durant tota la temporada, de la FCF en nedadors d'elit cubans. S'observa que aquest paràmetre es modifica d'acord amb les respostes adaptatives que el nedador presenta davant dels estímuls de

càrrega que li són aplicats. S'indica que la FCF disminueix en períodes on l'activitat natatòria és molt anaeròbica, principalment en els períodes específics. L'autor ho atribueix a la fatiga que comporten aquesta mena de càrregues. El treball conclou indicant la utilitat que aquesta variable pot presentar en la posada a punt i també per a la prevenció del sobreentrenament. El mateix autor, Martínez Mesa (2002), presenta un altre estudi que té com a objectiu determinar quina relació hi ha entre la percepció subjectiva de cansament (escala de Borg) i la FCF en el mesurament de la fatiga abans i després dels entrenaments. El treball demostra que tots dos mètodes brinden resultats independents i que no existeix cap relació entre les dues variables.

Com es pot apreciar, aquestes experiències científiques manifesten la variabilitat de la FCF amb l'esforç de l'exercici físic. En aquesta mateixa línia presentem aquest estudi, que té com a principal objectiu continuar avançant en aquesta àrea de coneixement aplicat.

Objectius de l'estudi

La finalitat d'aquest estudi va ser plantejar un protocol experimental adient per poder aconseguir els objectius següents:

- Determinar si hi ha alguna relació entre la FCF i diferents tipus d'esforç físic que impliquen diverses manifestacions de la resistència.
- Observar si existeix alguna relació entre la FCF post esforç i el consum màxim d'oxigen (VO_2 màx).
- Constatar si hi ha alguna relació entre la FCF post esforç i la percepció de fatiga subjectiva (Escala de Borg).

Mètode

Subjectes

En la realització d'aquest estudi van col·laborar els alumnes matriculats en l'assignatura d'Optimització de les Càrregues d'Entrenament, del quart curs de la llicenciatura en Educació Física a l'INEFC de Barcelona, en el curs acadèmic 2001-2002.

A causa del fet que en aquest estudi s'apliquen quatre situacions experimentals, les característiques i el nombre de subjectes

que han participat en cadascuna es descriuen en l'apartat dels resultats.

Material i instal·lacions

Per al desenvolupament del nostre projecte es va utilitzar la llista de material següent:

- Analyser flicker fusion 501B (Lafayette).
- Pulsímetres "Polar".
- Equip de megafonia.
- Casset de Leger Boucher.
- Escala de Borg (Rating Perceived Exertion).

Les instal·lacions utilitzades per a la realització d'aquest estudi han estat:

- Camp d'herba artificial de l'INEFC Barcelona.
- Aula il·luminada (200 lux) de l'INEFC Barcelona.
- Pista d'atletisme del Serràima (Barcelona).

Procediment

L'elaboració d'aquest estudi experimental es porta a terme durant l'últim quadrimestre del curs acadèmic i es va desenvolupar a través de les fases següents:

1r. Sessió informativa i de familiarització amb l'Analyser flicker fusion 501B i amb el protocol de valoració de la FCF.

El mètode emprat per determinar la FCF en cada una de les situacions experimentals és el dels dos límits, concretament una de les seves variants anomenada "up and down" (Ponciano, 1998), definida per quatre registres que es realitzen de forma alternativa amb aquest ordre:

- a) Iniciar la presa a partir de 20 Hz i arribar a la FCF augmentant cada vegada 1 Hz.
- b) Iniciar la presa a partir de 60 Hz i arribar a la FCF disminuint cada vegada 1 Hz.

Una vegada s'han enregistrat les quatre valoracions es calcula la mitjana (\bar{x}) i aquest és el valor que es registra com a FCF i sobre el qual ha estat realitzada l'anàlisi estadística d'aquest treball.

Tots els enregistraments es van realitzar a la mateixa aula i respectant les mateixes condicions d'il·luminació. També cal esmentar que des de l'aula on hi havia situat el flicker fins el camp d'herba artificial hi ha un recorregut de 5' aproximadament.

2n. Determinació de la velocitat màxima aeròbica (VMA), de la freqüència cardíaca màxima i del VO_2 màx, de forma indirecta mitjançant el test de cursa de Leger i Boucher (1980). Aquest test es va realitzar a la pista d'atletisme i tots els subjectes el van executar amb pulsímetre.

3r. Determinació de la FCF abans i després de cadascuna de les següents situacions experimentals i valoració de la percepció d'esforç subjectiu en finalitzar l'entrenament (Escala de Borg):

Situació experimental A

Objectiu

Entrenament de la capacitat i potència aeròbica.

Mètode utilitzat

Intervàlic llarg intensiu.

Sessió

- 1x15' de cursa al 80% de la VMA.
- 5' de pausa.

- 1x10' de cursa al 90% de la VMA.
- 7' de pausa.
- 1x 5' de cursa al 100% de la VMA.

Situació experimental B

Objectiu

Entrenament de la potència aeròbica.

Mètode utilitzat

Intervàlic curt intensiu.

Sessió

20x1' de cursa al 100% de la VMA amb 30'' de pausa entre repeticions.

Situació experimental C

Objectiu

Entrenament de la capacitat anaeròbica làctica.

Mètode utilitzat

Intervàlic curt intensiu.

Sessió

6x300 m (45'' - 50'') de cursa al 90% de la velocitat màxima de la distància amb 1' 30'' de pausa entre repeticions.

Situació experimental D

Objectiu

Entrenament de la potència anaeròbica làctica.

Mètode utilitzat

Repeticions mitjà.

Sessió

3x300 m (45'' - 50'') de cursa al 100% de la velocitat màxima de la distància amb 7' de pausa entre repeticions.

Anàlisi estadística i presentació de resultats

Per a la realització de l'anàlisi de les dades s'ha utilitzat el programa estadístic SPSS.v10. Les proves estadístiques que s'han aplicat han estat l'estadística descriptiva de les variables analitzades i la prova de la t de Student per comprovar l'existència o no de diferències estadísticament significatives de la FCF avaluada abans i després de cada tipus d'esforç físic realitzat. Paral·lelament, s'ha aplicat el coeficient de Correlació de Pearson entre FCF post esforç i les dades obtingudes mitjançant l'Escala de Borg, així com entre la FCF pre/post esforç i el VO_2 màx obtingut de forma indirecta.

Situació experimental A (Intervàlic llarg. Potència aeròbica)

Característiques de la mostra

Nombre de subjectes	12
Edat	x = 24,50 Sd = 2,12
VO_2 màx ml·kg/min (indirecte)	x = 57,80 Sd = 4,44
VMA m/sg (velocitat màxima aeròbica)	x = 16,62 Sd = 1,29
FC màx puls/min (frecuència cardíaca)	x = 194,11 Sd = 8,91

Estadística descriptiva de la percepció subjectiva de l'esforç (E. Borg)

x = 7,25	Sd = 0,75
----------	-----------

Anàlisi de la FCF abans i després de l'esforç

FCF abans	FCF després	t de Student
x = 35,72	x = 39,29	<0,005*
Sd = 6,10	Sd = 6,05	

* Observem diferències estadísticament significatives.

Coefficients de correlació

VARIABLES	E. Borg	VO_2 màx
FCF (Després esforç)	r = 0,18	r = 0,74*
FCF (Repòs)	–	r = 0,79*

* p < 0.01.

L'anàlisi estadística indica que existeix una correlació positiva important entre FCF abans i després de l'esforç, i el consum màxim d'oxigen (p < 0.01).

Situació experimental B (Intervàlc curt. Potència aeròbica)

Característiques de la mostra

Nombre de subjectes	17
Edat	x = 23,25 Sd = 2,50
VO ₂ màx ml·kg/min (indirecte)	x = 57,90 Sd = 4,39
VMA m/sg (Velocitat màxima aeròbica)	x = 16,73 Sd = 1,26
FC màx puls/min (freqüència cardíaca)	x = 195 Sd = 8,39

Estadística descriptiva de la percepció subjectiva de l'esforç (E. Borg).

x = 8,88	Sd = 1,16
----------	-----------

Anàlisi de la FCF abans i després de l'esforç.

FCF abans	FCF després	t de Student
x = 35,65	x = 37,55	<0,005*
Sd = 3,76	Sd = 3,24	

* Observem diferències estadísticament significatives.

Coefficients de correlació

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ màx
FCF (Després esforç)	r = -0,05	r = 0,30*
FCF (Repòs)	-	r = 0,24*

L'anàlisi estadística mostra que amb un nivell de significació de $p < 0.10$ no existeix correlació entre les variables estudiades.

Situació experimental C. (Intervàlc curt. Capacitat anaeròbica)

Característiques de la mostra

Nombre de subjectes	16
Edat	x = 23,55 Sd = 2,45
VO ₂ màx ml·kg/min (indirecte)	x = 57,96 Sd = 4,67
VMA m/sg (velocitat màxima aeròbica)	x = 16,65 Sd = 1,25
FC màx puls/min (freqüència cardíaca)	x = 195,65 Sd = 8,64

Estadística descriptiva de la percepció subjectiva de l'esforç (E. Borg)

x = 9,18	Sd = 0,75
----------	-----------

Anàlisi de la FCF abans i després de l'esforç

FCF abans	FCF després	t de Student
x = 36,48	x = 38,91	<0,005*
Sd = 3,50	Sd = 4,01	

* Observem diferències estadísticament significatives.

Coefficients de correlació

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ màx
FCF (Després esforç)	r = -0,53*	r = 0,33
FCF (Repòs)	-	r = 0,42**

* $p < 0.05$; ** $p < 0.10$.

L'anàlisi estadística mostra una correlació negativa moderada entre FCF (després) i l'escala de Borg ($p < 0.05$). Contràriament, es troba una correlació positiva moderada entre FCF (repòs) i volum d'oxigen màxim ($p < 0.10$).

Situació experimental D. (Repeticions mitjà. Potència anaeròbica)

Característiques de la mostra

Nombre de subjectes	16
Edat	x = 23,55 Sd = 2,45
VO ₂ max ml·kg/min (indirecte)	x = 57,96 Sd = 4,67
VMA m/sg (velocitat màxima aeròbica)	x = 16,65 Sd = 1,25
FC max puls/min (freqüència cardíaca)	x = 195,65 Sd = 8,64

Estadística descriptiva de la percepció subjectiva de l'esforç (E. Borg)

x = 8,06	Sd = 1,28
----------	-----------

Anàlisi de la FCF abans i després de l'esforç

FCF abans	FCF després	t de Student
x = 35,68	x = 37,99	<0,005*
Sd = 3,55	Sd = 4,21	

* Observem diferències estadísticament significatives.

Coefficients de correlació

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ max
FCF (Després esforç)	r = -0,01	r = 0,42*
FCF (Repòs)	-	r = 0,19

* p < 0.10.

L'anàlisi estadística únicament mostra una correlació positiva moderada entre FCF (després) i volum d'oxigen màxim (p < 0.10).

Discussió

Després de l'anàlisi dels resultats que s'han presentat, constatem que al nostre estudi es manifesta una relació evident entre l'esforç físic i la FCF. Concretament, en totes les situacions experimentals que s'han plantejat s'ha observat que la FCF augmenta de forma estadísticament significativa després de l'esforç (p < 0.05). Els resultats obtinguts coincideixen amb els presentats en altres estudis de naturalesa similar (Kirkcaldy 1980; Cruz i García, 1991).

Com ja s'ha comentat en la introducció d'aquest treball, la bibliografia relaciona la FCF amb el nivell d'activació del sistema nerviós central. Si això és realment així, observem que l'esforç físic que han realitzat els subjectes en cada una de les situacions experimentals els ha comportat una activació del SNC. Sobre aquest aspecte, tanmateix, tenim l'opinió que encara falten més estudis experimentals que demostrin la relació esmentada.

En el treball s'han realitzat entrenaments que impliquen diferents manifestacions de resistència, concretament, la re-

sistència aeròbica i l'anaeròbica làctica. La FCF més elevada es va presentar en finalitzar els entrenaments de VO₂ màx (+ 2,82 Hz). A les sessions anaeròbiques làctiques, l'augment de la FCF també va ser notable, + 2,36 Hz. Malgrat aquests resultats, no hem trobat diferències estadísticament significatives entre tots dos sistemes energètics (p = 0.87). Pel que fa a aquest tema, volem ressaltar que hauria estat molt interessant incloure una situació experimental que comportés un caràcter més extensiu de l'entrenament de la resistència. Ens referim a esforços de menys intensitat (70-85 % de la VMA) i un major volum. Vam realitzar aquesta observació perquè els entrenaments de potència aeròbica també comporten una alta demanda del sistema anaeròbic làctic (Billat, 2002). En moltes ocasions, si l'atleta no compta amb una gran experiència i no es controla la intensitat de l'esforç mitjançant diferents paràmetres i de forma molt continuada, és fàcil que un entrenament de potència aeròbica es transformi en un de capacitat anaeròbica làctica. En el nostre estudi

observem que en alguns subjectes es va donar aquesta situació, que podria explicar l'escassa diferència que presenta la FCF entre totes dues condicions experimentals.

Un altre objectiu d'aquest treball era comprovar si existia alguna relació entre la FCF i la percepció subjectiva de l'esforç, avaluada mitjançant l'escala de Borg. Com es pot apreciar, després de determinar el coeficient de correlació de Pearson, observem que, excepte en la situació experimental B (r = -0,53) el resultat de la qual no podem justificar, no existeix cap correlació entre ambdues variables. Aquests resultats també coincideixen amb els presentats Martínez Mesa (2001).

Aquest estudi també pretenia d'analitzar si existia alguna relació entre la FCF i el VO₂ màx. Per aquest motiu, hem utilitzat el coeficient de correlació de Pearson entre aquestes variables, la FCF pre i post esforç i la del VO₂ màx determinat mitjançant el test de Leger Boucher. En referència a la relació entre la FCF prèvia a l'esforç i el VO₂ màx, els resultats ens indiquen que en les quatre situacions experi-

mentals plantejades existeix una correlació positiva, més o menys important, entre totes dues variables (situació A: 79 %, situació B: 24 %, situació C: 40 % i situació D: 18 %). S'ha trobat una correlació similar entre la FCF post esforç i el VO₂ màx (situació A: 74 %, situació B: 30%, situació C: 33 % i situació D: 42%). Així, sembla ser que el fet de posseir un VO₂ màx més elevat permet una major activació del SNC en els entrenaments de les diferents manifestacions de resistència. Com a hipòtesi, se'ns acudeix preguntar-nos si aquesta major activació té alguna relació amb la millor coordinació entre el sistema nerviós simpàtic i parasimpàtic que manifesten els esportistes que tenen més desenvolupada aquesta qualitat física (Neuman, 1994). Amb tot plegat, estariem parlant d'una adaptació a l'entrenament del sistema nerviós, i seria molt interessant formular-se nous estudis que investiguin en aquesta direcció.

Per finalitzar, en la introducció hem comentat la importància del nivell d'activació del SNC en el control dels moviments, i encara que en aquest estudi no se n'hagi contemplat ni controlat la tècnica, ens qüestionem si els resultats que hem presentat haurien estat els mateixos si els entrenaments realitzats haguessin presentat una exigència tècnica més complexa o fins i tot si haguessin comportat alguna presa de decisió.

Conclusions

S'han trobat diferències estadísticament significatives entre el nivell d'activació de la FCF abans i després dels diferents tipus d'esforços físics que s'han plantejat. En totes les situacions experimentals, els entrenaments que s'han aplicat han comportat un augment de la FCF.

No s'han demostrat diferències estadísticament significatives pel que fa al nivell d'activació de la FCF entre esforços de caràcter aeròbic intensiu (potència aeròbica) i anaeròbics làctics (tolerància i màxima producció del lactat). Els autors constaten la importància d'ampliar aquest estudi tot introduint-hi una nova situació experimental de caràcter més aeròbic extensiu.

S'ha obtingut una moderada correlació positiva entre el VO₂ màx d'oxigen i la FCF. Aquesta es manifesta tant en situacions de repòs com de post esforç.

No s'ha manifestat una correlació estadística entre el nivell d'activació de la FCF i l'escala de Borg.

El flicker pot resultar una eina útil per al control de l'entrenament de la resistència i especialment en les seves manifestacions de més intensitat.

Es requereixen més estudis que relacionin objectivament la FCF amb el nivell d'activació del SNC.

Agraïments

- A tots els alumnes de l'assignatura d'Optimització de les Càrregues d'Entrenament Esportiu que han participat en aquest estudi (Curs 2001-2002 de l'INEFC de Barcelona).
- A la sotsdirecció de Recerca i Postgrau de l'INEFC de Barcelona, per la facilitació del material.
- Al departament de Psicologia del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès, per la col·laboració prestada.

Bibliografia

- Billat, V. (2002). *Fisiologia y metodología del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Bueno del Romo, G. (2002). Exploración de la integridad macular en presencia de cataratas mediante la frecuencia crítica de fusión. *Gaceta óptica*. Suplement premi CNOO (363), 1-32.
- Costa, G. (1993). Evaluation of workload in air traffic controllers. *Ergonomics* (36), 1111-1120.
- Cruz, L. i García, M. (1991). Fatiga psíquica en judokas mediante el flicker y el Toulouse-Pieron. *Boletín Científico Técnico* (3), 11-26.
- Gortelmeyer, R. i Wiemann, H. (1982). Retest reliability and construct validity critical flicker fusion frequency. *Pharmacopsychiat* (15), Suppl 1, 24-28.
- Grunberger, J.; Saletu, B.; Berner, P. i Stohr, H. (1982). CFF and assessment of pharma-

codynamics: role and relationship to psychometric, EEG and pharmacokinetic variables. *Pharmacopsychiat* (15), Suppl. 1, 29-35.

Kirkcaldy, B. D. (1980). Un análisis de la relación entre variables psicofisiológicas vinculadas a la ejecución humana y variables de personalidad extroversión y neuroticismo. *International Journal of sports psychology* (4), 276-289.

Kleinert, J.; Burgmer, C. i Gogol, A. (2001). Does perceived exertion depend on psychological state, flicker-fusion and blood-lactate? A 6th Annual Congress of the European College of Sport Science. Cologne, 24-28 Juliol.

Léger, L. i Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: The Université de Montréal Track Test. *Canadian Journal of applied sports science* (5), 77-84.

Martínez Mesa, J. (2000). Control psicológico del entrenamiento a partir del estudio de la frecuencia crítica de fusión ocular. A *XX congreso Internacional de actividades acuáticas y natación*. Toledo: ATN.

– (2001). Relación entre el método directo e indirecto en la medición de fatiga. *Lecturas: Educación física y deportes, Revista digital*. Any 6. 31, 1-4.

Misiak, H. (1947). Age an sex differences in critical flicker fusion frequency. *Journal of experimental psychology* (37), 318-332.

– Decrease of critical flicker frequency with age, *Science* (113), 551- 552.

Millodot, M. (1990), *Diccionario de optometría*. Madrid: Colegio nacional de ópticos-optometristas.

Neuman, G. (1994). L'adattamento nell'allenamento della resistenza. *Sds-Rivista di Cultura Sportiva*, XIII (30), 59-64.

Ponciano, E. (1998). Avaliacao da performance humana: Estudo da frecuencia critica de fusao. A *XXV Jornadas medicas de medicina do trabalho da Figueira da Foz*. Portugal.

Saito, S. (1992). Does fatigue exist in a quantitative measurement of eye movements. *Ergonomics* (35), 607-615.

Simonson, E.; Enzer, N. i Blankstein, S. S. (1941). Influence of flicker. *Journal of experimental psychology* (29), 252-255.