



redined

red de bases de datos
de información educativa

<http://www.redined.mec.es/>

TEXTO BILINGÜE

1ª parte: Versión en lengua española 

TEXT BILINGÜE

 **2a part: Versió en llengua catalana**

El control del entrenamiento de la resistencia: importancia de la frecuencia crítica de fusión ocular

■ JOAN SOLÉ FORTÓ

Profesor titular de Teoría del Entrenamiento. INEFC-Barcelona. Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés (Barcelona)

■ LLUÏSA QUEVEDO JUNYENT

Profesora titular del Departamento de Óptica y Optometría de la Universitat Politècnica de Catalunya. Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés (Barcelona)

■ MONTSERRAT AUGÉ SERRA

Profesora titular del Departamento de Óptica y Optometría de la Universitat Politècnica de Catalunya

■ JOSÉ MORALES AZNAR

Profesor LCAFE Blanquerna. Universidad Ramon Llull (Barcelona)

■ Palabras clave

Frecuencia crítica de fusión ocular, Control del entrenamiento, Entrenamiento de la resistencia

■ 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

Resumen

La frecuencia crítica de fusión ocular (FCF) se define como la frecuencia de un estímulo luminoso, a partir de la cual se percibe como una sensación estable y continua. Su utilidad en el contexto del entrenamiento deportivo se centra con su probable relación con el nivel de activación y fatiga del sistema nervioso central (SNC). Si la FCF aumenta se considera que el nivel de activación es superior y si desciende, la activación es inferior. Valores inferiores al de la línea base se relacionan con una fatiga del SNC. Como es evidente cada disciplina deportiva requiere de un nivel óptimo de activación para obtener el máximo rendimiento.

El trabajo que presentamos introduce la FCF en el control del entrenamiento. Su principal objetivo fue determinar si existe alguna relación entre la FCF y diferentes tipos de esfuerzo físico que implican diferentes manifestaciones de la resistencia aeróbica y anaeróbica láctica. Los resultados obtenidos indican diferencias estadísticamente significativas entre el nivel de activación de la FCF antes y después de los diferentes tipos de esfuerzos físicos que se han planteado. En todas las situaciones experimentales, los entrenamientos que se han aplicado han comportado un aumento de la FCF. Destacamos que no se han demostrado diferencias estadísticamente significativas en cuanto el nivel de activación de la FCF entre esfuerzos de carácter aeróbico intensivo y anaeróbicos lácticos.

Introducción

El control del entrenamiento constituye un elemento más del proceso del entrenamiento deportivo. Esta fase nos permite conocer el nivel de prestación de una determinada habilidad del deportista. Una de las características que definen el entrenamiento actual es el empleo de diversos medios que conlleven un control más amplio y preciso de las cargas de entrenamiento que se aplican. En las últimas dos décadas se han incorporado progresivamente al contexto del entrenamiento deportivo una gran variedad de tecnología que ha facilitado su monitorización (pulsómetros, analizadores de ácido láctico, analizadores de gases portátiles, etc.).

Actualmente, el control del entrenamiento de la resistencia se desarrolla evaluando factores fisiológicos como el VO_2 max, el umbral aeróbico y el anaeróbico, la adaptación al esfuerzo de los sistemas energéticos, las reservas de energía, la composición muscular y el comportamiento hormonal, entre otros. Simultáneamente, se registran factores biomecánicos como la frecuencia y amplitud de movimientos, la velocidad y la economía. También se evalúan los factores tácticos que nos proporcionan información sobre la distribución de la energía dentro del esfuerzo físico (el ritmo). Por último, se pueden controlar los factores psicológicos que este tipo de actividades conllevan a través de escalas subjetivas de percepción del esfuerzo y similares.

El trabajo que se presenta en este artículo va en esta última dirección, la de mejorar y enriquecer el control del entrenamiento de resistencia, a través de la evaluación de una variable de naturaleza psicofísica como es la frecuencia crítica de fusión ocular (FCF).

Concepto de Frecuencia Crítica de Fusión (FCF)

Millodot (1990) define la FCF como la frecuencia de un estímulo luminoso, a partir de la cual se percibe como una sensación estable y continua. Bueno del Romo (2002), describe con mayor profundidad este fenómeno indicando que cuando una luz brilla de forma intermitente, su percepción depende en gran medida de su frecuencia. Si consideramos una luz que emite destellos de breve duración con una frecuencia de N destellos por segundo, cuando la N es pequeña, los destellos de luz se aprecian separados. En cambio, si se incrementa la frecuencia N , aparece el fenómeno denominado “parpadeo” o “flicker”. Si aumentamos todavía más la frecuencia de los destellos, el “parpadeo” se vuelve cada vez menos aparente hasta que alcanzamos una cierta frecuencia para la cual el ojo observa los destellos de luz como si se tratara de una luz continua.

Así, se constata que cuando la frecuencia de un estímulo periódico es inferior a un determinado valor, el sistema visual percibe realmente una sensación de parpadeo luminoso en el tiempo. Cuando por el contrario, la frecuencia es superior a dicho valor, la variación de luminancia deja de percibirse y el resultado es la sensación de luz estable. Esta frecuencia de transición entre ambas situaciones se conoce como frecuencia crítica de fusión (FCF).

La FCF se mide en ciclos por segundo o hercios (Hz) y constituye una medida objetiva del poder de resolución temporal del sistema visual.

La FCF se ve afectada por diferentes parámetros. Sin duda el de mayor importancia a la hora de evaluarla es la luminancia. La ley de Ferry-Porter nos indica que la FCF es directamente proporcional al logaritmo de la luminancia media.

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

Las constantes a y b dependen de que se trate de visión fotópica (sin luz) o escotópica (con luz), y en general, de las condiciones de observación. Ya en 1936, Hecht y Smith observaron que uno de los factores que más afecta a las constantes a y b es el tamaño del test, demostrando que la FCF es tanto mayor cuando mayor es el tamaño del test.

Para finalizar esta introducción, citaremos muy brevemente otros parámetros de los que depende también la FCF. Los más importantes son la longitud de onda, la influencia de la forma del estímulo, el color, la excentricidad, el tipo de observación (mono o binocular), y la edad (se ha demostrado una reducción de la FCF con el aumento de la edad, debido por una parte a la pérdida de la transparencia del cristalino, y por otra, a la pérdida de reflejos del sistema nervioso (Simonson *et al.*, 1941 y Misiak, 1947 y 1951).

Determinación de la FCF

La valoración de la FCF se realiza a través del *Analysér flicker fusion*. En el mercado existe una variada oferta de este producto. El flicker es un aparato en cuyo interior se ilumina un pequeño led a determinadas frecuencias de activación (el rango de frecuencias es de 1 a 100 Hz). El control ($\uparrow \downarrow$) de la frecuencia de realiza de forma manual mediante un pequeño interruptor y el instrumento también presenta un marcador de pantalla. La frecuencia de parpadeo aumenta o disminuye de $\frac{1}{2}$ Hz o 1 Hz en función de la sofisticación del modelo. (Ver fotos)

Aplicación de la FCF en el contexto del rendimiento deportivo

En el contexto del entrenamiento deportivo actual la FCF es un parámetro muy poco utilizado por los entrenadores, sobretudo si lo comparamos con otros como la frecuencia cardíaca, el ácido láctico... En cambio, en otras áreas de conocimiento como la optometría y la psicología su uso es más habitual en áreas muy concretas de actuación. Por ejemplo, en optometría, la FCF se valora para ayudar a descartar determinadas alteraciones del sistema visual (Bueno del Romo, 2000).

La introducción de la FCF en el mundo del deporte llega desde la psicología deportiva,

principalmente, a través de los profesionales de los antiguos países del este. Su hermetismo divulgativo debido a la situación política que vivían fue en parte responsable de que en la actualidad la mayoría de nuestros técnicos desconozcan sus posibles utilidades. Por las fuentes bibliográficas que hemos revisado, observamos que en la actualidad, destacan entre otras, dos comunidades científicas que presentan un marcado interés sobre este tema, concretamente, la japonesa y la cubana. En la primera, su principal área de intervención es la laboral (desarrollo tecnológico y rendimiento en el trabajo). Por otro lado, los trabajos realizados en Cuba tienen su aplicabilidad en el rendimiento deportivo. La utilidad de la FCF en el contexto del entrenamiento deportivo se centra en que algunos autores la relacionan con el nivel de activación del sistema nervioso central (Simonson y Brosek, 1952; Baschera y Grandjean, 1979, Gortelmeyer y Wiemann, 1982; Grunberger *et al.*, 1982;). Si la



FCF aumenta se considera que el nivel de activación es superior y si desciende, la activación es inferior. Como, es evidente cada disciplina deportiva requiere de un nivel óptimo de activación para obtener el máximo rendimiento. En este apartado creemos necesario comentar que algunos autores también relacionan la FCF con el nivel de fatiga del SNC, de forma que, valores inferiores al de la línea base indican que el SNC está fatigado. (Saito, 1992; Costa, 1993).

Es conocido por todos que en estos momentos los métodos de control de las cargas de entrenamiento se basan casi exclusivamente en parámetros fisiológicos (analítica, frecuencia cardíaca...) pero en cierto modo, desconocemos casi por completo el efecto que estas cargas tienen sobre el sistema nervioso de nuestros deportistas. No debemos olvidar que el SNC es el principal responsable de la programación, regulación y control de los movimientos técnicos. Así, el conocimiento de su estado, sería muy interesante a la hora de comprender algunos niveles de rendimiento de nuestros deportistas, que no se explican solo mediante un análisis fisiológico. Por otro lado, el conocimiento del estado del SNC, también sería de gran ayuda en los deportes en los que el máximo rendimiento no viene condicionado por la manifestación de las cualidades físicas sino por la eficacia técnica como por ejemplo, el golf.

En la actualidad existen diversas experiencias empíricas y estudios experimentales que aplican el flicker al ámbito deportivo. A continuación presentamos un breve análisis con el objetivo de ejemplificar para el lector las posibles utilidades de este instrumento. Cruz y García (1991) analizaron el comportamiento de la FCF durante el campeonato nacional de judo. Observaron un aumento significativo de la FCF después de los combates. De las diversas conclusiones que aporta este estudio, resaltamos la que se relaciona más directamente con el flicker. Se constató que la carga a la cual se vieron sometidos durante la competencia, no provocó fatiga del SNC sino por el contrario conllevó una adecuada activación del mismo. Otro autor cubano, Martínez Mesa (2000), describe el seguimiento que se realiza durante toda la temporada de la FCF en nadadores de élite cubanos. Se observa como este parámetro se modifica de acuerdo a las respuestas adaptativas que el nadador presenta ante

los estímulos de carga que se le aplican. Se indica que la FCF disminuye en periodos donde el nado es muy anaeróbico, principalmente en los periodos específicos. El autor lo atribuye a la fatiga que comportan este tipo de cargas. El trabajo concluye indicando la utilidad que esta variable puede presentar en la puesta a punto y también para la prevención del sobre-entrenamiento. El mismo autor, Martínez Mesa (2002), presenta otro estudio que tiene como objetivo determinar la relación que existe entre la percepción subjetiva de cansancio (escala de Borg) y la FCF en la medición de fatiga antes y después de los entrenamientos. El trabajo demuestra que ambos métodos brindan resultados independientes y que no existe ninguna relación entre las dos variables.

Como se puede apreciar, estas experiencias científicas manifiestan la variabilidad de la FCF con el esfuerzo ejercicio físico. En esta misma línea presentamos este estudio que tiene como principal objetivo continuar avanzando en esta área de conocimiento aplicado.

Objetivos del estudio

La finalidad de este estudio fue plantear un protocolo experimental adecuado para poder conseguir los siguientes objetivos:

- Determinar si existe alguna relación entre la FCF y diferentes tipos de esfuerzo físico que implican diferentes manifestaciones de la resistencia.
- Observar si existe alguna relación entre la FCF post esfuerzo y el consumo máximo de oxígeno (VO_2 max).
- Constatar si existe alguna relación entre la FCF post esfuerzo y la percepción de fatiga subjetiva (Escala de Borg).

Método

Sujetos

Para la realización de este estudio colaboraron los alumnos matriculados en la asignatura de Optimización de las Cargas de Entrenamiento del cuarto curso de la licenciatura en Educación Física en el INEFC de Barcelona, en el curso académico 2001-2002.

Debido a que el presente estudio se aplican cuatro situaciones experimentales, las características y el número de sujetos que

han participado en cada una de ellas se describe en el apartado de los resultados.

Material e instalaciones

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó el siguiente listado de material:

- Analyser flicker fusion 501B (Lafayette).
- Pulsómetros "Polar".
- Equipo de megafonía.
- Cassette de Leger Boucher.
- Escala de Borg (Rating Perceived Exertion).

Las instalaciones utilizadas para la realización de este estudio han sido:

- Campo de hierba artificial del INEFC Barcelona.
- Aula iluminada (200 lux) del INEFC Barcelona.
- Pista de atletismo del Sarraima (Barcelona).

Procedimiento

La elaboración de este estudio experimental se lleva a cabo durante el último cuatrimestre del curso académico y se desarrolló a través de las siguientes fases:

1.º Sesión informativa y de familiarización con el Analyser flicker fusion 501B y con el protocolo de valoración de la FCF.

El método que se ha empleado para determinar la FCF en cada una de las situaciones experimentales es el de los dos límites, concretamente una de sus variantes denominada "up and down" (Ponciano, 1998), definida por cuatro registros que se realizan de forma alternativa con este orden:

- a) Iniciar la toma a partir de 20 Hz y llegar a la FCF aumentando cada vez 1 Hz.
- b) Iniciar la toma a partir de 60Hz y llegar a la FCF disminuyendo cada vez 1 Hz.

Una vez se han registrado las cuatro valoraciones se calcula la media (\bar{x}) y éste es el valor que se registra como FCF y sobre el cual se ha realizado el análisis estadístico de este trabajo.

Todos los registros se realizaron en la misma aula y respetando las mismas condiciones de iluminación. También es necesario mencionar que desde el aula donde estaba ubicado el flicker hasta el campo de hierba artificial hay un recorrido de 5' aproximadamente.

2.º Determinación de la velocidad máxima aeróbica (VMA), de la frecuencia cardíaca máxima y del VO₂ max de forma indirecta a través del test de carrera de Leger y Boucher (1980). Este test se realizó en la pista de atletismo y todos los sujetos lo ejecutaron con pulsómetro.

3.º Determinación de la FCF antes y después de cada una de las siguientes situaciones experimentales y valoración de la percepción de esfuerzo subjetivo al finalizar el entrenamiento (Escala de Borg):

Situación experimental A

Objetivo

Entrenamiento de la capacidad y potencia aeróbica.

Método empleado

Interválico largo intensivo.

Sesión

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

- 1x10' de carrera al 90 % de la VMA.
- 7' de pausa.
- 1x5' de carrera al 100 % de la VMA.

Situación experimental B

Objetivo

Entrenamiento de la potencia aeróbica.

Método empleado

Interválico corto intensivo.

Sesión

20x1' de carrera al 100 % de la VMA con 30'' de pausa entre repeticiones.

Situación experimental C

Objetivo

Entrenamiento de la capacidad anaeróbica láctica.

Método empleado

Interválico corto intensivo.

Sesión

6x300m (45''-50'') de carrera al 90 % de la velocidad máxima de la distancia con 1'30'' de pausa entre repeticiones.

Situación experimental D

Objetivo

Entrenamiento de la potencia anaeróbica láctica.

Método empleado

Repeticiones medio.

Sesión

3x300m (45''-50'') de carrera al 100 % de la velocidad máxima de la distancia con 7' de pausa entre repeticiones.

Análisis estadístico y presentación de resultados

Para la realización del análisis de los datos se ha utilizado el programa estadístico SPSS.v10. Las pruebas estadísticas que se han aplicado han sido la estadística descriptiva de las variables analizadas y la prueba de la *t* de Student para comprobar la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas de la FCF evaluada antes y después de cada tipo de esfuerzo físico realizado. Paralelamente, se ha aplicado el coeficiente de Correlación de Pearson entre FCF post esfuerzo y los datos obtenidos mediante la Escala de Borg, así como entre la FCF pre/post esfuerzo y el VO₂ max. obtenido de forma indirecta.

Situación experimental A (Interválico largo. Potencia aeróbica)

Características de la muestra

Número de sujetos	12
Edad	x = 24,50 Sd = 2,12
VO ₂ max ml·kg/min (indirecto)	x = 57,80 Sd = 4,44
VMA m/sg (velocidad máxima aeróbica)	x = 16,62 Sd = 1,29
FC max puls/min (frecuencia cardíaca)	x = 194,11 Sd = 8,91

Estadística descriptiva la percepción subjetiva del esfuerzo (E. Borg)

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

Análisis de la FCF antes y después del esfuerzo

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

* Se observan diferencias estadísticamente significativas.

Coefficientes de correlación

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ max
FCF (Después esfuerzo)	r = 0,18	r = 0,74*
FCF (Reposo)	-	r = 0,79*

* p < 0.01.

El análisis estadístico indica que existe una correlación positiva importante entre FCF antes y después del esfuerzo, y el consumo máximo de oxígeno ($p < 0.01$).

Situación experimental B (Interválico corto. Potencia aeróbica)

Características de la muestra

Número de sujetos	17
Edad	x = 23,25 Sd = 2,50
VO ₂ max ml·kg/min (indirecto)	x = 57,90 Sd = 4,39
VMA m/sg (velocidad máxima aeróbica)	x = 16,73 Sd = 1,26
FC máx puls/min (frecuencia cardíaca)	x = 195 Sd = 8,39

Estadística descriptiva la percepción subjetiva del esfuerzo (E. Borg)

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

Análisis de la FCF antes y después del esfuerzo

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

* Se observan diferencias estadísticamente significativas.

Coefficientes de correlación

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ max
FCF (Después esfuerzo)	r = -0,05	r = 0,30*
FCF (Reposo)	-	r = 0,24*

El análisis estadístico muestra que con un nivel de significación de $p < 0.10$ no existe correlación entre las variables estudiadas.

Situación experimental C (Interválico corto. Capacidad anaeróbica)

Características de la muestra

Número de sujetos	16
Edad	x = 23,55 Sd = 2,45
VO ₂ max ml·kg/min (indirecto)	x = 57,96 Sd = 4,67
VMA m/sg (velocidad máxima aeróbica)	x = 16,65 Sd = 1,25
FC max puls/min (frecuencia cardíaca)	x = 195,65 Sd = 8,64

Estadística descriptiva la percepción subjetiva del esfuerzo (E. Borg)

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

Análisis de la FCF antes y después del esfuerzo

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

* Se observan diferencias estadísticamente significativas.

Coefficientes de correlación

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ max
FCF (Después esfuerzo)	r = -0,53*	r = 0,33
FCF (Reposo)	-	r = 0,42**

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

El análisis estadístico muestra una correlación negativa moderada entre FCF (después) y la escala de Borg ($p < 0.05$). Contrariamente, se encuentra una correlación positiva moderada entre FCF (reposo) y volumen de oxígeno máximo ($p < 0.10$).

Situación experimental D (Repeticiones medio. Potencia anaeróbica)

Características de la muestra

Número de sujetos	16
Edad	x = 23,55 Sd = 2,45
VO ₂ max ml·kg/min (indirecto)	x = 57,96 Sd = 4,67
VMA m/sg (velocidad máxima aeróbica)	x = 16,65 Sd = 1,25
FC max puls/min (frecuencia cardíaca)	x = 195,65 Sd = 8,64

Estadística descriptiva la percepción subjetiva del esfuerzo (E. Borg)

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

Análisis de la FCF antes y después del esfuerzo

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

* Se observan diferencias estadísticamente significativas.

Coefficientes de correlación

VARIABLES	E. Borg	VO ₂ max
FCF (Después esfuerzo)	r = -0,01	r = 0,42*
FCF (Reposo)	-	r = 0,19

* p < 0.10.

El análisis estadístico únicamente muestra una correlación positiva moderada entre FCF (después) y volumen de oxígeno máximo ($p < 0.10$).

Discusión

Después del análisis de los resultados que se han presentado, constatamos que en nuestro estudio se manifiesta una evidente relación entre el esfuerzo físico y la FCF. Concretamente, en todas las situaciones experimentales que se han planteado se ha observado que la FCF aumenta de forma estadísticamente significativa después del esfuerzo ($p < 0.05$). Los resultados obtenidos coinciden con los presentados en otros estudios de naturaleza similar (Kirkcaldy 1980; Cruz y García, 1991).

Como ya se ha comentado en la introducción de este trabajo, la bibliografía relaciona la FCF con el nivel de activación del sistema nervioso central. Si esto es realmente así, observamos que el esfuerzo físico que han realizado los sujetos en cada una de las situaciones experimentales les ha comportado una activación del SNC. Sobre este aspecto, sin embargo, somos de la opinión que todavía faltan más estudios experimentales que demuestren dicha relación.

En el trabajo se han realizado entrenamientos que implican diferentes manifes-

taciones de resistencia, concretamente, la resistencia aeróbica y la anaeróbica láctica. La FCF más elevada se presentó al finalizar los entrenamientos de VO₂ max (+ 2,82 Hz). En las sesiones anaeróbicas lácticas, el aumento de la FCF también fue notable, + 2,36 Hz. A pesar de estos resultados no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas energéticos ($p = 0.87$). A este respecto, queremos resaltar que hubiera sido muy interesante incluir una situación experimental que comportara un carácter más extensivo del entrenamiento de la resistencia. Nos referimos a esfuerzos de menor intensidad (70-85 % de la VMA) y mayor volumen. Realizamos esta observación porque los entrenamientos de potencia aeróbica también conllevan una alta demanda del sistema anaeróbico láctico (Billat, 2002). En muchas ocasiones, si el atleta no cuenta con una gran experiencia y no se controla la intensidad del esfuerzo a través de diferentes parámetros y de forma muy continuada, es fácil que un entrenamiento de potencia aeróbica se transforme en uno de capacidad anaeróbica láctica.

En nuestro estudio observamos que en algunos sujetos se dió esta situación, que podría explicar la escasa diferencia que presenta la FCF entre ambas condiciones experimentales.

Otro objetivo de este trabajo era comprobar si existía alguna relación entre la FCF y la percepción subjetiva del esfuerzo evaluada a través de la escala de Borg. Como se puede apreciar, después de determinar el coeficiente de correlación de Pearson, observamos que, salvo en la situación experimental B ($r = -0,53$) cuyo resultado no podemos justificar, no existe ninguna correlación entre ambas variables. Estos resultados también coinciden con los presentados Martínez Mesa (2001).

Este estudio también pretendía analizar si existía alguna relación entre la FCF y el VO₂ max. Por este motivo, se ha empleado el coeficiente de correlación de Pearson entre estas variables, la FCF pre y post esfuerzo y la del VO₂ max determinado mediante el test de Leger Boucher. Con referencia a la relación entre la FCF previa al esfuerzo y el VO₂ max, los resultados nos indican que en las cuatro situa-

ciones experimentales planteadas existe una correlación positiva, más o menos importante, entre ambas variables (situación A: 79%, situación B: 24%, situación C: 40% y situación D: 18%). Se ha hallado una correlación similar entre la FCF post esfuerzo y el VO₂ max (situación A: 74 %, situación B: 30 %, situación C: 33% y situación D: 42 %). Así, parece ser que el hecho de poseer un VO₂ max más elevado permite una mayor activación del SNC en los entrenamientos de las diferentes manifestaciones de resistencia. Como hipótesis, se nos ocurre preguntarnos si esta mayor activación tiene alguna relación con la mejor coordinación entre el sistema nervioso simpático y parasimpático que manifiestan los deportistas que tienen más desarrollada esta cualidad física (Neuman, 1994). Con todo ello, estaríamos hablando de una adaptación al entrenamiento del sistema nervioso, y sería muy interesante formularse nuevos estudios que investiguen en esta dirección.

Para finalizar, en la introducción hemos comentado la importancia del nivel de activación del SNC en el control de los movimientos, y aunque en este estudio no se haya contemplado ni controlado la técnica, nos cuestionamos si los resultados que hemos presentado hubieran sido los mismos si los entrenamientos realizados hubieran presentado una exigencia técnica más compleja o incluso conllevado alguna toma de decisión.

Conclusiones

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el nivel de activación la FCF antes y después de los diferentes tipos de esfuerzos físicos que se han planteado. En todas las situaciones experimentales, los entrenamientos que se han aplicado han comportado un aumento de la FCF.

No se han demostrado diferencias estadísticamente significativas en cuanto el nivel de activación de la FCF entre esfuerzos de carácter aeróbico intensivo (potencia aeróbica) y anaeróbicos lácticos (tolerancia y máxima producción del lactato). Los autores constatan la importancia de ampliar

este estudio introduciendo una nueva situación experimental de carácter más aeróbico extensivo.

Se ha obtenido una moderada correlación positiva entre el VO₂ max de oxígeno y la FCF. Esta se manifiesta tanto en situaciones de reposo como post esfuerzo.

No se ha manifestado una correlación estadística entre el nivel de activación de la FCF y la escala de Borg.

El flicker puede resultar una herramienta útil para el control del entrenamiento de la resistencia y especialmente en sus manifestaciones de mayor intensidad.

Se requieren más estudios que relacionen objetivamente la FCF con el nivel de activación del SNC.

Agradecimientos

- A todos los alumnos de la asignatura de Optimización de las Cargas de Entrenamiento Deportivo que han participado en este estudio (Curso 2001-2002 del INEFC Barcelona).
- A la subdirección de Recerca i Postgrau del INEFC de Barcelona por la facilitación del material.
- Al departamento de Psicología del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallés por la colaboración prestada.

Bibliografía

- Billat, V. (2002). *Fisiología 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*. Suplemento premio CNOO (363), 1-32.
- Costa, G. (1993). Evaluation of workload in air traffic controllers. *Ergonomics* (36), 1111-1120.
- Cruz, L. y García, M. (1991). Fatiga psíquica en judokas mediante el flicker y el Toulouse-Pieron. *Boletín Científico Técnico* (3), 11-26.
- Gortelmeyer, R. y Wiemann, H. (1982). Retest reliability and construct validity critical flicker fusion frequency. *Pharmacopsychiat* (15), Suppl 1, 24-28.

- Grunberger, J.; Saletu, B.; Berner, P. y Stohr, H. (1982). CFF and assessment of pharmacodynamics: 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. y Gogol, A. (2001). Does perceived exertion depend on psychological state, flicker-fusion and blood-lactate? En *6th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Cologne, 24-28 Julio.
- Léger, L. y 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. En *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*. Año 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. En *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. y Blankstein, S. S. (1941). Influence of flicker. *Journal of experimental psychology* (29), 252-255.

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 desconeguin 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 VO₂ 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 VO₂ 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.