

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, sobretodo 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.