

Centro de Investigación
de Medicina Deportiva
I. N. E. F. - Barcelona

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRUEBA DE ESFUERZO CON CICLOERGOMETRO EN NADADORES Y ATLETAS DE FONDO SOMETIDOS A UN ALTO REGIMEN DE ENTRENAMIENTO

DR. J. R. SERRA-GRIMA

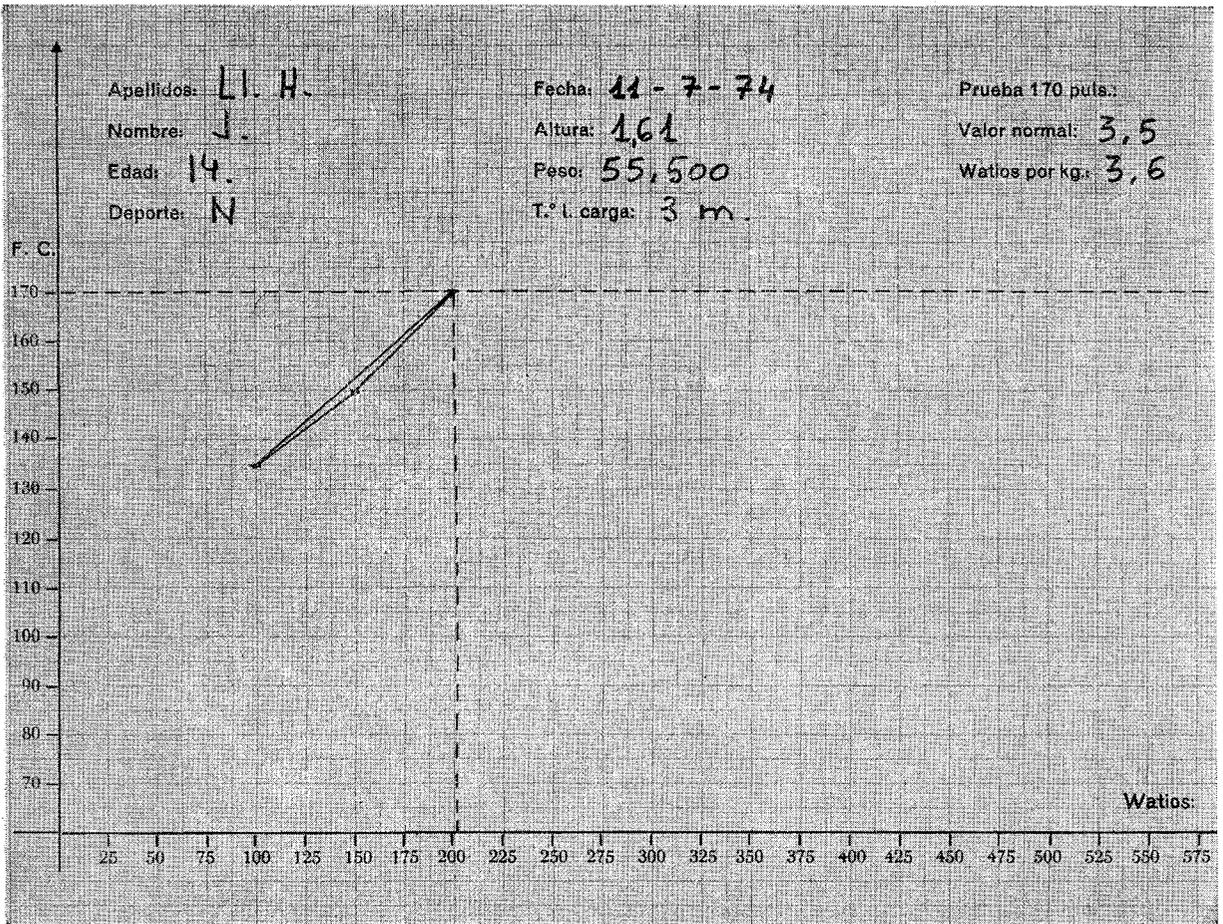
La valoración de la aptitud cardiocirculatoria al esfuerzo y el control de los efectos del entrenamiento en deportistas de alta competición lo realizamos con cicloergómetro y el individuo colocado en decúbito-supino. La prueba ideal sería la que permitiera controlar las constantes de frecuencia cardíaca, presión arterial y consumo de oxígeno en el trabajo deportivo que se efectúa habitualmente, con lo que se eliminarían los inconvenientes de las pruebas ergométricas. En la práctica resulta ciertamente difícil hallar la prueba idónea para efectuar estudios sobre rendimiento cardiocirculatorio sin tener que prescindir de una serie de factores que influyen en el resultado tales como la dificultad de acomodación a la máquina, tipo de deporte, temperatura ambiente donde se realiza la prueba, edad y peso del individuo, etc.

La finalidad de este trabajo es valorar los resultados de la prueba de esfuerzo efectuada en nadadores y atletas de fondo a principios de temporada, cuando se llevaban un mínimo de 20 días de entrenamiento, y a los 5 meses. Interesa conocer, por otra parte, la utilidad de la prueba de esfuerzo para estudios comparativos de rendimiento y control de eficacia de entrenamiento.

MATERIAL Y METODO

Se han estudiado 30 deportistas, 15 nadadores y 15 atletas con promedio de edad de 16 años en los nadadores y de 20 en los atletas. Todos pertenecen al sexo masculino.

La valoración se hace con una prueba submáxima P - W - C 170, con un trabajo inicial de 100 watios, añadiendo 50 watios cada 3 minutos hasta que se logra alcanzar la frecuencia cardíaca de 170 por minuto, en cuyo momento puede suspenderse la prueba. Como se sabe, la frecuencia cardíaca submáxima se obtiene de manera un tanto convencional, estableciéndose entre el 75 - 85 % de la frecuencia cardíaca, máxima teórica (220 - edad del individuo). Para que haya mayor uniformidad las gráficas las hemos standarizado en la frecuencia cardíaca de 170. El cicloergómetro dispone de un freno mecánico graduable y un indicador de revoluciones para que el trabajo sea constante. El índice ergométrico es la relación watios por kilo de peso, cuyo valor medio es de 3,5 (Gráfica núm. 1).



Gráfica 1.— Representación gráfica de la prueba de esfuerzo efectuada con cicloergómetro aumentando las cargas cada tres minutos progresivamente.

RESULTADOS (Ver gráfica núm. 2)

NADADORES

OCTUBRE	ABRIL
3'6	5'3
2'8	4'9
3'8	4'2
5'2	4'7
3'5	3'8
2'5	4'6
3'6	5'2
6'3	5'2
3'5	3'8
3'8	4'1
3'1	3'6
2'9	3'3
4'8	4'1
3'9	4'4
3'9	4'1
MEDIA 3'8	4'3

ATLETAS

OCTUBRE	ABRIL
3'6	4'4
4'2	3'9
5'1	3'8
3'7	4
5	3'8
5'6	5'1
5'2	5'3
3'9	3'6
5'3	4'5
3'2	3'5
3'2	3'1
4'5	4'2
3'9	3'7
3'6	4'2
4'4	5'1
MEDIA 4'3	4'1

Gráfica 2.— IE. obtenidos en ambos grupos en los controles efectuados a principio de temporada y a los 5 meses de entrenamiento.

1.— En el grupo de nadadores es poco significativa la diferencia entre el primer y se-

gundo control. Estadísticamente la desviación es casual. En tres casos el índice ergométrico es superior en el primer control (20 %, de los casos).

2.— En el grupo de atletas la desviación entre el primer y segundo control muestra sospecha de concordancia extrema. En 9 casos el índice ergométrico es superior en el primer control (60 %).

Entre los índices ergométricos del segundo control de nadadores y el segundo de atletas ocurre el mismo fenómeno.

4.— Hemos obtenido índices ergométricos elevados (ninguno de ellos estaba por debajo de 3,5 watios, valor medio teórico para el sexo masculino), en relación a valores obtenidos en otros centros en posición de sentado; este hecho es atribuible en parte al aumento del retorno venoso al corazón. En contra de ello podríamos decir que en ambas posiciones el retorno está aumentado al hacer compresión, durante

el ejercicio, las masas musculares sobre el sistema venoso. Los estudios comparativos deben referirse a pruebas realizadas en un mismo tipo de cicloergómetro y en la misma posición.

DISCUSION

Los atletas y nadadores que se estudian se incluyen en el grupo que clásicamente se ha definido como ejercicio en condiciones aeróbicas en el cual la mayor parte del mismo se realiza sin deuda de oxígeno. Con este tipo de entrenamiento, que esencialmente consiste en realizar esfuerzos prolongados con poca resistencia muscular manteniendo la frecuencia cardíaca por debajo de 130-140 pulsaciones por minuto, se consigue un mayor desarrollo de las cavidades cardíacas lo que a la larga da lugar a un mayor volumen de eyección durante la sístole. Está por demostrar la influencia que pudiera tener este aumento del volumen sistólico sobre la frecuencia cardíaca. Tal vez por un mecanismo reflejo o bioquímico al aumentar el gasto cardíaco a expensas de un mayor volumen sistólico podría influir sobre la frecuencia cardíaca, explicándose así la bradicardia sinusal tan frecuente en deportistas muy entrenados. Se ha demostrado que en corazones entrenados está aumentado el volumen residual.

Si ambos grupos de deportistas realizan entrenamiento de tipo orgánico predominantemente, nos sorprende mucho los resultados obtenidos en el grupo de atletas en que no vemos una diferencia estadísticamente valorable entre los índices ergométricos de la temporada invernal y a los cuatro o cinco meses de entrenamiento. Una posible explicación sería la distinta orientación en las pautas de entrenamiento en la etapa invernal. Lógicamente los entrenados

para pruebas de cross probablemente obtendrán mejores índices en la prueba de esfuerzo de principio de temporada. En el grupo de nadadores los resultados obtenidos corresponden a los que teóricamente pensábamos obtener.

La media de los índices de principio de temporada en nadadores es inferior a la de los atletas y en parte vendría determinado por la edad cuya media en los nadadores es inferior.

En natación no existen pruebas oficiales de velocidad fisiológica ya que esta se realiza en alto régimen de trabajo y frecuencia con casi total déficit de oxígeno y no puede, teóricamente, durar más de 25" ó 35" porque por encima de estos tiempos desciende el rendimiento y por la importante deuda contraída se llega al agotamiento muscular.

El techo de la prueba más corta en natación que es la de los 100 m. libres está situado alrededor de los 51" y es la más anaeróbica ya que se realiza con gran parte de deuda de oxígeno. También los 200 m. libres se incluirán hacia las pruebas de predominio con resistencia muscular, pero en menor porcentaje, ya que probablemente más de la mitad se realiza en déficit de oxígeno por lo que en teoría podríamos clasificarla como anaeróbica.

Los 400 m. libres ya son más aeróbicos pues sólo los metros finales se realizan en déficit. Los 800 y 1.500 m. son pruebas aeróbicas si bien como en cualquier prueba al final también se contrae la deuda de oxígeno.

Toda prueba con deuda de oxígeno tiene predominio bioquímico y muscular. Toda prueba en que el aporte es superior a la demanda se considera de predominio orgánico.

En el cuadro 1 veremos los porcentajes de deuda y aporte que de manera aproximada intervienen en las pruebas que se citan.

		<i>Deuda</i>	<i>Aporte</i>
Predominio resistencia muscular:	100 m.	80 %	20 %
	200 m.	60 %	40 %
Predominio orgánico hasta 30" finales:	400 m.	60 %	40 %
	800 m.	80 %	20 %
	1.500 m.	90 %	10 %

En cuanto a las pruebas de carreras en atletismo en el cuadro podemos ver cuáles son las que inciden claramente en el predominio

anaeróbico, aeróbico o la que se encuentra en zona de equilibrio entre ambas.

Anaeróbicos	}	Velocidad pura corta	100 m. lisos 100 m. relevos
		Velocidad pura larga	carrera de longitud carrera de longitud triple 200 m. lisos 2.000 x 4 m. lisos
		Velocidad prolongada larga	400 m. lisos 400 m. relevos 400 m. vallas
Zona de equilibrio	}	Velocidad prolongada larga	800 m. lisos
		Medio fondo corto	1.500 m. lisos
Aeróbicas	}	Medio fondo largo	5.000 m. lisos
		Fondo	3.000 m. obstáculos 1.000 m. lisos Cross 8 - 12 kms. Marcha 10 kms.
		Gran fondo	20 kms. marcha 30 kms. marcha Marathon

CONCLUSIONES

1.— Para valorar con mayor exactitud los efectos del entrenamiento debe realizarse la prueba con bicicletas ergométricas siempre en las mismas condiciones.

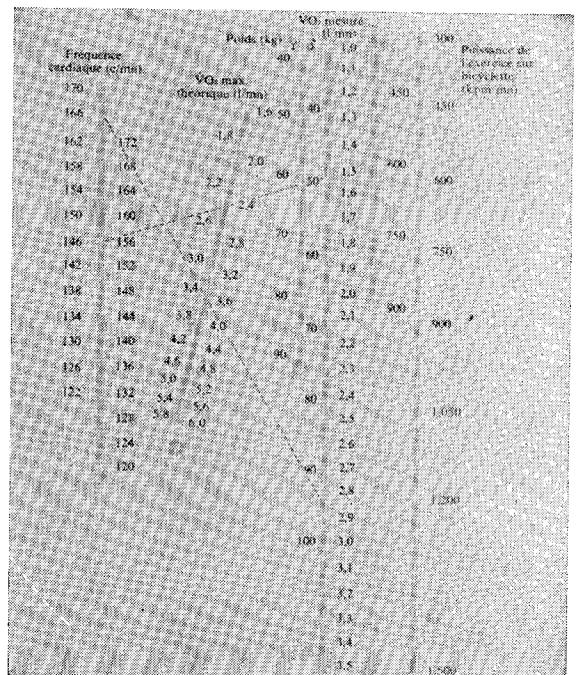
a) A ser posible a la misma hora, en las diversas pruebas que vayan realizándose.

b) Debe haber transcurrido un tiempo prudencial desde el último entrenamiento y asimismo desde la última ingestión de alimentos.

2.— Si no se dispone de datos sobre máximo consumo de oxígeno, para la valoración cardiocirculatoria o control de los efectos del entrenamiento, es muy útil el comportamiento del pulso, y su evolución durante el ejercicio en bicicleta ergométrica con cargas progresivas. Por otra parte disponemos de unas tablas que nos dan el consumo teórico en ausencia de medida directa del mismo. (Ver gráfica núm. 3).

3.— La importancia de una prueba de esfuerzo efectuada con máxima precisión estriba en que permite detectar errores en las pautas de entrenamiento, de particular importancia en natación por la corta edad en que se inician y compiten en este deporte.

4.— No hemos encontrado diferencias apreciables que permitan demostrar una mayor eficacia del entrenamiento en uno de ambos gru-



Gráfica 3.— Normograma de Astraud. Determinación de VO₂ máximo a partir de una prueba submáxima y en ausencia de medida directa de consumo de O₂.

pos y su repercusión sobre el sistema cardiocirculatorio. Llama la atención el que en el grupo de atletas la media de los índices ergométricos del segundo control, sea inferior al del primero, cuando teóricamente debería ser al revés.

5. — El mayor grado de simpaticotonía de los nadadores, en relación a la edad de los mismos, sensiblemente inferior al grupo de atletas, debe tenerse en cuenta para comparar el rendimiento cardiocirculatorio de los mismos si se utiliza el índice ergométrico como referencia.

RESUMEN

Se hace un estudio comparativo de pruebas de esfuerzo en nadadores y atletas de fondo con controles a principio de temporada y a los 4-5 meses de entrenamiento. En el grupo de nadadores el rendimiento cardiocirculatorio es superior en el último de los controles, hecho que debe considerarse normal cuando la planificación de entrenamientos se lleva correctamente. En el grupo de atletas el resultado muestra amplia dispersión. Necesariamente debe haber

otros factores además del régimen de entrenamiento.

Se debe insistir en que se realice la prueba de esfuerzo en las mismas condiciones y con el mismo cicloergómetro para valorar más exactamente la capacidad de trabajo y detectar errores de entrenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- P. O. ASTRAND. — "Manual de physiologie de l'exercice musculaire". Masson - Paris, 325, 337, 1973.
- J. C. CHIGNON, J. LECLERCG, H. STEPHAN, R. DISTEL. — "L'electrocardiogramme de l'athlete e les preubes d'effort". Labaz, 1973.
- HOWELL-FULTON. — "Physiology and Biofysics", Ed. W. B. SAUNDERS COMPANY, 180, 1974.
- MASTER, A. M. — "Exercise Testing for evaluations of cardiac performance". Amer. J. Cardial, 30, 718, 1972.
- RESNEKOV, D. — "Efectos circulatorios de las disrritmias cardíacas". Clínica cardiovascular, 1975.
- RUSHMER, R. F. — "Fisiopatología cardiovascular interamericana", 238 239, 240, 1970. "Readaptation des coronariens", Sandoz, 35 - 37, 149, 152, 1973.
- V. TORMO ALFONSO, J. A. VELASCO, E. SERRA SISTER. — "La ergometría en el diagnóstico y valoración de la cardiopatía coronaria". Lacer, 1974.

Farmacola

DEFATIGANTE NEURO-MUSCULAR EFERVESCENTE DE ACCION FISIOLÓGICA

**Prueba de resistencia a la fatiga
realizada en el departamento de
Farmacología del Laboratorio Dr. Andreu**



Se obligó a nadar hasta fatiga total varios lotes de ratones, anotando los tiempos de natación. Al día siguiente se les administró FARMACOLA y se repitió la prueba, comprobándose una notable prolongación de los tiempos de natación.

Comprimidos efervescentes y comprimidos masticables, de agradable sabor.

Glucosa y ATP	energizantes
Acido ascórbico	desintoxicante
Aspartatos.	defatigantes
Nuez de cola y cafeína	estimulantes

Tubos de 10 comprimidos efervescentes y cajas de 15 comprimidos masticables.

P. V. P. 50,00 Ptas.

P. V. P. 45,00 Ptas.