

# Aptitud física y técnicas de medición

Peter Vogelaere (\*) Natalia Balagué (\*\*)

(\*) Labo voor bijzondere fysiologie van de Lichamelijke Opvoeding. Vrije Universiteit Brussel. Belgique  
 (\*\*) Centre Mèdic del INEF de Barcelona

## INTRODUCCION

Existen en todo el mundo numerosas baterías de test que permiten cuantificar la aptitud física de un sujeto; no obstante, según nuestra información no se ha divulgado ninguna síntesis crítica a lo largo de los últimos 20 años.

Aunque la evaluación de la aptitud física ha interesado desde siempre al ser humano, no ha evolucionado del estadio de "ojo clínico" utilizado en la antigüedad hacia una ciencia estadística, hasta el reclutamiento en masa de la población masculina europea efectuado durante la primera guerra mundial (1914-1918).

Las primeras pruebas que permitieron clasificar la aptitud física de un sujeto se basaron en el tiempo necesario para que la frecuencia cardíaca (FC) recuperase su valor inicial de reposo después de una prueba estandarizada (LIAN, 1916; MARTINET, 1916).

Esta técnica de medición evolucionó después del segundo conflicto mundial (1939-1945) con el Step Test de BROUHA (1943).

Un segundo intento de cuantificación de la aptitud física fue la introducción del concepto de capacidad

aeróbica medida directamente (ASTRAND, 1952) o bien a través de un ejercicio submáximo (ASTRAND, 1954; DENOLIN, 1966).

En cuanto al estudio bioquímico de la aptitud física, podemos señalar que los juegos Olímpicos de Munich (1972) fueron el lugar de difusión de las diversas metodologías utilizadas por aquel entonces.

Los procedimientos radiológicos y anexos experimentan actualmente una clara evolución después de la aparición de los rayos no perjudiciales (ultrasonidos).

Por último trataremos someramente los aspectos biométricos, que históricamente han influido en el concepto de aptitud física.

## 1. Pruebas que siguen como criterio la recuperación cardíaca al esfuerzo

### 1.1. Ejercicio basado en la carrera sin desplazamiento

#### Prueba de LIAN (1916)

El valor de la aptitud física se determina teniendo en cuenta el incremento de la frecuencia cardíaca al final del ejercicio y el tiempo necesario para que esta frecuencia cardíaca recupere su valor inicial de reposo.

—ejercicio: carrera sin desplazamiento con elevación de rodillas al ángulo recto (skipping)

—frecuencia de movimiento: 2 elevaciones/segundo

—duración del ejercicio: 1 minuto

—normas: denominamos normas a las valoraciones de tipo estándar.

Clasificación	Variaciones de la FC	
	final del ejercicio	duración de la recuperación (R)
I excelente	FC < 30 pul/min	≤ 2 min
II bueno	FC = 30 pul/min	2 min > R > 3 min
III medio	30 pul/min < FC < 40 pul/min	2 min > R > 3 min
IV malo	FC > 40 pul/min	R > 4 min
V no apto	FC > 40 pul/min	R > 5 min o más

**1.2. Ejercicio basado en las flexiones de piernas**

**1.2.1. Prueba de MARTINET (1916)**

Este test de aptitud física se basa en el mismo principio del cálculo del tiempo de recuperación de la FC después de un ejercicio estandarizado. Sin embargo, MARTINET introduce la medición de variaciones de la tensión arterial (presión sistólica [P sist.] y diastólica [P. diast.]).

—ejercicio: 20 flexiones profundas de rodillas

—frecuencia del movimiento: 1 flexión/segundo

—normas: clasificación en 3 grupos (bueno, medio, malo) en función de valores medios

—valores medios: incremento al final del ejercicio.

F. C. = de 15 a 20 pul/min  
 P. Sist. = 1 cm Hg  
 P. diast. = 4 cm Hg

—tiempo de recuperación de la F.C.: 3 min.

**1.2.2. Prueba de Ruffier (1950)**

Este autor calcula un Índice de Resistencia Cardíaca (I.R.) en función de la evolución de la F.C. tomada en reposo y al final del ejercicio.

—ejercicio: 30 flexiones profundas de rodillas

—frecuencia de movimiento: libre

—duración máxima del ejercicio: 45 seg.

—fórmula:

$$I.R. = \frac{p' + p'' - 2(7-P)}{10}$$

$p = p - 70$

$p = \text{F.C. de reposo}$

$p' = \text{F.C. al final del ejercicio}$

$p'' = \text{F.C. después de 1 min. de recuperación}$

—Normas:

Clasificación	Valor I.R.
I superior	0
II fuerte	0 a 15
III bueno	5 a 10
IV medio	10 a 15
V débil	15 a 20

**1.2.3. Prueba de RUFFIER - DICKSON (1950)**

Tanto el tipo de ejercicio como la medición de la F.C. son idénticas a las de la prueba de RUFFIER, sólo varía la fórmula que permite determinar el I.R.

—fórmula:

$$I.R. = \frac{(p' - 70) + 2(p'' - p')}{10}$$

—Normas:

Clasificación	Valor I.R.
bueno	0 a 3
medio	3 a 6
malo	6 a 8

**1.3 Ejercicio basado en subir y bajar de forma alterna un obstáculo**

**1.3.1. Prueba de FLACK (1919)**

FLACK confeccionó una batería de test basada en diversos aspectos cardio-vasculares y respiratorios que permitía determinar la condición física de un sujeto.

Además de la medición de la aceleración de la F.C. durante un ejercicio poco intenso (subir y bajar de una silla 5 veces en 15 seg.), este autor introdujo la medición de la capacidad vital y la evaluación subjetiva por parte del sujeto de una apnea forzada. Por último y fundamentalmente, este autor es conocido por las normas establecidas en relación a la evolución de la F.C. durante una espiración forzada a la cual se opone la inercia de una masa de mercurio contenida en un tubo abierto en forma de V.

**1.3.2. Prueba de SCHNEIDER (1922)**

Este autor estableció un índice de aptitud física en base a la evaluación de 2 pruebas sucesivas: una estática, que contabiliza las variaciones de la F.C. de reposo durante el paso de la posición de "decubito supino" a la "erecta"; y otra dinámica que mide el tiempo de recuperación de la frecuencia cardíaca después de un ejercicio estandarizado de 5 elevaciones consecutivas sobre un peldaño de 45 cm. en un tiempo máximo de 5 seg.

**1.3.3. Prueba de MASTER (1929)**

MASTER estableció unas normas basadas en la edad y el sexo de las personas encuestadas. La prueba de esfuerzo consiste en subir y bajar alternativamente un peldaño de 23 cm.

**1.3.4. Prueba del Step Test de Harvard (BROUHA, 1943)**

Esta prueba consiste en subir y bajar alternativamente un peldaño cuya altura estandarizada es de 51 cm. para el hombre y 46 cm. para la mujer.

La frecuencia de movimiento es de 30 subidas y bajadas alternativas por minuto.

La duración máxima deseada del ejercicio: 5 minutos.

BROUHA estableció una clasificación en 5 grupos basándose en un índice.

Fórmula:

$$I = \frac{t \times 100}{2(FC_1 + FC_2 + FC_3)}$$

- t = tiempo real del ejercicio
- FC<sub>1</sub> = frecuencia cardíaca tomada entre 1 y 1 min. 30 seg. de recuperación
- FC<sub>2</sub> = frecuencia cardíaca tomada entre 2 y 2 min 30 seg. de recuperación
- FC<sub>3</sub> = frecuencia cardíaca tomada entre 3 y 3 min. 30 seg. de recuperación

Normas de BROUHA (1943):

Clasificación	Indice I
I no apto	menor que 55
II aptitud media	de 55 a 64
III aptitud buena	de 65 a 79
IV aptitud muy buena	de 80 a 89
V condición excelente	90 y más

Normas belgas (BORMS, 1977): población de estudiantes de educación física de ambos sexos y de edades comprendidas entre los 18 y 25 años.

Estas normas han sido establecidas en una escala de percentiles para una

**1.4 Críticas dirigidas a los test basados en la recuperación de la frecuencia cardíaca después del esfuerzo**

1.4.1. Todos estos test, además de no especificar en general la muestra de población estudiada, evalúan los resultados de forma cualitativa por clasificación de 3 a 5 categorías.

1.4.2. Toda clasificación cualitativa, discutible desde el punto de vista estadístico, no permite de ningún modo la comparación entre sujetos de una misma categoría.

1.4.3. El conjunto de técnicas empleadas es tan diverso que hace difícil la comparación entre los resultados obtenidos.

1.4.4. Estos test permiten eliminar los casos evidentes de inaptitud, pero no presentan ningún criterio común para definir los límites de dicha inaptitud.

1.4.5. La duración de la recuperación de la frecuencia cardíaca después del esfuerzo presenta una baja correlación con la capacidad máxima de trabajo.

TABLA I

Percentiles	Chicos	Chicas
P <sub>1</sub>	44.00	18.00
P <sub>5</sub>	44.00	23.00
P <sub>10</sub>	51.00	29.00
P <sub>20</sub>	69.00	38.00
P <sub>30</sub>	77.00	46.00
P <sub>40</sub>	84.00	70.00
P <sub>50</sub>	89.00	73.00
P <sub>60</sub>	90.00	77.00
P <sub>70</sub>	91.00	83.00
P <sub>80</sub>	92.00	84.00
P <sub>90</sub>	92.00	91.00
P <sub>95</sub>	99.00	111.00
P <sub>99</sub>	99.00	111.00

Escala de percentiles del Step Test de Harvard para una población joven de 18 a 25 años de edad. (Vrije Universiteit Brussel.)

## 2. Pruebas basadas en la determinación de la capacidad aeróbica durante el esfuerzo

### 2.1. Algunas bases fisiológicas

2.1.1. La frecuencia cardíaca (F.C.) aumenta de forma lineal con la carga desarrollada durante el ejercicio.

hasta un límite aproximado de 180 pul/min en el adulto joven y sano.

2.1.2. El consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) aumenta de forma lineal con la carga desarrollada durante el ejercicio, hasta un límite que varía según el individuo.

2.1.3. Existe pues una relación lineal entre el incremento del  $VO_2$  y de la F.C. (ASTRAND, 1952).

### 2.2. Métodos de determinación directa de la capacidad aeróbica

#### 2.2.1. Pruebas en cicloergómetro

En la tabla II hemos recopilado una serie no exhaustiva de técnicas que permiten determinar la capacidad aeróbica.

TABLA II

Autores o nombre de la procedencia	Carga aplicada al comienzo	Duración de cada nivel de intensidad	Incremento de intensidad por nivel
"vita max" - S'JONGERS (1969)	60 Watt	1 min.	30 Watt
WASSERMAN (1967)	70 Watt	1 min.	40 Watt
MAIDORN (1962)	50 Watt	1 min.	50 Watt
VANDEN EYNDE (1980)	1 kg (masa corporal) = Watt	1 min.	1 kg (masa corporal) = Watt
FRANZ (1972)	1 kg (masa corporal) = Watt	3 min.	1 kg (masa corporal) = Watt
MELLEROWICZ (1962)	50 Watt	3 min.	50 Watt
HOLLMANN (1963)	70 Watt	3 min.	40 Watt
MELLEROWICZ en NOWACKI (1961)	50 Watt	2 min.	50 Watt
BEUNEN (1977)	1 kg (masa corporal) = Watt	2 min.	1 kg (masa corporal) = Watt
REINDELL (1956)	50 Watt	5 min.	50 Watt

Tabla II. Esquema de las principales tendencias que permiten estudiar la capacidad aeróbica por medio de métodos de medición directa del  $VO_2$ .

De todos modos, el grado de intensidad de cada nivel de carga debe estar en función de la edad del sujeto encuestado (SMODLAKA, 1981; VOGELAERE, 1980).

### 2.2.2. Pruebas en cinta continua

Así como ocurre con las pruebas en cicloergómetro que permiten ob-

tener el  $\dot{V}O_2$ , existen numerosas modalidades de trabajo en relación a la utilización de la cinta continua. Algunas modifican el grado de inclinación de la cinta y mantienen la velocidad constante (BALKE, 1959), otras mantienen la inclinación constante y modifican la velocidad (TAYLOR, 1955), o también existe la posibilidad de modificar conjunta-

mente la inclinación y la velocidad (VOGELAERE, 1981).

### 2.2.3. Normas en relación a la evolución del $\dot{V}O_2$ máx. y la F.C., $\dot{V}$ vent.

En la tabla III hemos recogido el conjunto de valores obtenidos por la población belga en función de la edad y el sexo, en cuanto a diversas variables cardio-respiratorias.

TABLA III

categorías de edad		Watt max	Watt $kg^{-1}$ max	$\dot{V}O_2$ max $l \text{ min}^{-1}$ STPD	$\dot{V}O_2$ $kg^{-1}$ max $ml \text{ min}^{-1}$ STPD	F.C. max $pul \text{ min}^{-1}$
6 - 7	M	89.1 ± 14.6	3.6 ± .6	.85 ± .24	8.5 ± 2.4	161.2 ± 20.1
	F	53.7 ± 15.8	2.4 ± .7	.83 ± .26	8.3 ± 2.6	176.0 ± 23.5
8 - 9	M	122.2 ± 15.2	4.0 ± .5	1.33 ± .26	13.3 ± 2.6	181.9 ± 14.0
	F	88.7 ± 14.5	3.4 ± .7	1.10 ± .16	11.0 ± 1.6	178.5 ± 13.8
10 - 11	M	141.8 ± 19.8	4.2 ± .6	1.66 ± .35	16.6 ± 3.5	176.3 ± 9.2
	F	114.5 ± 23.0	3.5 ± .7	1.30 ± .21	13.0 ± 2.1	184.2 ± 17.0
12 - 13	M	186.3 ± 26.6	4.6 ± .7	2.44 ± .55	24.4 ± 5.5	177.1 ± 8.8
	F	171.9 ± 46.2	3.7 ± .6	1.76 ± .56	17.6 ± 5.6	168.5 ± 17.7
14 - 15	M	241.4 ± 37.6	4.2 ± .4	3.08 ± .80	30.8 ± 8.0	174.3 ± 9.3
	F	190.0 ± 37.7	3.6 ± .6	2.10 ± .57	21.0 ± 5.7	167.7 ± 8.7
16 - 17	M	267.1 ± 51.4	4.2 ± .6	3.49 ± .82	34.9 ± 8.2	169.1 ± 10.8
	F	192.2 ± 28.4	3.4 ± .4	2.28 ± .54	22.8 ± 5.4	168.4 ± 10.1
18 - 24	M	279.8 ± 46.3	4.1 ± .6	3.46 ± .90	50.0 ± 12.0	170.1 ± 12.4
	F	198.1 ± 39.4	3.5 ± .5	2.21 ± .63	39.0 ± 9.0	166.1 ± 18.3
25 - 34	M	278.9 ± 37.3	3.7 ± .6	3.17 ± .77	42.0 ± 10.0	167.7 ± 12.0
	F	183.0 ± 38.6	3.2 ± .8	1.88 ± .64	31.0 ± 12.0	162.1 ± 9.7
35 - 44	M	254.5 ± 41.8	3.3 ± .6	2.80 ± .61	37.0 ± 8.0	162.1 ± 11.8
	F	173.3 ± 36.1	2.7 ± .7	1.86 ± .54	28.0 ± 11.0	160.0 ± 9.0
45 - 54	M	219.3 ± 53.2	2.9 ± .8	2.44 ± .84	33.0 ± 12.0	148.4 ± 14.2
	F	130.0 ± 17.3	2.0 ± .3	1.25 ± .10	20.0 ± 2.0	142.7 ± 20.6
55 y más	M	169.1 ± 47.0	2.4 ± .7	1.73 ± .53	25.0 ± 10.0	142.7 ± 22.0
	F	140.0 ± 31.0	2.3 ± .6	1.30 ± .38	22.0 ± 9.0	134.3 ± 12.4

Tabla III. Media y desviación estándar del trabajo máximo desarrollado (Watt y Watt  $K^{-1}$ ), del consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}O_2$   $K^{-1}$ ) y de la frecuencia cardíaca máxima (F.C.) para una población belga (sexo masculino: M y femenino: F) en función de la edad, obtenidos por medio de una prueba en cicloergómetro de tipo "vita max".

2.2.4. Criticas en relación a los test basados en la determinación directa de la capacidad aeróbica.

2.2.4.1. Todos estos métodos de investigación precisan de un material sofisticado y costoso, y de un personal cualificado.

2.2.4.2. La revisión de la literatura muestra que existe una diferencia entre el valor de  $\dot{V}O_2$  máx. obtenido en el cicloergómetro y en la cinta continua, ya que la carrera pone teóricamente en juego un número mayor de unidades motoras. Sin embargo, los estudios de VOGELAE-RE (1981) demuestran que el  $\dot{V}O_2$  es idéntico en los sujetos bien entrenados cuando realizan esfuerzos máximos por medio de los dos tipos de ergometría.

2.2.4.3. La utilización del cicloergómetro favorece a los sujetos entrenados a montar en bicicleta y a los de constitución fuerte (mesomorfos).

Convendría pues efectuar una ergometría específica.

### 2.3. Métodos de determinación indirecta de la capacidad aeróbica

El conjunto de técnicas que determinan de forma indirecta la capacidad aeróbica utilizan en general el principio ergométrico de la ergostasis llamado aún "steady state" (VOGELAE-RE, 1981).

#### 2.3.1.1. Prueba de MARGARIA (1965)

Este autor propone un nomograma de determinación del  $\dot{V}O_2$  máximo a partir de la aplicación de dos niveles de intensidad, durante un ejercicio consistente en subir y bajar alternativamente un peldaño de 40 cm. de altura a frecuencias de 15 y seguidamente 25 veces/min.

#### 2.3.1.2. Prueba de SHEPHARD (1968)

Esta prueba, llamada también "Progressive Step Test", consiste en la determinación del  $\dot{V}O_2$  después de

registrar la F.C. durante la subida y descenso alternativos de un banco de 22,5 cm. de altura. El ejercicio impuesto consiste en la aplicación de 4 niveles de intensidad sucesivos de 10, 15, 20 y 25 ascensiones por minuto, de una duración constante de 3 minutos cada uno.

#### 2.3.2. Pruebas en cicloergómetro e intensidad submáxima

##### 2.3.2.1. Prueba de SJOSTRAND (1947)

Este autor propone establecer una recta de extrapolación del  $\dot{V}O_2$  para una frecuencia cardíaca de 170.

El esfuerzo llevado a cabo consiste en la realización de una prueba submáxima en cicloergómetro, con la aplicación de 3 niveles de intensidad submáximos consecutivos efectuados en ergostasis.

##### 2.3.2.2. Prueba de ASTRAND-RHYMING (1954)

La prueba de ASTRAND-RHYMING es un ejercicio realizado en cicloergómetro de una duración estandarizada de 6 minutos con un solo nivel de intensidad, que permite obtener una frecuencia cardíaca comprendida entre las 130 y 170 pul/min.

La intensidad de la carga se adapta a la condición física general del sujeto.

a saber: 150 Wat. cuando se trata de un individuo joven y deportista

100 Wat. para una mujer joven

de 50 a 100 Wat. para sedentarios

50 Wat. para niños o personas mayores.

La intensidad de la carga y la frecuencia cardíaca obtenida a lo largo de la fase de ergostasis se trasladan a un nomograma y permiten determinar gráficamente la capacidad aeróbica.

ASTRAND fue el primer autor que tuvo en cuenta de forma sistemática la edad y el sexo del sujeto encuestado para la determinación del  $\dot{V}O_2$  máx.

#### 2.3.2.3. Prueba de la $CT_{170}$ ( $PWC_{170}$ ) (DENOLIN, 1965)

El protocolo experimental se basa en el de determinación indirecta del  $\dot{V}O_2$  según SJOSTRAND.

Sin embargo, DENOLIN utiliza además los resultados (expresados en unidades metabólicas [MET]) obtenidos por un sistema de extrapolación de las frecuencias cardíacas recogidas, para determinar tanto la capacidad máxima de trabajo de corta duración, como la capacidad de trabajo submáximo (40%) prolongado de un día de duración.

2.3.3. Criticas a los test basados en la determinación indirecta de la capacidad aeróbica.

2.3.3.1. El conjunto de dichos procedimientos experimentales permite encuestar a amplias capas de la población. De todos modos, son inadecuados para la determinación exacta de la capacidad aeróbica: el margen de error cometido puede llegar a ser del 20%.

2.3.3.2. Los protocolos experimentales son relativamente simples y el material utilizado es en general poco costoso.

## 3. Métodos basados en la utilización de índices biométricos

### 3.1. Índices morfológicos

#### 3.1.1. Índice de PIGNET (1918)

Este índice está en función de la talla, el peso y el perímetro torácico.

—Fórmula:

$$I = T - (P+p)$$

T = talla (cm.)

P = peso (kg.)

p = perímetro torácico

Hay que señalar que PIGNET no especifica el perímetro torácico medido; podemos pues considerar que se trata del perímetro torácico registrado a nivel mamilar.

Normas:

Clasificación	Valor I (*)
Clasificación	
I excelente	0 - 9
II notable	10 - 14
III bueno	15 - 24
IV medio	25 - 29
V malo	30 y más

### 3.1.2. Índice de RUFFIER (1951)

—Fórmula:

$$I = (PT_i - PA) - (T' - P)$$

PT<sub>i</sub> = perímetro torácico xifoideo inspiratorio (cm.)

PA = perímetro abdominal en respiración normal (cm.)

T' = talla - 1 m. (cm.)

P = peso (kg.)

Normas:

Clasificación	Valor I
I excelente	20
II notable	de 15 a 20
III bueno	de 10 a 14
IV medio	de 5 a 9
V flojo	5

### 3.1.3. Este índice está basado en los trabajos de QUETELET

—Fórmula:

$$I = \frac{P \times PT_i}{PA_c}$$

P = peso (kg.)  
 PT<sub>i</sub> = perímetro torácico xifoideo inspiratorio (cm.)  
 PA<sub>c</sub> = perímetro abdominal en expiración (cm.)

Aquí también se realiza una clasificación cualitativa en función del I. Este último puede variar de 40 a 100.

### 3.1.4. Índice de corpulencia (MONNEROT, 1955)

—Fórmula:

$$I = \frac{P}{\left( \frac{T - 100 + 4C}{2} \right)}$$

P = peso (kg.)  
 T = talla (cm.)  
 C = diámetro de la muñeca (cm.)

Según MONNEROT, los valores normales de I son de 2 para sujetos de 20 años y de 1,5 para sujetos de 30 años.

### 3.2. Índices funcionales y respiratorios

#### 3.2.1. Prueba de FLACK (1919) Citado anteriormente

#### 3.2.2. Prueba de DEMENY

—Fórmula:

$$I = \frac{CV}{P}$$

CV = capacidad vital  
 P = peso (kg.)

### 3.3. Críticas en relación a los test basados en la utilización de índices biométricos

3.3.1. Podemos aplicarles las mismas dificultades señaladas a los test que miden cualitativamente la aptitud física.

3.3.2. El conjunto de estos test no distinguen entre el peso debido a la masa muscular y al exceso de tejido adiposo.

3.3.3. A nuestro criterio, estos test poseen un valor puramente histórico.

### 4. Métodos basados en la utilización de valores bioquímicos

#### 4.1. Métodos que exigen toma de sangre

Exigen en general la extracción de algunos μl. de sangre venosa.

##### 4.1.1. Componentes biológicos.

##### 4.1.1.1. Hemoglobina

El papel de la hemoglobina en la determinación de la capacidad aeróbica es relativamente importante (ASTRAND, 1952).

De este modo, según este autor las correlaciones entre la Hb y el VO<sub>2</sub> máx. son de r .97 para el hombre y de r .94 para la mujer.

##### 4.1.2. Componente bioquímicos.

##### 4.1.2.1. Presión parcial de gas en la sangre.

Las presiones parciales de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub> disueltos en sangre arterial y venosa son un factor indicativo de la difusión de oxígeno a nivel tisular (LAMBERTSEN, 1951-1952).

##### 4.1.2.2. pH sanguíneo y tampones residuales.

El valor del pH permite cuantificar la acidosis metabólica obtenida a lo largo del ejercicio. De todos modos, el conocimiento único de dicho valor no permite determinar el grado de

(\*) Esta escala de índices puede modificarse si el sujeto es de baja estatura y pesado. De este modo, el índice puede variar entre 0 y -1 para la categoría II. La clasificación III (bueno) puede variar a su vez entre -1 y -3. Mas allá de -3 el sujeto debe ser considerado obeso y con una condición física mala.

fatiga de un sujeto. El grado de exhaustión puede venir dado por la cantidad de bicarbonatos o tampones residuales utilizados para neutralizar el efecto de acidosis propio de la acumulación de ácido láctico durante el esfuerzo (DILL, 1937-1940).

#### 4.1.2.3. Acido láctico.

Este metabolito ácido, factor determinante del nivel de tolerancia del ejercicio, representa en general el límite del estado conocido por el nombre de "steady state".

Las concentraciones máximas en sangre venosa para este estado son de 22 mg % según LONDEREE (1975) y de 40 mg % según POORTMANS (1974).

#### 4.2. Métodos que precisan de un análisis de orina

Gracias a la facilidad en la toma de muestras, dichos métodos nos permiten estudiar una serie de parámetros bioquímicos, hormonales y enzimáticos contenidos en la orina, que nos ayudan a conocer la evolución biológica interna provocada por un ejercicio o un entrenamiento (POORTMANS, 1974).

#### 4.3. Críticas aplicadas a los test basados en la determinación bioquímica de la aptitud física

4.3.1. Dichos métodos de investigación precisan de un material sofisticado y costoso, y de un personal cualificado.

4.3.2. Sin embargo, el conocimiento del pH y del exceso de bases presenta un gran interés por su implicación directa en la determinación del grado de fatiga de un atleta.

### 5. Pruebas basadas en la medición de las dimensiones del corazón

Existe una correlación importante entre las dimensiones del corazón y la aptitud física del hombre sano.

#### 5.1. Determinación de las dimensiones cardíacas por medio de los R.X.

UNGERLEIDER et GRUBNER determinaron los valores del diámetro cardíaco en función del diámetro torácico y teniendo en cuenta la talla y el peso de los sujetos.

#### 5.2. Determinación de las dimensiones cardíacas por medio de técnicas no irradiantes

Las técnicas no irradiantes, tales como las basadas en la utilización de ultrasonidos (ecocardiografía) permiten estudiar la estructura tisular y más específicamente la estructura interna del corazón (EDLER, 1961).

#### 5.3. Críticas aplicadas a las pruebas basadas en la medición de las dimensiones cardíacas

5.3.1. Dichas técnicas deben llevarse a cabo en hospitales.

5.3.2. Todos los estudios de dimensiones cardíacas se han realizado durante el reposo, y según nuestra información, tan sólo existe un trabajo de ecocardiografía de esfuerzo llevado a término con éxito (S'JONGERS, ej. ciclostilado).

## RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad recordar al profesor de educación física y al entrenador deportivo los principales métodos de investigación que permiten determinar la aptitud física de un sujeto.

Se halla subdividido en seis capítulos distintos: pruebas que se basan en la recuperación cardíaca al esfuerzo, determinación directa del consumo de oxígeno, determinación indirecta de  $VO_2$ , determinación biométrica, determinación bioquímica, determinación radiológica y técnicas anexas.

Cada capítulo está a su vez considerado de forma crítica, de tal modo que el lector pueda escoger teniendo en cuenta las diferentes modalidades, aplicaciones y lagunas de cada procedimiento, en función tanto del objetivo que se haya marcado como del material del que disponga.

### ABSTRACT

The aim of this article is to remind the physical education teacher and trainer of the main research methods that would detect a subject's physical aptitude.

The article is divided into six different chapters: tests based on the recovery of the heart rate after exercise, direct detection of oxygen consumption, indirect detection of  $VO_2$ ,

biometric determination, biochemical determination, radiological determination and additional techniques.

Each chapter is also treated from a critical point of view, in such a way that the reader can choose the method, taking into account the different possibilities of each one: i.e. depending on the aim of the study and the material available.



# FLECTOMIN

"BEBIDA ENERGETICA  
CON ELECTROLITOS"

## Siempre en tu mejor forma

### COMPOSICION

La composición centesimal en componentes esenciales es la siguiente

Hidratos de carbono, 80 g.  
Substancias minerales  
Sodio 69 mEq/1,60 g.  
Potasio 37 mEq/1,44 g.  
Magnesio 13 mEq/0,16 g.  
Calcio 4 mEq/0,80 g.  
Fósforo 0,12 g, unico componente  
saborizante, limón natural  
deshidratado. Valor energetico  
100 g proporcionan 320 calorías

### POSOLOGIA

Disolver una dosis de 20 gramos (un sobre o dos cucharadas soperas) de FLECTOMIN polvo soluble instantáneo en 200 ml (un vaso de agua) de agua fría o incluso caliente (o té). Según la duración, la actividad física y el clima, puede beberse hasta 1 litro por día (5 dosis) o más en casos extremos

### PRESENTACION

Polvo, caja con 10 sobres de 20 g cada uno (10 dosis) bote con 600 g (30 dosis)

### INDICACIONES

Preparado dietético que regula el contenido en agua y electrolitos, reponiendo las sales minerales eliminadas con el sudor. Aporta una fuente adicional de energía en forma de hidratos de carbono digeribles. Recomendado especialmente para deportistas (No produce efecto doping)

**LABORATORIO DE  
APLICACIONES  
FARMACODINAMICAS, S.A.**

Grassot, 16 Barcelona, 25

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ASTRAND, P.: *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*. Munksgaard ed. Copenhagen, 1952.
- 2.- ASTRAND, P.; RHYMING, G.: *A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work*. J. appl. Physiol 1954, 7, 218-221.
- 3.- BALKE, B.; WARE, W.: *An Experimental study of Physical Fitness of Air Force Personnel USAF Med. J.* 1959, 10, 675-688.
- 4.- BEUNEN, G.; VAN GERVEN, D.; VANDEN EYNDE, B.: *Reliability of three cardiorespiratory field tests in SHEPHARD, R.; LAVALLEE, H.* *Frontiers of activity and child health Proc. VII Int. Symp. paediatric work physiology ed. Pelican Québec 1977*, p. 75-81.
- 5.- BORMS, J.; HEBBELINCK, M.: *Profiles of Physical Education Teachers and students Lab. of Human Biometry and movement analysis, Vrije Universiteit Brussel 1977*.
- 6.- BROUTHA, L.; CRAYBIEL, A.; HEATH, O.: *Step-Test simple method of measuring physical fitness for hard muscular work in adult man*. Rev. Canad. Biol. 1943, 2<sup>a</sup>, 82-92.
- 7.- BROUHA, L.: *The step-test: A simple Method of Measuring Physical Fitness for muscular work in Young Men*. Research Quarterly 1943, 14, 31-36.
- 8.- DEMENY: in HEBRAL, D.: *Analyse critique des principales méthodes de détermination de l'aptitude physique*. J. Tixier ed. Lyon 1967.
- 9.- DENOLIN, H.; DEGRE, S.: *Etude de l'aptitude physique par détermination de la fréquence cardiaque en cours de l'effort et pendant la période de récupération*. Acta Cardiol. 1965, 20, 17.
- 10.- DICKSON, J.: *L'utilisation de l'indice cardiaque de RUFFIER dans le contrôle médico-sportif*. Med. Educ. Phys. Sport. 1950, 2, 65.
- 11.- DILL, D.; DALY, C.; FORBES, W.: *The pK' of serum and red cells* J. Biol. Chem. 1937, 117, 569-574.
- 12.- DILL, D.; GRAYBIEL, A.; HURTADO, A.; TAQUINI, A.: *Der Gasaustausch in den Lungen im Alter*. Zeits Alters 1940, 2, 20-33.
- 13.- EDLER, I.: *The use of ultrasound as a diagnostic aid, and effects on biological tissues. Continuous recording of the movements of various heart structures using an ultrasound echo-method*. Acta Med. Scand. 1961, 170 - suppl 370, 7-37.
- 14.- FLACK, M.: *Some simple test of physical efficiency*. The Lancet, 1919, 1, 210-220.
- 15.- FRANZ, I.: *Vergleichende Untersuchungen zur Messung de PWC* in MELLEROWICZ, H.; JOKL, E.; HEBBELINCK, M. (eds.) *3 Internationals Seminar für Ergometrie*. Berlin 1972, p. 136-142.
- 16.- HOLLMANN, W.: *Höchst- und Dauerleistungs fähigkeit des Sportlers*. Johan Ambrosius Barth verl., München, 1963.
- 17.- KAUP, J.: *Konstitution und umwelt im Lehrlingsalter*. Lehman ed München, 1922.
- 18.- LAMBERTSEN, D.; BUNCE, P.; DRABKIN, D.; SCHMIDT, C.: *Relationship of oxygen tension to hemoglobin oxygen saturation in the arterial blood of normal men*. J. Appl. Physical 1951-52, 4, 873-885.
- 19.- LIAN, C.: *Epreuve d'aptitude Physique à l'effort*. Presse Médicale 1916, 24, 563-567.
- 20.- LONDEREE, B.; MAGEL, J.: *Maximal steady state versus state of conditioning*. Eur. J. Appl Physiol 1975, 34, 269-276.
- 21.- MAIDORN, K.; MELLEROWICZ, H.: *Untersuchungen zur Bestimmung des maximalen Sauerstoffpulses bei ergometrisches Leistung*. Sportarzt und Sportmedizin 1962, 16, 355-359.
- 22.- MARTINET, A.: *Epreuve fonctionnelle circulatoire: appréciation de la puissance de réserve du coeur*. Presse Médicale 1916, 117, 223-245.
- 23.- MASTER, A.; OPPENHEIMER, E.: *A simple exercise tolerance test for circulatory efficiency*. A. J. Med. Sci 1924, 177, 223-226.
- 24.- MELLEROWICZ, H.; NOWACKI, P.: *Vergleichende Untersuchungen von Atem und Kreislauf funktionen bei physikalisch gleichen ergometrisches Arbeit im Stehen, Sitzen und Liegen*. Zschr. Kreislschz. 1961, 50, 1003-1014.
- 25.- MELLEROWICZ, H.; GALLE, L.: *Vergleichende Untersuchungen kardiales und pulmonales Funktionen bei maximalen Arbeit am Ergometer im Stehen, Sitzen un Liegen*. Sportarzt und Sportmedizin 1962, 13, 332-338, 359-366.
- 26.- MONNEROT: *Geciteerd in HEBBELINCK, M. Cursus Biometrie Vrije Universiteit Brussel, 1981*.
- 27.- PIGNET: *L'indice de PIGNET*. Arch. Med. Pharmac. Med. 1918 cité par HEBRAL, D. *Analyse critique des principales méthodes de détermination de l'aptitude physique*. ed. J. Tixier, Lyon 1967.

- 28.- POORTMANS, J.: *Adaptations du métabolisme à l'effort*. Sport 1974, 67, 153-156.
- 29.- QUETELET, A.: *Anthropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme* Bruxelles in HEBELINCK, M. *Cursus Biometrie* Vrije Universiteit Brussel, 1981.
- 30.- REINDELL, H.; KIRCHHOF, H.: *Über kombinierte Funktionsprüfungen des Kreislaufes und des Atmung*. Dtsch Med. Wochenschr. 1956, 81, 592-598, 1048-1053.
- 31.- ROHER, F.: *Eine neue Formel zur Bestimmung der Körperfülle*. Korr. Bl. D. Ges. Authrop. Ethnol u Urgesch 1908, 39, 5.
- 32.- RUFFIER, J.: *Considération sur l'indice de résistance du coeur à l'effort*. Med. Ed. Phys. Sport. 1951, 3, 7-12.
- 33.- SCHNEIDER (1929): in HEBRAL, D. *Analyse critique des principales méthodes de détermination de l'aptitude physique*. J. Tixier ed., Lyon 1967.
- 34.- SHEPHARD, R.; ALLEN, C.; BENADE, A.; DAVIES, D.; DI PRAMPERO, P.; HEDMAN, R.; MERRIMAN, J.; MYHRE, K.; SIMMONS, R.: *Standardization of submaximal exercise tests*. Bull. Org. Mond. Sante 1968, 38, 765-775.
- 35.- S'JONGERS, J.; SEGERS, M.: *Normes fonctionnelles cardio-vasculaires du sportif au repos et à l'effort*. Acta Belg. Arte Med. Pharm. Milit. 1969, 15, 48-54.
- 36.- S'JONGERS, J.; TELLERMAN, P.; VOGELAERE, P.; LUYTEN, R.: *Echocardiographie en fysische geschiktheid onderdruk*.
- 37.- SJOSTRAND, T.; KIELLBERG, RUDHE, U.: *Increase of the amount of hemoglobine and blood volume in correction with physical training*. Acta physiol Scand. 1949, 19, 152-156.
- 38.- SHODLAKA, P.; MELLEROWICZ, H.; MORAK, S.: *Revised Standardization proposals for Ergometry 1981. Minimum and compromise Program of the Working group for Ergometers* in MELLEROWICZ, H. *4 International Seminar für Ergometrie* Berlin 1981 (sous presse).
- 39.- TAYLOR, H.; BUSKIRK, E.; HENSCHEL, A.: *Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance*. J. Appl. Physical 1955, 8, 73-80.
- 40.- VANDEN EYNDE, B.: *De estimatie van submaximum fitness aan de hand van gegraduateerde inspanningstests bij jonge volwassenen*. Doctoral profeschrift (Katholieke Universiteit Leuven) 1980.
- 41.- VOGELAERE, P.: *Les normes de la valeur physique pour les garçons et les filles*. 2ième Seminaire Européen sur l'évaluation de la valeur physique (Birmingham 3-5 juni 1980) Conceil de l'Europe CDDS 1981, 14, 75-90.
- 42.- VOGELAERE, P.; S'JONGERS, J.; QUIRION, A.; MAGNIN, P.: *Steady state ergometrique: réalité ou fiction*. Can. J. Appl. Spt. Sci. 1981, 6, 61-67.
- 43.- VOGELAERE, P.; S'JONGERS, J.: *Maximal oxygen uptake and measurement techniques. Comparison between 1 treadmill and 2 cyclergometrie test procedures* in MELLEROWICZ, H. *4 International Seminar für Ergometrie* Berlin 1981 (sous presse).
- 44.- WASSERMAN, K.; VAN KESSEL, A.; BURTON, G.: *Interaction of physiological mechanisms during exercise*. J. Appl. Physiol 1964, 22, 71-85.

# FLEXAGIL

## FLEXIBILIDAD · AGILIDAD

### Fórmula: Por comprimido:

Carisoprodol . . . . . 300 mgrs.  
Propifenazona . . . . . 150 mgrs.

Por supositorio: Doble cantidad.

### Dosificación

1 ó 2 comprimidos o 1 supositorio 3 veces al día.

### Indicaciones terapéuticas

Esguinces, torceduras y contusiones musculares. Miositis inflamatorias, infecciosas o víricas (gripe). Artrosis. Torticolis. Lumbago. Artritis (escapulo-humeral, síndrome hombro-mano, lumbalgias, hernia discal).

Síndrome del escaleno. Medicina laboral y deportiva.

### Contraindicaciones

Úlcera gastro-intestinal en fase de actividad.

### Incompatibilidades

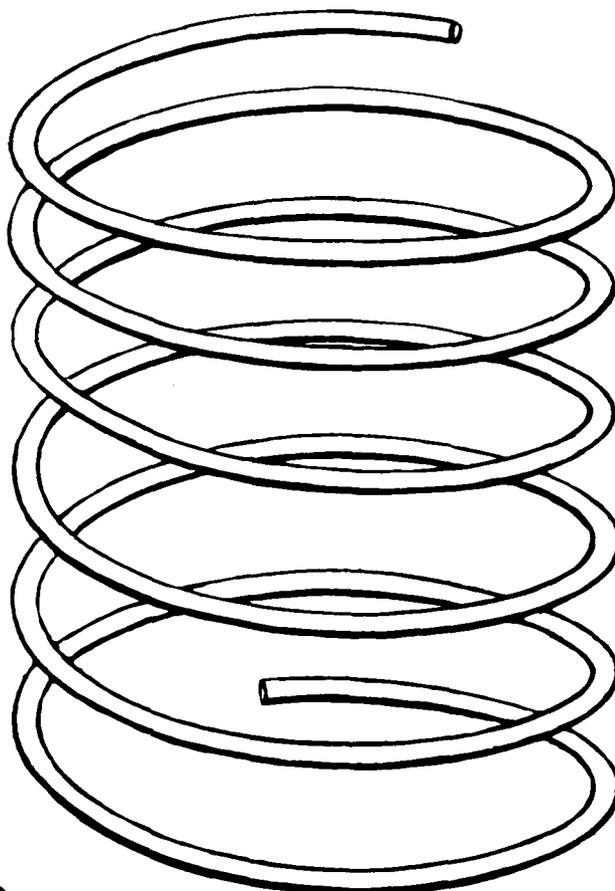
No presenta.

### Efectos secundarios

Somnolencia o euforia. Dispepsia gástrica. Sensibilidad cutánea o alérgica a los componentes de FLEXAGIL.

Caja con 24 comprimidos. P.V.P. 158'— Ptas.

Caja con 12 supositorios. P.V.P. 158'— Ptas.



*Industrial Farmacéutica de Levante, S.A.*

Mallorca, 216 - BARCELONA-8  
Ptaza Isabel II, 5 - MADRID-13