

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

# *Variaciones del consumo de O<sub>2</sub>, determinado por ergo - analizador, según los deportes y el grado de entrenamiento de los atletas*

DR. J. ESTRUCH BATLLE.

(Trabajo realizado con la colaboración técnica de A. Castelló, L. Bestit, F. Balagué, A. Estruch, J. A. Gutiérrez, J. Llorca, C. Mercado, J. R. Serra, S. Tintoré y J. L. Ventura).

## MOTIVOS DEL TRABAJO

Durante dos años el C. I. M. D. ha ido recogiendo experiencia trabajando con atletas, en gran número de élite (selecciones provinciales y nacionales de los diversos deportes) y hemos tenido ocasión de sistematizar el procedimiento de trabajo para hallar una prueba funcional que fuese válida, en cuanto a la aplicación de criterios, para la mayoría de deportistas. Los trabajos de ASTRAND, de KEMPER y de MELLEROWITZ han servido para nuestro asesoramiento científico y práctico en esta puesta al día. La capacidad física de trabajo en los atletas se ha basado siempre en la aplicación de diferentes tests de esfuerzo que han ido modificándose. Hoy día ya no nos sirven los tests de RUGIER, de MASTER, de SCHANAIDER, de FLACK, que deben quedar incorporados a la Historia de la Medicina, ya que sus índices son una expresión de trabajo relativo y de poca fiabilidad.

El trabajo deportivo y fundamentalmente un trabajo muscular continuo, depende siempre de una adecuada provisión de O<sub>2</sub>. Cuando disminuye el aporte de O<sub>2</sub>, la producción de energía es insuficiente para mantener la actividad física. La relación entre el consumo de O<sub>2</sub> y la

producción de trabajo es lineal y esto es lo que debemos utilizar como fundamento para determinar y valorar la aptitud para el esfuerzo.

El consumo de O<sub>2</sub> es un índice de capacidad aeróbica y es también la mejor medida de la aptitud para el ejercicio continuado. Hoy día la técnica ha puesto al servicio de la Medicina Deportiva y en general de la fisiología del esfuerzo la posibilidad de medir el consumo máximo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub> máx.) de forma muy exacta y bastante rápida, relacionándolo además con los diferentes datos fisiológicos que también entran en juego durante el esfuerzo. A través de los ergo-analizadores, hoy día computorizados, podemos realizar la obtención directa de datos en especial el VO<sub>2</sub> máx. Si no disponemos de este material de trabajo hemos de conseguir la determinación indirecta del consumo de O<sub>2</sub> a través de los llamados nomogramas, partiendo de la base que la frecuencia cardíaca tiene una correlativa significación con el consumo de O<sub>2</sub> durante el ejercicio, de forma que se puede establecer una relación lineal entre las mismas y que con una determinada carga de tra-

bajo alcanzada, según la frecuencia cardíaca obtenida, corresponde a un  $VO_2$  máx. La capacidad física de trabajo aeróbico, lo que denominamos en el argot clásico, condición física de base, debe ser expresada siempre por el  $VO_2$  máx. mejor obtenido directamente, y si ello no es posible, por la aplicación de los nomogramas con métodos indirectos.

En la figura 1 se expresa la relación lineal que existe entre frecuencia cardíaca y  $VO_2$ , a medida que aumenta el trabajo.

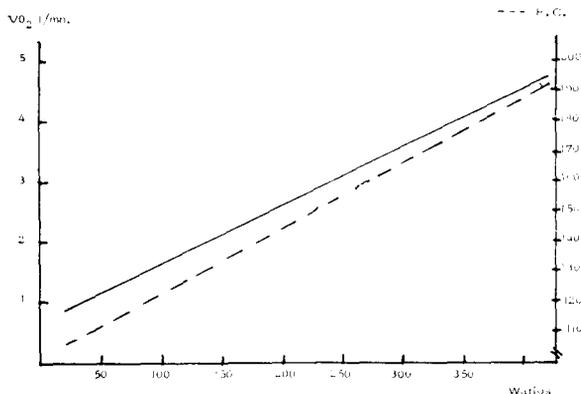


Fig. 1. — Existe una relación lineal entre el  $VO_2$  litros/mn. (consumo de  $O_2$ ) y las variaciones de frecuencia cardíaca (F. C.) a medida que aumenta el trabajo (wattios).

La figura 2 representa el nomograma de ASTRAND que permite calcular el consumo máximo de  $O_2$  a partir de las frecuencias cardíacas obtenidas después de realizar un determinado trabajo en cicloergómetro o step-test, ya sea en hombres o en mujeres. DAL MONTE ha hecho otros nomogramas que corresponden a otros ejercicios como remo, natación, etc.

### MATERIAL Y METODO

Hemos recogido información a través de los exámenes médicos practicados a 255 deportistas que correspondían a 19 especialidades deportivas. El examen médico implicaba la realización de una ficha médica completa (Biometría, exploración de base, dinamometría, cardiología) pero para nuestro trabajo sólo utilizaremos los datos obtenidos de la ficha ergogasmometría (figura 3).

El ergo analizador que nosotros utilizamos para la realización de la prueba de esfuerzo es de circuito abierto (MINHJARD). El cicloergómetro es de cargas magnéticas que permite trabajar con cargas hiperbólicas y cargas parabólicas, según que en la forma de trabajo

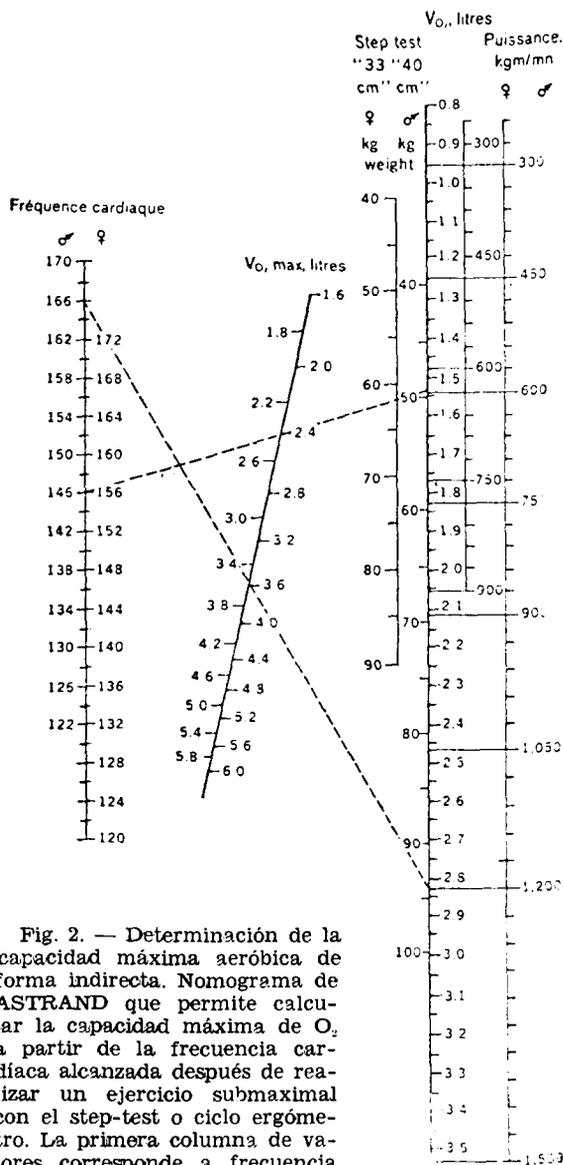


Fig. 2. — Determinación de la capacidad máxima aeróbica de forma indirecta. Nomograma de ASTRAND que permite calcular la capacidad máxima de  $O_2$  a partir de la frecuencia cardíaca alcanzada después de realizar un ejercicio submaximal con el step-test o ciclo ergómetro. La primera columna de valores corresponde a frecuencia cardíaca que varía según el sexo. La segunda columna equivale a  $VO_2$  máx. en litros. La tercera columna representa el step-test para mujeres indicando el peso en kilos. La cuarta columna en el lado izquierdo corresponde al step-test para hombres indicando el peso en kilos, y en el lado derecho corresponde al consumo de  $O_2$  en litros ( $VO_2$  litros). La quinta columna se refiere a  $kgm/mn.$  ejercicio con ciclo ergómetro realizado por mujeres y en la última columna corresponde también a  $kgm/mn.$  en ciclo ergómetro realizado por hombres.

Si una mujer de 61 kg. haciendo un step-test alcanza una frecuencia cardíaca de 156, ha gastado un  $VO_2/mn.$  de 1,540 ml. y el consumo de  $O_2$  máximo de predicción es de 2,4 l/mn.

Si un hombre alcanza una frecuencia cardíaca de 166 después de realizar un trabajo con ciclo ergómetro de 1.200  $kgm/mn.$  (200 wattios), el consumo de  $O_2$  es de 2,830 ml. y la predicción máxima de consumo de  $O_2$  es de 3,6 l/mn. (señalado en el grabado con líneas discontinuas). Obtenido de ASTRAND, 1960.

C.I.M.D.  
I.N.E.F. BARCELONA

FICHA ERGO-GASOMETRICA

Nº 2.318

| APELLIDOS   |        | LLOPART RIBAS  |       |          |      |        |        |              |       |                 |      | NOMBRE       |         | Jorge       |       | EDAD      |  | 25 |  |
|-------------|--------|----------------|-------|----------|------|--------|--------|--------------|-------|-----------------|------|--------------|---------|-------------|-------|-----------|--|----|--|
| PESO        |        | TALLA          |       | DEPORTE  |      |        |        | ESPECIALIDAD |       |                 |      | Marcha       |         | FECHA       |       | 19-8-1977 |  |    |  |
| WATIOS      | MTOS   | FC-II          | PA-MX | PA-MN    | FR-O | VC-7   | STPS-4 | FRQ. FC      | CO. 2 | VO. 6           | CR-8 | VO. 42<br>FC | P<br>FC | P<br>VO. 44 | ER-45 |           |  |    |  |
| 9           | REPOSO | 60             | 120   | 70       | 16   | 0,96   | 14,4   | 3,66         | 3,37  | 450             | 0,90 | 4,9          | -       | -           | 31,1  |           |  |    |  |
|             | 1      |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 2      |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
| 100         | 3      | 118            | 150   | 80       | 24   | 1,32   | 30,2   | 5,21         | 4,52  | 1,360           | 0,84 | 11,5         | 0,80    | 69,-        | 22,2  |           |  |    |  |
|             | 4      |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 5      |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
| 150         | 6      | 144            | 160   | 90       | 27   | 1,89   | 49,-   | 4,88         | 4,77  | 2.000           | 0,97 | 13,9         | 1,03    | 75,7        | 24,1  |           |  |    |  |
|             | 7      |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 8      |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
| 200         | 9      | 172            | 180   | 100      | 36   | 2,12   | 98,-   | 4,17         | 4,64  | 3.290           | 1,15 | 19,1         | 1,18    | 62,1        | 29,7  |           |  |    |  |
| 256         | 10     | 179            | 180   | 100      | 47   | 2,74   | 122,5  | 5,79         | 4,23  | 3.740           | 1,15 | 20,9         | 1,43    | 68,2        | 32,7  |           |  |    |  |
|             | 11     |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 12     |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
| Reposo      | 13     | 108            | 150   | 70       | 34   | 1,08   | 35,4   | 2,70         | 3,28  | 750             | 1,28 | 6,6          | -       | -           | 46,5  |           |  |    |  |
|             | 14     |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 15     |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 16     |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 17     |                |       |          |      |        |        |              |       |                 |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
|             | 18     | 195            |       |          |      |        |        |              |       | 4.074           |      |              |         |             |       |           |  |    |  |
| VO. KC / MN |        | MVO. / KG / MN |       | VO. / FC |      | P / FC |        | P / VO.      |       | PWC WATIOS / KG |      | TABULACION   |         |             |       |           |  |    |  |
| 61,31       |        | 66,79          |       | 20,9     |      | 1,4    |        | 68,2         |       | 3,2             |      | 617 - 68     |         |             |       |           |  |    |  |

Fig. 3. — Ficha ergo-gasométrica de un atleta de fondo, en la que se comprueban las modificaciones controladas cada 3 minutos hasta alcanzar un trabajo de 256 W. y una captación de  $O_2$  de 3.740 ml.

predomine la fuerza o la velocidad, permitiendo el aparato obtener hasta 1.000 w. y siempre con un ritmo controlado. Nosotros creemos que durante el trabajo hiperbólico (cargas fijas y establecidas previamente) el ritmo del pedaleo debe ser de 60/m. que es fácil de conseguir y comprobamos que es aceptado por la mayoría de autores. El analizador recibe información del atleta a examinar a través de la mascarilla y de la tráquea para los datos respiratorios, de los electrodos precordiales para los datos electrocardiográficos y del cicloergómetro para los datos de trabajo (frecuencia del pedaleo, carga en watos). Nosotros hemos establecido conexión con un electrocardiógrafo para registrar durante la prueba de esfuerzo el correspondiente trazado.

Los datos respiratorios más interesantes que nos suministra el aparato son: la frecuencia respiratoria, el delta de  $O_2$  ( $Fi O_2 - Fe O_2$ ) el

delta de carbónico, el volumen minuto respiratorio, seco y saturado (BTPS, STPD) y el volumen corriente, el cociente respiratorio y el equivalente respiratorio.

Los datos circulatorios, son la frecuencia cardíaca y el pulso de  $O_2$  ( $VO_2/FC$ ). Nosotros, por el método clásico cada 3 minutos, controlamos también la presión arterial que incorporamos a la ficha ergo gasométrica.

Los datos ergométricos registrados son la frecuencia del pedaleo, la carga de trabajo en watos y los watos por sístole.

Esta información es registrada con un inscriptor cada minuto en el transcurso de la prueba. Además tenemos conectado el módulo de la frecuencia cardíaca al panel de información digital, por considerar que las modificaciones de la frecuencia cardíaca es un dato decisivo en las variaciones que se van produciendo en el transcurso de la prueba y por si hay que in-

producir algún cambio en la vigilancia. Se puede conectar otro módulo ( $O_2$ ,  $CO_2$ , BTPS).

Consideramos más fisiológico establecer el sistema de cargas progresivas, iniciando la prueba con 50 wátios para las mujeres y los jóvenes menores de 15 años (por el hecho de tener menor potencia muscular) y 100 wátios para los hombres adultos. La carga se aplica durante 3 minutos para conseguir un estado de equilibrio, al final de los cuales se aumenta en 50 w. y así sucesivamente hasta alcanzar el trabajo máximo que suele ser en la mayoría de mujeres entre 150 y 200 w. y en los hombres de 250 a 300 w. Para obtener fácilmente el trabajo máximo, disminuyendo la resistencia que ofrece el cicloergómetro al ejercicio de las piernas las cuales suelen fatigarse pronto, aplicamos sistema de trabajo parabólico, aumentando la velocidad del ejercicio y disminuyendo la resistencia del aparato, de esta forma se alcanza fácilmente más de 300 wátios (fig. 4, aplicación de las cargas progresivas).

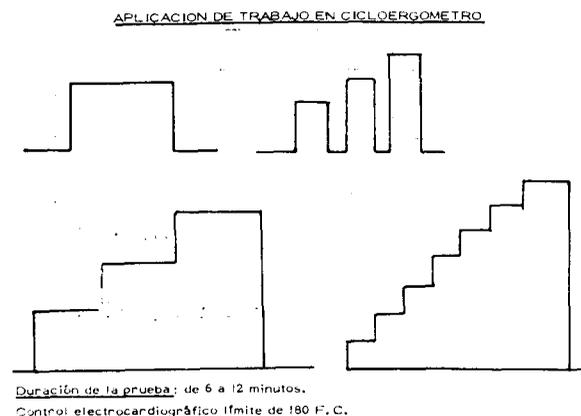


Fig. 4. — Diferentes esquemas de trabajo con cicloergómetro.

Los criterios que seguimos en la aplicación de las cargas dependen de la edad y del sexo y del grado de entrenamiento del deportista planteándonos un pronóstico de trabajo a realizar según el individuo. En mujeres y jóvenes menores de 15 años corresponden teóricamente alcanzar un trabajo equivalente a 2,5 w/kg. de peso y en los hombres adultos, 3,5 w/kg. de peso.

En la predicción de la capacidad de trabajo también valoramos:

- a) Antecedentes deportivos y tipo de deporte.
  - b) Horas semanales de entrenamiento.
  - c) La «performance» en su deporte.
- La duración de la prueba es un hecho muy

importante en la valoración de los datos recogidos. Después de consultar a diversos autores ASTRAND, KEMPER y nuestra experiencia, los criterios que adoptamos son los siguientes:

a) La frecuencia cardíaca debe alcanzar los 180-190 p/m. La cifra máxima de frecuencia cardíaca podemos obtenerla teóricamente de restar a 220 la edad de la persona, al objeto de aplicar criterios variables según la edad del deportista y evitar el riesgo de exigir una alta frecuencia a una persona que por su edad le es limitada. Así, si tiene 25 años  $(220 - 25) = 195$  y si tiene 40 años  $(220 - 40) = 180$  pulsaciones de límite máximo. Con esta frecuencia cardíaca alcanzada durante la prueba aseguramos que sea maximal.

b) El  $VO_2$  alcanzado debe ser maximal. Esto es fácil de determinar por cuanto registramos cada minuto todos los valores del ergo-analizador y nos damos cuenta en las anotaciones que los datos obtenidos van aumentando a medida que aumentamos la carga de trabajo, hasta que llega un momento que el  $VO_2$  se mantiene e incluso desciende (se inicia un trabajo anaeróbico).

c) El cociente respiratorio debe ser igual o superior a 1,15 lo que es signo evidente que finaliza el trabajo aeróbico y se está iniciando un trabajo a expensas del metabolismo anaeróbico.

En los atletas entrenados, con buena condición física de base, la prueba de esfuerzo suele tener una duración de unos doce minutos para alcanzar el  $VO_2$  máx. y al interrumpirla recogemos los datos en el periodo de recuperación durante 3 minutos valorando especialmente la frecuencia cardíaca y su recuperación, la presión arterial, el  $VO_2$  y el cociente respiratorio para comprobar la deuda de  $O_2$  que se ha creado y la gran eliminación de  $CO_2$  registrándose normalmente valores de 1,30.

A los datos suministrados por el ergo analizador incorporamos los referidos al peso del atleta: el consumo de  $O_2$  por kilo de peso.  $VO_2$ /kg. mn. y la capacidad física de trabajo P.W.C.

Según ASTRAND el  $VO_2$  máx. es el dato más importante en la valoración de la capacidad de trabajo pero creemos que además debemos relacionarlo con el peso del atleta. Captación de  $O_2$  por kilo de peso, lo cual nos dará un índice de cualificación. No puede ser igual captar 4 litros de  $O_2$  con 80 kilos de peso, que captarlos con 60 kilos de peso. La capacidad de trabajo de este último puede ser superior, de acuerdo con su índice más alto.

Según ASTRAND la valoración de este índice es la siguiente (fig. 5) referido a hombres y mujeres.

VALORACION DE ASTRAND POR  $VO_2$  MAX/KG./Mn.

| ♂       | CALIFICACION  | ♀       |
|---------|---------------|---------|
| < 30'   | DEFICIENTE    | < 21    |
| 30 a 44 | FLOJO         | 21 a 31 |
| 45 a 51 | MEDIANO       | 32 a 36 |
| 52 a 57 | BUENO         | 37 a 41 |
| 58 a 69 | MUY BUENO     | 42 a 49 |
| > de 70 | INTERNACIONAL | > de 50 |

Extrapolación a 195 F. C. para determinar  $VO_2$  Max.

Fig. 5

La P.W.C. — Capacidad física de trabajo. Viene expresada en vatios/kg. de peso. La escuela alemana de Mellerowitz ha trabajado mucho sobre el mismo y se refiere a los vatios que puede alcanzar un atleta sobre una frecuencia cardíaca de 170 pulsaciones/mn. (fig. 6). Para

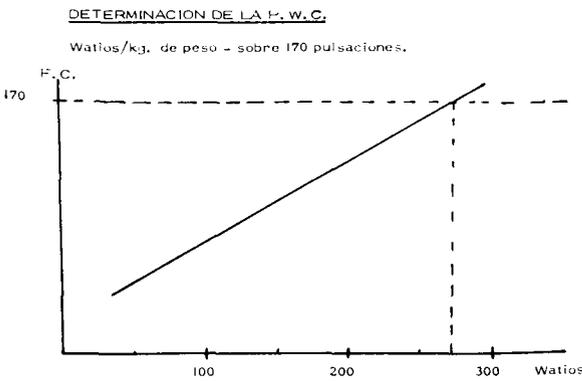


Fig. 6

la población normal suele ser un dato bueno para determinar la capacidad física, pero para los atletas muy entrenados creemos que la P.W.C. ha sido superada por los otros parámetros relacionados con el  $VO_2$ .

Su valoración queda reflejada en la figura 7 tanto para hombres como para mujeres y jóvenes, habiendo sido confeccionada dicha tabla de valoración por los resultados de los trabajos del C.I.M.D. a cargo de BESTIT, CASTELLO, ESTRUCH y GALILEA.

El pulso de  $O_2$ . —  $VO_2$ /frecuencia cardíaca. Dato muy utilizado en fisiología del esfuerzo

VALORACION DE LA P. W. C.

| ♂         | CALIFICACION | ♀         |
|-----------|--------------|-----------|
| < 3       | DEFICIENTE   | < 2       |
| 3 a 3,3   | MEDIANO      | 2 a 2,3   |
| 3,4 a 3,6 | BUENO        | 2,4 a 2,6 |
| 3,7 a 4   | MUY BUENO    | 2,7 a 3   |
| > 4       | EXCELENTE    | > 3       |

Fig. 7

deportivo especialmente por la escuela alemana de REINDEL, tiene también su importancia ya que es la expresión de la captación de  $O_2$  por sístole. Alrededor de 20 ml. para los hombres y 15 para las mujeres indican una buena condición física aeróbica. Por los resultados obtenidos y la calificación de los atletas nosotros CASTELLO, GALILEA, ESTRUCH, hemos confeccionado la siguiente tabla de cualificación (figura 8).

VALORACION DEL PULSO DE  $O_2$ ,  $\frac{VO_2}{F.C.}$

| ♂          | CALIFICACION  | ♀     |
|------------|---------------|-------|
| < de 16    | DEFICIENTE    | < 10  |
| de 16 a 17 | FLOJO         | 10-11 |
| de 18 a 19 | MEDIANO       | 12-13 |
| de 20 a 21 | BUENO         | 14-15 |
| de 22 a 24 | MUY BUENO     | 16-18 |
| > de 24    | INTERNACIONAL | > 18  |

Fig. 8

Los vatios por sístole. — Wattios/F.C. Dato que nos proporciona indirectamente nuestro ergo analizador, también refleja una capacidad de trabajo a cargo del corazón más o menos entrenado. Corrientemente los valores oscilan alrededor de 1, valores inferiores son deficien-

tes, entre 1 y 2 expresan muy buena condición física y por encima de 2 la calificación da excelente. No ha sido estudiado y aplicado suficientemente en el esfuerzo deportivo y creemos que convendría hacerlo.

*Examen de los resultados obtenidos.* — De las 255 fichas ergo-gasométricas, hemos recogido para su estudio y análisis los datos referentes a  $VO_2$  máx./kg./mn.,  $VO_2$  máx. pulso de  $O_2$  ( $VO_2/Fe$ ) y la P.W.C. figurando en primer lugar el  $VO$  máx./kg./mn. porque para nosotros, CASTELLO, ESTRUCH, SERRA-GRIMA y VENTURA, es el índice más importante para cualificar la capacidad de trabajo aeróbico de un atleta y esto es lo que queremos analizar por si se confirma, en el planteamiento general del presente trabajo. Según el mejor valor de este índice hemos hecho la calificación de los deportes estudiados. En cada deporte figura también el número de atletas motivo de control médico con examen ergo-gasométrico. La figura 9 es la tabla de resultados en la que quedan

| Nº | DEPORTE             | $VO_2$ mx/kg. | $VO_2$ mx | $VO_2/Fe$ | PWC | Calificación |
|----|---------------------|---------------|-----------|-----------|-----|--------------|
| 12 | ATLETISMO-FONDO     | 68            | 4,2       | 22        | 4,0 | 1            |
| 6  | CICLISMO            | 66            | 4,5       | 25        | 4,2 | 2            |
| 15 | TENIS               | 61            | 4,0       | 20        | 3,5 | 3            |
| 4  | REMO                | 60            | 4,2       | 21        | 3,6 | 4            |
| 12 | ESQUI DE FONDO      | 59            | 4,2       | 23        | 3,8 | 5            |
| 25 | WATER-POLO          | 58            | 4,5       | 23        | 3,3 | 6            |
| 12 | NATAACION           | 57            | 4,2       | 22        | 3,2 | 7            |
| 26 | BALONCESTO          | 56            | 4,7       | 24        | 3,0 | 8            |
| 12 | ATLETISMO-Velocidad | 55            | 3,8       | 20        | 3,2 | 9            |
| 22 | VELA                | 54            | 4,0       | 21        | 3,1 | 10           |
| 20 | HOCKEY HIELO        | 53            | 3,9       | 20        | 3,2 | 11           |
| 25 | PROF. ED. FISICA    | 52            | 3,7       | 19        | 3,1 | 12           |
| 3  | PELOTA VASCA        | 52            | 3,6       | 18        | 2,7 | 13           |
| 6  | MOTORISMO           | 52            | 3,4       | 19        | 3,2 | 14           |
| 11 | JUDO                | 52            | 4,4       | 22        | 3,2 | 15           |
| 6  | AUTOMOVILISMO       | 50            | 3,3       | 19        | 3,1 | 16           |
| 15 | RUGBY               | 48            | 3,3       | 20        | 3,0 | 17           |
| 16 | ALPINISMO           | 48            | 3,3       | 18        | 3,2 | 18           |
| 7  | ATLETISM, Lanzam.   | 44            | 3,8       | 20        | 2,7 | 19           |

Fig. 9. — Tabla de 19 deportes con un total de 255 atletas con los resultados, promedios y con una calificación según el  $VO_2$  máx./kg./mn.

reflejados todos los datos arriba mencionados (figura 9).

En la figura 10, que es un complemento de la anterior tabla, puede verse de forma gráfica el paralelismo entre el  $VO_2$  máx. y el  $VO_2$  máx./

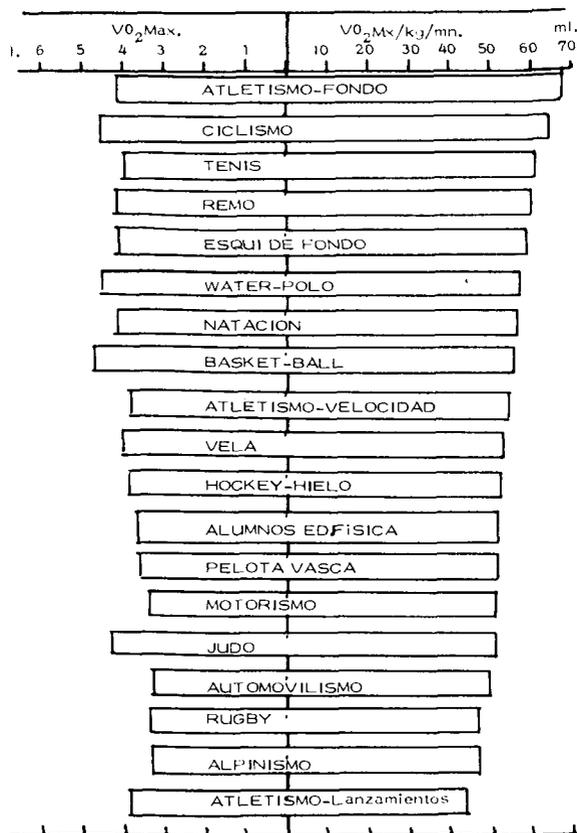


Fig. 10. — Gráfico de los mismos deportes, que relaciona el  $VO_2$  máx./kg./mn. y el  $VO_2$  máx.

kg./mn. partiendo del mismo criterio de mejor valoración para el consumo de  $O_2$  referido al peso del atleta.

De los 19 deportes estudiados, comprobamos que en la parte superior de los gráficos, figuran los llamados deportes de fondo, en los que predomina el trabajo aeróbico, atletismo de fondo con 12 atletas con un promedio de 68 ml./kg./mn., ciclismo, remo, esquí de fondo natación y basket-ball. Llama la atención la natación, jóvenes de la selección nacional que suelen entrenar de 4 a 6 horas diarias; el basket-ball, que aunque se trata de un deporte de asociación, los examinados corresponden a la selección nacional (jugadores que entrenan de 3 a 4 horas diarias). Llama la atención el tenis, cuyos 15 jugadores, jóvenes promesas de la Escuela

Nacional de Tenis, que estaban sometidos también a un intenso trabajo de 3 a 4 horas diarias de entrenamiento. El waterpolo, con 25 jugadores entre los cuales estaba la selección nacional senior y junior sometido a un intenso trabajo de 2 a 3 horas diarias de entrenamiento. En el centro del cuadro figuran los deportes que no precisan en su rendimiento una gran capacidad aeróbica pero que su entrenamiento actual va dirigido a mejorar una condición física global: el atletismo velocidad con 12 atletas con un promedio de 55 ml./kg./mn.; los 22 regatadores de la Escuela Nacional de Vela, deporte muy técnico pero que cada día exige de una mejor preparación aeróbica si se quiere participar en las competiciones internacionales (dos horas diarias de entrenamiento aeróbico). El hockey hielo, nueva experiencia en nuestro país, que recoge atletas de otras especialidades con una condición física teóricamente buena como punto de partida (sujetos morfológicamente muy bien dotados para su deporte) que representan a la selección nacional y son entrenados durante 3 meses a base de 3 horas diarias de trabajo orgánico y técnico.

Los alumnos del I.N.E.F. de Barcelona que para nosotros representan el nivel medio de preparación orgánica del joven atleta que practica deporte durante unas horas a la semana, que no es de élite deportiva, y que a nuestro modo debería ser el nivel de acondicionamiento aeróbico deseable para nuestra población deportiva en general. Los 3,7 litros de  $VO_2$  máx. y los 55 ml./kg./mn. es lo que un joven que practica cualquier deporte debería poseer como respuesta fisiológica a su trabajo deportivo.

En la parte final de la tabla figuran los deportes cuyos atletas tienen un regular o flojo acondicionamiento aeróbico, automovilismo, alpinismo, rugby (se trataba de un equipo joven que entrenaba irregularmente y sólo 3 horas por semana). Y al final de la tabla, atletismo-lanzamiento, que a pesar de captar 3,8 litros de  $O_2$ , por tratarse de individuos que superan los 90 kgs., su índice ha de ser bajo forzosamente. El trabajo específico de estos atletas es fundamentalmente anaeróbico, pero consideramos que deberían tener un mejor acondicionamiento aeróbico. Y efectivamente la calidad atlética de estos lanzadores, aun destacando en las «performances» de nuestro país, no pueden compararse con las conseguidas a nivel europeo y menos internacional.

Existe bastante relación lineal entre los valores de  $VO_2$  máx./kg./mn. y los referentes a  $VO_2$  máx. de forma que se corresponden perfectamente, excepto en aquellos deportes en que hay un predominio importante del peso. A ma-

yor posibilidad de captación de  $O_2$  y por lo tanto mayor  $VO_2$  máx. posible. De ello es expresión el baloncesto, con jugadores de más de 100 kgs.; el waterpolo, con jugadores de 90 kgs.; el judo, con atletas de más de 80 kgs. y en los lanzadores con atletas de más de 90 kgs.

El análisis del  $VO_2$  máx. en estos 19 deportes queda también bien definido: Deportes de fondo o «endurance» con un máximo de 4,5 l/mn. de promedio. Deportes de asociación con un promedio también de 4,0 l/m. Deportes de velocidad con promedio de 3,8 l/mn. Los valores promedios exigibles para un buen acondicionamiento aeróbico en cualquier deportista, aunque no sea de élite, debe ser de 3,7 l/mn. de acuerdo con los resultados obtenidos por nosotros. Por debajo de estas cifras y considerando nuestra morfología, constitución y desarrollo deportivo, hemos de aceptarlo como un deficiente nivel de preparación aeróbica.

Tanto el pulso de  $O_2$  como la P.W.C. son bastante paralelos a los índices expresados por el  $VO_2$ . Los fondistas con un pulso de  $O_2$  de 25 ml., los velocistas con 20, los deportes de equipo con 20-24 y los atletas de nivel medio (alumnos I.N.E.F.) con 20. La P.W.C. es alta, mayor de 4 en los deportes de fondo, 3,2 en los deportes de asociación y por debajo de 3 en los mal preparados.

No obstante y por el análisis de los datos recogidos la P.W.C. no puede ser un dato de valor decisivo en la calificación del atleta de la forma en que se entrena hoy día en los atletas de élite de todas las especialidades deportivas, ya sea en deportes de gran trabajo aeróbico, ya sea en deportes de más exigencia técnica o con predominio de la velocidad o de la fuerza. Seguramente puede tener un valor relativo al comparar las modificaciones que se van produciendo en el propio atleta en el curso de la temporada deportiva. Entre nosotros BESTIT ha analizado la relación P.W.C. y condición física general y ha llegado a conclusiones similares. al aplicarlo a atletas de gran rendimiento deportivo. En cambio como índice de capacidad física de trabajo referido a una población general, puede ser un buen dato a tener en cuenta.

## CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRACTICAS

1.º La valoración de la capacidad física de trabajo depende fundamentalmente de la posibilidad de captación de  $O_2$  y en la aplicación de las pruebas de esfuerzo debe obtenerse el  $VO_2$ , mejor por procedimientos directos, o en

su defecto por métodos indirectos (nomogramas).

2.º La carga de trabajo es suficiente obtenerla a través de un cicloergómetro, procurando que la prueba de esfuerzo sea progresiva con períodos de 3 minutos de carga, con aumento de 50 en 50 vatios hasta alcanzar una frecuencia cardíaca maximal (180 - 190).

3.º La relación  $VO_2/kg./mn.$  es un buen índice de valoración como expresión del trabajo aeróbico realizado. Está en relación con la edad, el sexo y el grado de entrenamiento aeróbico del deportista. Un atleta de categoría nacional debe dar un índice de 60 ml./kg./mn. y para clase internacional es exigible un índice superior a 70.

4.º En el curso de la prueba de esfuerzo y cada 3 minutos deben controlarse las modificaciones de la presión arterial sistólica y diastólica para obtener un buen conocimiento de todas las variaciones cardiocirculatorias.

5.º La duración de la prueba de esfuerzo debe perseguir el obtener un  $VO_2$  máx. el cual vendrá motivado por haber alcanzado una elevada frecuencia cardíaca (180 - 190), un progresivo aumento del  $VO_2$  en cada carga de trabajo aplicado (algunas veces incluso desciende el  $VO_2$ ), y por registrar un cociente respiratorio superior a 1. debiéndose exigir que sea de 1,15.

6.º El pulso de  $O_2$  superior a 20 es expresión de una buena capacidad aeróbica de trabajo y debe recogerse en el momento de la valoración del atleta, llegando algunos especialistas a obtener índices superiores a 24.

7.º Las especialidades deportivas en las que predomina el trabajo aeróbico exigen que sus atletas posean un gran nivel de captación de  $O_2$  (superior a 4 litros).

En las otras especialidades de deportes de asociación, de predominio de la velocidad, de la fuerza o de técnica, aunque no es necesario la exigencia de un nivel tan alto, el entrenamiento genérico debe perseguir alcanzar un alto grado de preparación aeróbica.

8.º Es fundamental que en todo trabajo de entrenamiento deportivo, de cualquier tipo de deporte y desde que se inician en el mismo —especialmente en los jóvenes— se incluya un gran componente de preparación aeróbica fácilmente asimilable para un hombre sano. Lo primero que hay que alcanzar en un atleta, de la especialidad que sea, es que posea un alto nivel de captación de  $O_2$ . Las otras cualidades deportivas, velocidad, potencia, destreza, etc., también los podrá ir desarrollando progresivamente, aunque algunas de ellas vienen determinadas por la información genética recibida y aunque perfeccionables precisan de un buen componente constitucional.

9.º Por la vigilancia y control periódico de atletas de élite efectuado en nuestro C.I.M.D. del I.N.E.F. de Barcelona el resultado de la prueba de esfuerzo realizado con ciclo-ergómetro y analizador de gases es fundamental y pone de manifiesto que las grandes «performances» se obtienen siempre cuando el atleta dispone de un elevado grado de captación de  $O_2$  —que es lo mismo que decir que posee una gran capacidad de trabajo aeróbico. Sin embargo dentro de la élite deportiva y en la obtención de grandes resultados a nivel individual especialmente, existan otros factores deportivos y extra-deportivos, motivaciones, preparación psicológica, etc., que pueden influir modificando la posibilidad de alcanzar una «performance» para la cual estaba preparado.