

CONSUMO DE OXIGENO Y ESFUERZO FISICO

M. C. PEDRO CHANTELL C. *

INTRODUCCIÓN

El consumo máximo de oxígeno es un parámetro útil para conocer la capacidad funcional del sujeto; sin embargo, los procedimientos para medirlo son poco conocidos y en ocasiones difíciles y costosos.

Hemos escogido para esta comunicación el método indirecto porque es de fácil aplicación, no requiere aparatos costosos, ni entrenamiento particular o gran pericia por parte del examinado; además, esta exploración no conduce a su agotamiento, puede ser repetida al poco tiempo y el dato obtenido es aceptable, pues al repetir la prueba varias veces en pocas horas, los resultados varían entre sí $\pm 3\%$; la repetición de la exploración durante días arroja valores más o menos uniformes.

Por lo anterior nos proponemos difundir el método.

Antecedentes

Dentro de los primeros intentos por encontrar un procedimiento ideal para evaluar la capacidad funcional del sujeto en esfuerzo, encontramos los estudios publicados por el alemán Christensen en la revista "Arbeit Physiology", donde describe los costos energéticos de algunas actividades físicas. Margaria, en 1903, realizó estudios sobre el costo energético en las cargas de trabajo y dos años después publicó en el "Journal of Applied Physiology" el método para la determinación indirecta del consumo máximo de oxígeno en el hombre, y el normograma de interpretación rápida.

* Candidato a la especialidad de Medicina del Deporte.

En 1933, Margaria y Edwards describieron el posible mecanismo para "contraer y pagar" la deuda de oxígeno durante la actividad física. En 1957, Fowly y Blackburn calcularon la tasa basal de consumo de oxígeno por métodos de circuito abierto y cerrado.

Algunos autores han introducido modificaciones a su método, pero prácticamente permanece igual.

Estado actual del problema

La falta de actividad física es uno de los posibles factores que contribuyen a aumentar la morbilidad y mortalidad en los países en vías de desarrollo; las comisiones médicas mencionan como factor de riesgo la vida sedentaria, y deducen que el ejercicio regular, sobre todo el de resistencia y duración, mantiene la salud y previene enfermedades cardiovasculares y musculoesqueléticas.

El diseño de un programa preventivo de actividad física de nuestra población debe tender a prolongar la vida de las personas sin producir enfermedad y a conservar esta cualidad durante toda la vida. Individuos y autoridades deben interesarse en el empleo de recursos, tiempo y esfuerzo en actividades que mejoren el desempeño humano total durante la vida.

De acuerdo con los conocimientos actuales un ejercicio de intensidad baja no beneficia al individuo, uno de gran intensidad puede, en algunos de ellos, poner en peligro su vida, por lo tanto, para obtener los beneficios que otorga la actividad física es preciso evaluar la capacidad funcional, teniendo como piedra angular el consumo indirecto de oxígeno, que nos informa sobre la deuda máxima de oxígeno aláctico que

se puede contraer durante trabajo prolongado y la funcionalidad cardiocirculatoria durante el esfuerzo en cuanto al factor que limita la intensidad de las reacciones de combustión a nivel muscular representado por la capacidad de tal aparato para transportar oxígeno de los pulmones hacia los músculos en actividad.

Es útil conocer además los informes de las sociedades médicas internacionales que muestran los mecanismos de beneficio que la actividad física tiene, pues permite vida de mayor productividad, a la que se le agregan placeres y beneficios que pueden tener gran significado personal y social.

Las ventajas de la actividad física en la salud son las siguientes:

Disminuye:

- a) los niveles de grasa en la sangre,
- b) la intolerancia a la glucosa (menor propensión a la diabetes),
- c) triglicéridos y colesterol,
- d) obesidad,
- e) presión arterial,
- f) frecuencia cardíaca,
- g) posibilidad de enfermedades coronarias,
- h) la vulnerabilidad a dichas enfermedades,
- i) tensión y fatiga emocional.

Aumenta:

- a) la vascularización colateral coronaria,
- b) eficiencia del corazón,
- c) tamaño de vasos,
- d) eficiencia de la distribución de la sangre en el cuerpo,
- e) volumen sanguíneo circulante,
- f) contenido arterial de oxígeno,
- g) funcionamiento hormonal,
- h) tolerancia a la fatiga emocional.

MÉTODO PARA MEDIR EL CONSUMO DE O₂

Paso 1

Se obtendrán dos registros cardíacos correspondientes a dos actividades físicas de frecuencia diferente: un primer ejercicio con frecuencia de 40 × 15 ciclos por minuto y un segundo ejercicio de 40 × 25 ciclos por minuto, subiendo y bajando un banco

de 40 cm en los adultos y de 30 cm de altura para niños y ancianos con 27 y 15 ciclos por minuto o en adultos menores de 1.40 m de estatura.

Paso 2

Se procede a conocer la cantidad de 10 ondas cardíacas que se registraron en n cm lineales del papel electrocardiográfico; esto se hace con una regla de escala N.

Como se efectuaron dos ejercicios de frecuencia cardíaca diferente se tendrán también dos resultados que corresponden a las mediciones de los 25 y 15 ciclos respectivamente.

Paso 3

Conociendo la longitud en cm que abarcan las 10 ondas cardíacas de cada registro, y sabiendo que el papel del electrocardiógrafo recorre 150 m por minuto, dividiremos esta cifra entre la longitud que abarca los trazos y obtendremos la frecuencia cardíaca en cada uno de los ejercicios (f₁ y f₂).

Longitud primer trazo 10.2 cm

Longitud segundo trazo 8.6 cm

$$\text{por lo tanto } \frac{150}{10.2} = 147 \text{ y } \frac{150}{8.6} = 174.$$

Obteniéndose 147 latidos por minuto para f₁ y 174 latidos por minuto para f₂.

Paso 4

Se utiliza el normograma para cálculo del máximo consumo de oxígeno (Fig. 1). Basta con hacer que correspondan los resultados del paso 3, para encontrar el valor respectivo del consumo de oxígeno. Como existen tres líneas diagonales sobre las cuales se puede hacer el diagnóstico, se procederá a usar en los jóvenes hasta de 20 años, la que tiene 200 de frecuencia máxima; en los adultos de 21 a 40 años, la línea con 180 de frecuencia máxima, y por último, se utilizará la diagonal que tiene 100 de frecuencia máxima para los mayores de 40 años.

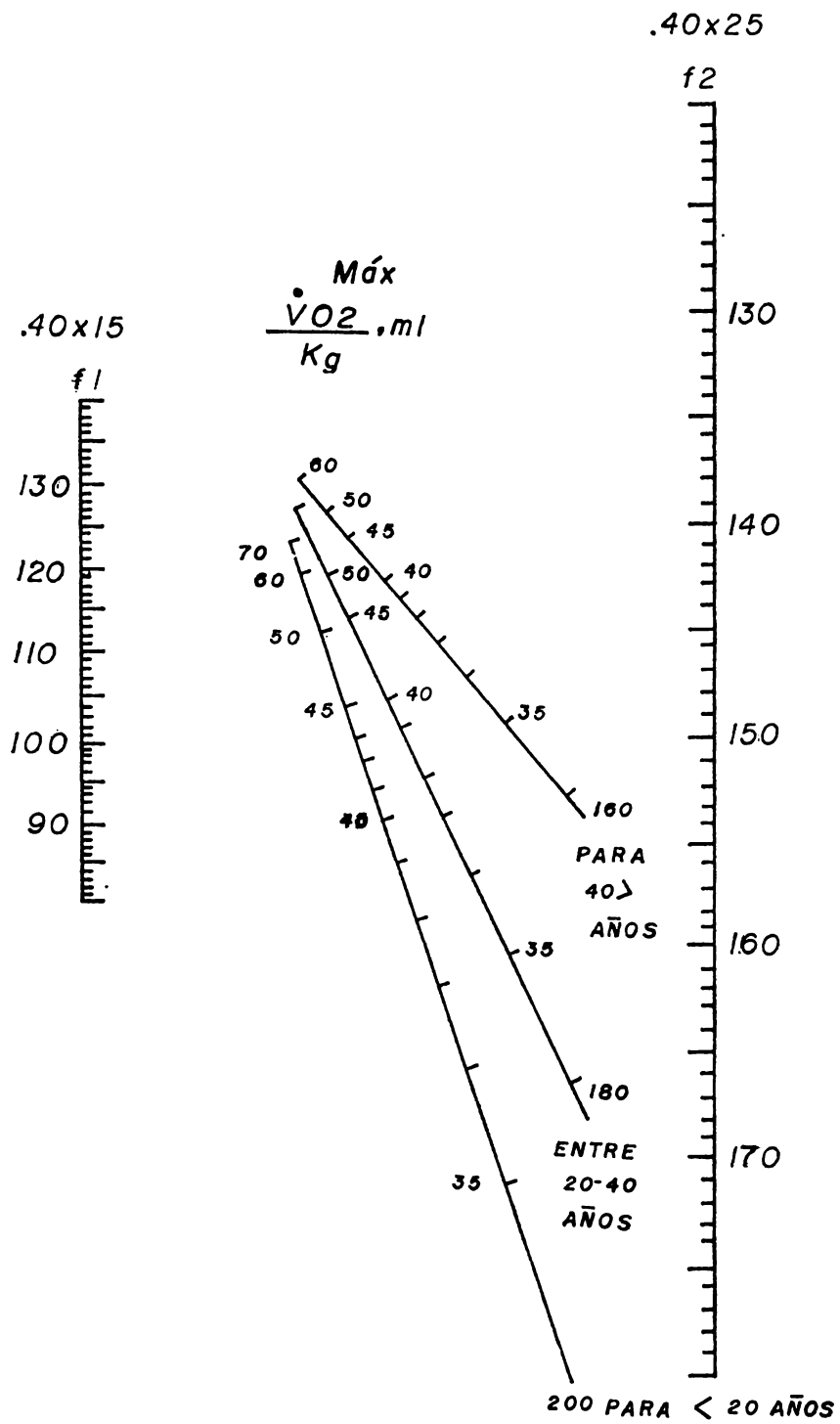


FIG. 1. Normograma para calcular el consumo máximo de oxígeno por kg a partir de la frecuencia cardíaca cuando se sube y baja un banco de 40 cm de altura en ejercicios a diferentes frecuencias ($f1 = 15 \times$ minuto, $f2 = 25 \times$ minuto).

Este resultado se expresa en mililitros por kilogramo de peso por minuto. (ml/kg/min).

Paso 5

Este resultado se multiplica por el peso del sujeto estudiado, expresando el resultado en litros por minuto.

l/min R2.

Paso 6

Se multiplica el R1 (ml/kg/min) por la constante 0.000475. El resultado será una cantidad que comienza siempre con: 0.0. Este resultado será en Hp/kg R3.

Paso 7

Se multiplica el resultado R3 (Hp/kg) por el peso del sujeto y el resultado se da en: Hp R4.

El consumo máximo de oxígeno no difiere sensiblemente entre individuos de diferente sexo hasta la edad de 12-13 años.

Posteriormente, se manifiesta una progresiva diferenciación entre el hombre y la mujer, diferencia que alcanza cerca del 30% a favor del hombre adulto, a causa del mayor desarrollo de sus masas musculares.

El consumo máximo de oxígeno disminuye progresivamente con la edad, a los 80 años se torna igual al de un niño de 10; el consumo máximo de oxígeno alcanza su máximo en el hombre a los 18 años de edad y en la mujer a los 16. Se considera que un consumo máximo de oxígeno superior a los 50 ml/kg/min indica buen nivel de resistencia para hombres jóvenes y por encima de los 40 ml/kg/min para mujeres jóvenes.

VALORES PROMEDIO DEL MÁXIMO CONSUMO DE OXÍGENO

En el sujeto medio 40 ml/kg/min, en el deportista 60 a 65 ml/kg/min, en el deportista de clase internacional 70 a 80 ml/kg/min.

APLICACIÓN DEL MÉTODO DESCRITO

Es un método individual que será de gran utilidad como medio de control en las pruebas de campo que determinan el consumo de oxígeno, además, al ser un examen de actividad física de nivel submaximal y por lo tanto no agotadora, permite la aplicación del método en gran escala, sin que la edad del individuo o presencia de algún proceso patológico pueda constituir una contraindicación de carácter absoluto.

RESUMEN

La dosificación y vigilancia del entrenamiento físico es fundamental para prevenir los riesgos que implique el esfuerzo físico, apoyándose principalmente en el consumo de oxígeno.

Existe un método individual para evaluar dicho consumo en el sujeto; se trata de un procedimiento indirecto, de fácil aplicación, que no requiere aparatos costosos ni entrenamiento particular o gran pericia por parte del examinado.

Es una prueba submáxima de esfuerzo físico, con un error estándar de $\pm 3\%$ si se compara con el método directo; permite diseño de programas preventivos de actividad física y sugiere a las autoridades correspondientes que dediquen recursos, tiempo y esfuerzo en actividades que mejoren el desempeño humano, así como los mecanismos de beneficio de la actividad física a nivel bioquímico, social y psicológico. Describimos el método, los valores promedio de consumo de oxígeno y los niveles de aplicación de la prueba.

SUMMARY

Gradual dosification and close watching in training is basic to prevent the risks that physical effort implies, mainly guided by oxygen consumption. There is an individual method to evaluate such consumption in the subject, an indirect, easy to apply procedure that does not require costly apparatus, nor special training or skill from the part of the examinee. It is a submaximal physical stress test with and standard error of $\pm 3\%$ if compared with the direct me-

thod; it permits the design of physical activity preventive programs and suggest to the corresponding authorities, to dedicate resources, time and effort in activities that can improve human accomplishment as well as the mechanisms to improve physical activity a byochemical, social and psychological level. We describe the method, the average values of oxygen consumption and the levels of applying the test.

BIBLIOGRAFIA

1. ASTRAND, I.: "Aerobic Work Capacity". *Acta Physiol. Scand.* 49: (Suppl. 169), 1960.
2. GETCHELL, BUD.: "Physical Fitness". Muncie, Indiana, USA: 24-28. 1976.
3. MARGARIA, R.: "Indirect determination of maximal O_2 , "Consumption in man". *J. Appl. Physiol.* 20(5): 1070-1073. 1965.
4. RICCI, B.: "Oxygen Debt". *Physiological Basis of Human Performance.* 181-184. 1967.
5. CARVALHO, M.: "Mecanismo Aeróbico". *Fisiologia Esportiva.* 123-126. 1976.
6. CHARLES, R.: "Oxygen Consumption During Exercise". *The Marathon.* 213-220. 1977.
7. BURNS, J.: "Oxygen Consumption during isotonic and isovolumic contractions in the intact heart". *Amer. J. Physiol.* 223: 1491-1497. 1972.