



Consumo de oxígeno

*José Carlos Giraldo T. MD
Esp. Medicina Deportiva
Mg en Fisiología.*

*Carlos Eduardo Nieto
Esp. Medicina Deportiva*

«consumo de oxígeno» ($V\dot{O}_2$)

Parámetro fisiológico que indica la cantidad de oxígeno que se consume o utiliza el organismo por unidad de tiempo.

El oxígeno que consume una persona en situación fisiológica de reposo absoluto = *metabolismo basal* = 3,5 ml de oxígeno /kg/min

= 1 MET o unidad metabólica

Consumo de oxígeno

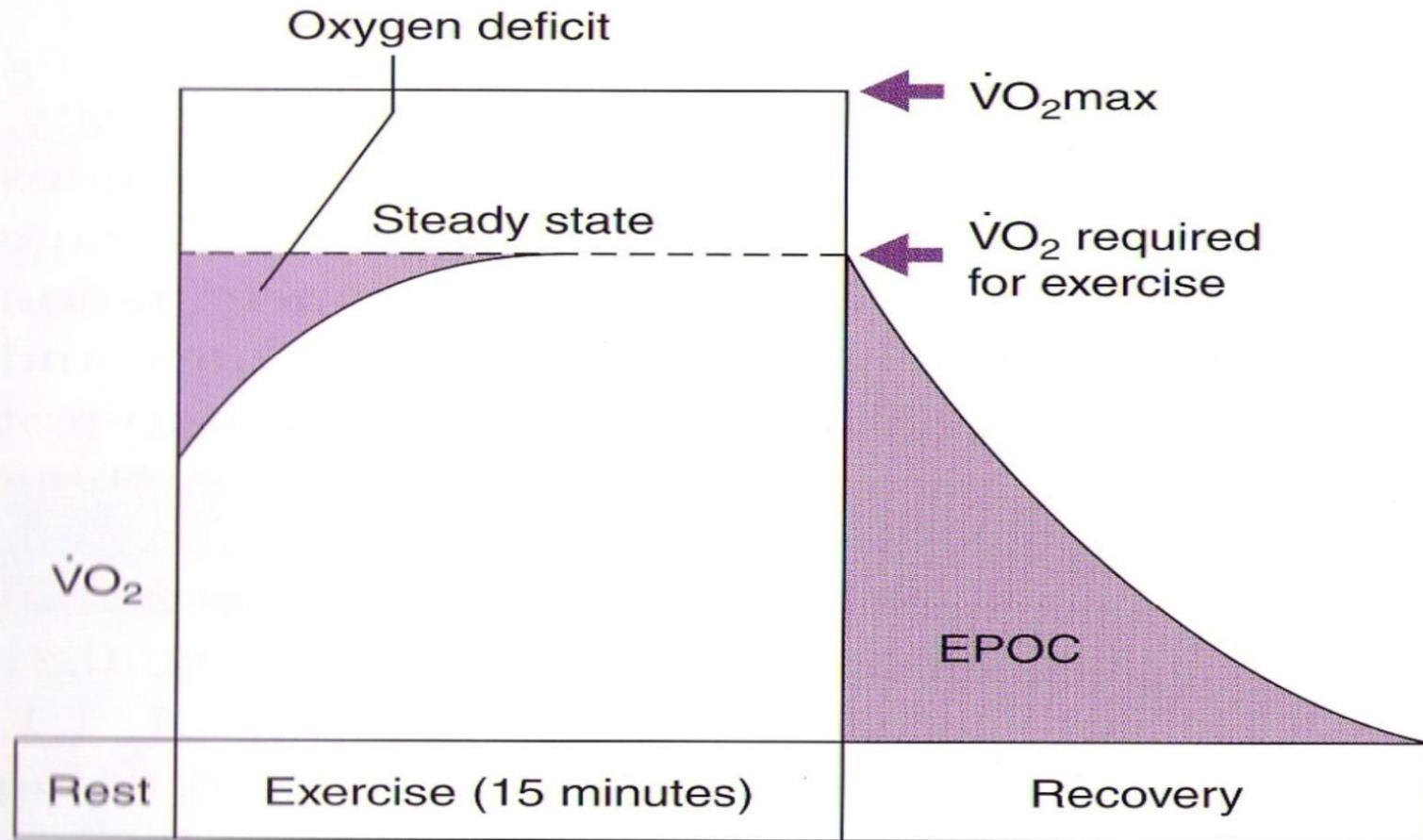


Figure 2.8 Low-intensity, steady-state exercise metabolism: 75% of maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$). EPOC = excess postexercise oxygen consumption; $\dot{V}O_2$ = oxygen uptake.

Ecuación de Fick

- Expresa los componentes del sistema de absorción y transporte de oxígeno

$$VO_2 = Q \times D (a-v) O_2$$

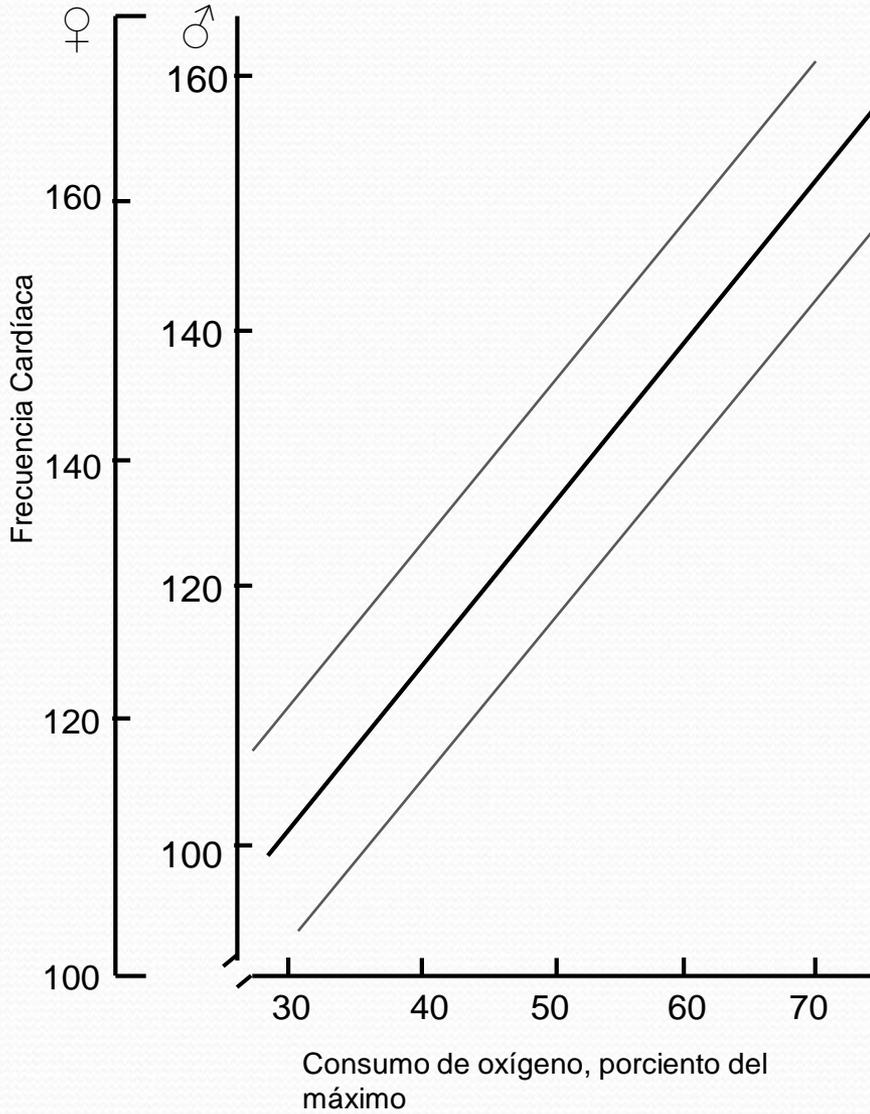
Q: Gasto cardiaco

D (a-v) O₂: diferencia arteriovenosa de oxígeno

Relación FC Máxima y VO₂ Máximo

Fick

$$VO_2 = \underbrace{GC}_{FC \times VL} \times \text{dif. a-v de } O_2$$



$\dot{V}O_2$ en ejercicio incremental

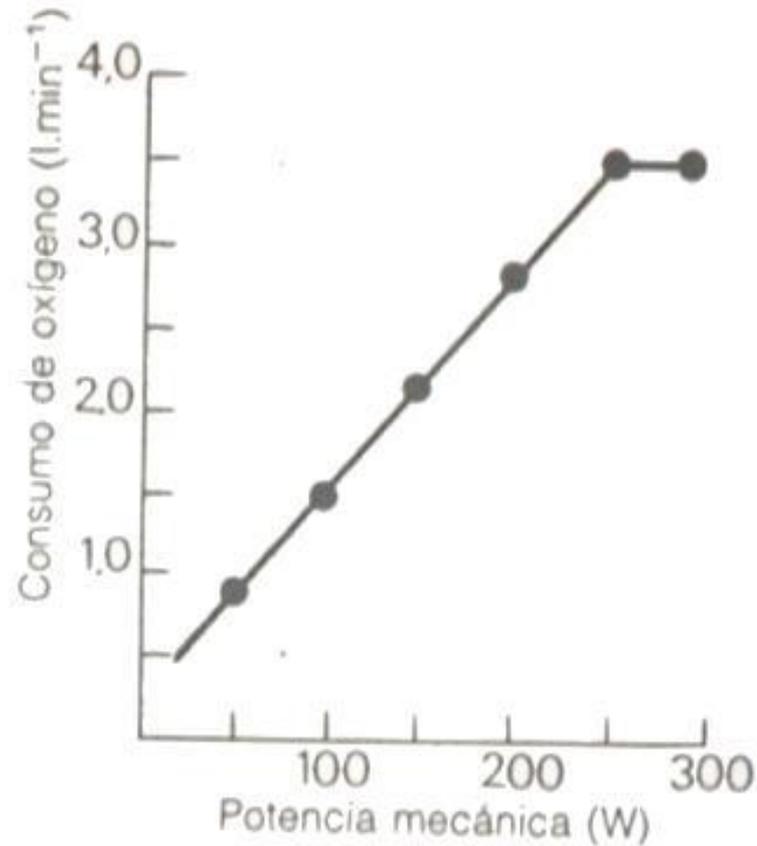


FIG. 10. — Consumo de oxígeno y potencia del ejercicio.

Los intercambios de oxígeno llegan a su techo a partir de 250 W. El inicio de la meseta de $\dot{V}O_2$ corresponde a la potencia máxima aeróbica.

Factores implicados en la pérdida de proporcionalidad entre $\dot{V}O_2$ observado y el esperado (Zoladz, 2001):

- Aumento de ventilación pulmonar
- Acumulación de lactato e hidrogeniones
- Aumento de catecolaminas plasmáticas
- Aumento de temperatura muscular
- Reclutamiento de fibras tipo II

$\dot{V}O_2$ en ejercicio de carga constante

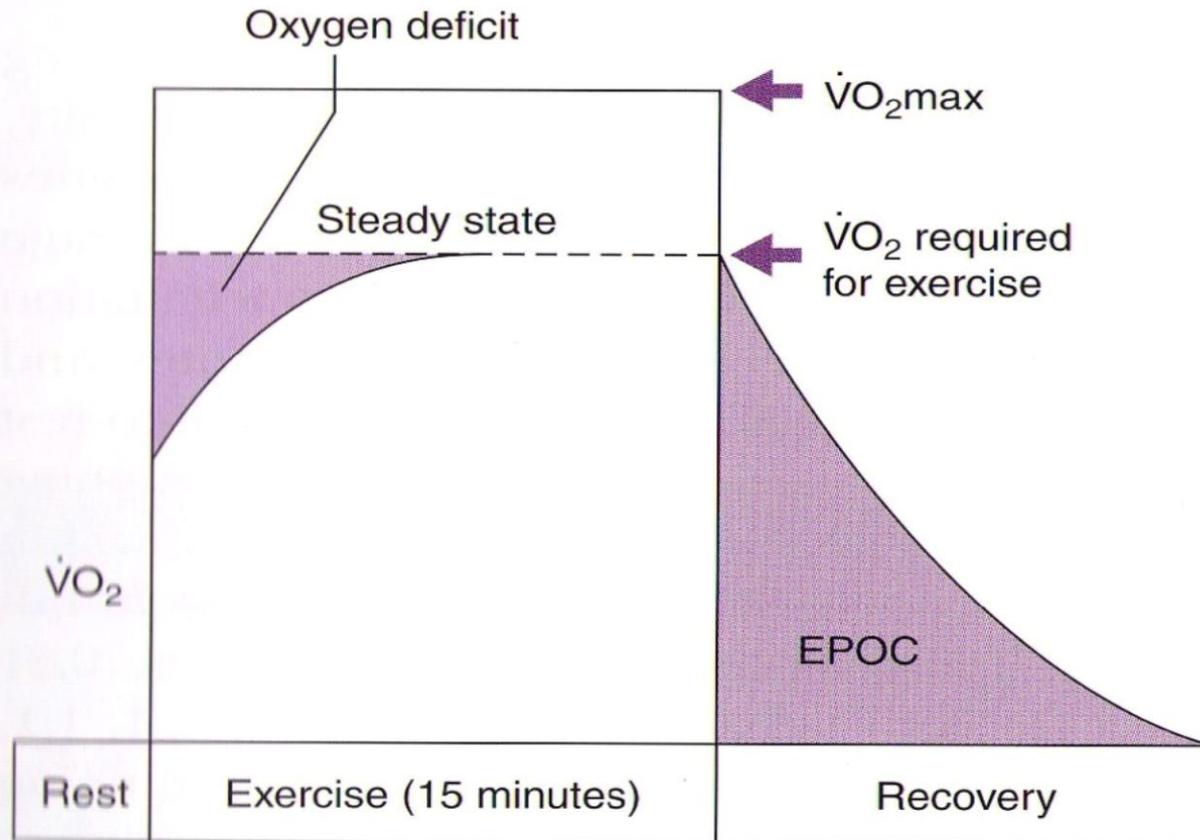


Figure 2.8 Low-intensity, steady-state exercise metabolism: 75% of maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$). EPOC = excess postexercise oxygen consumption; $\dot{V}O_2$ = oxygen uptake.

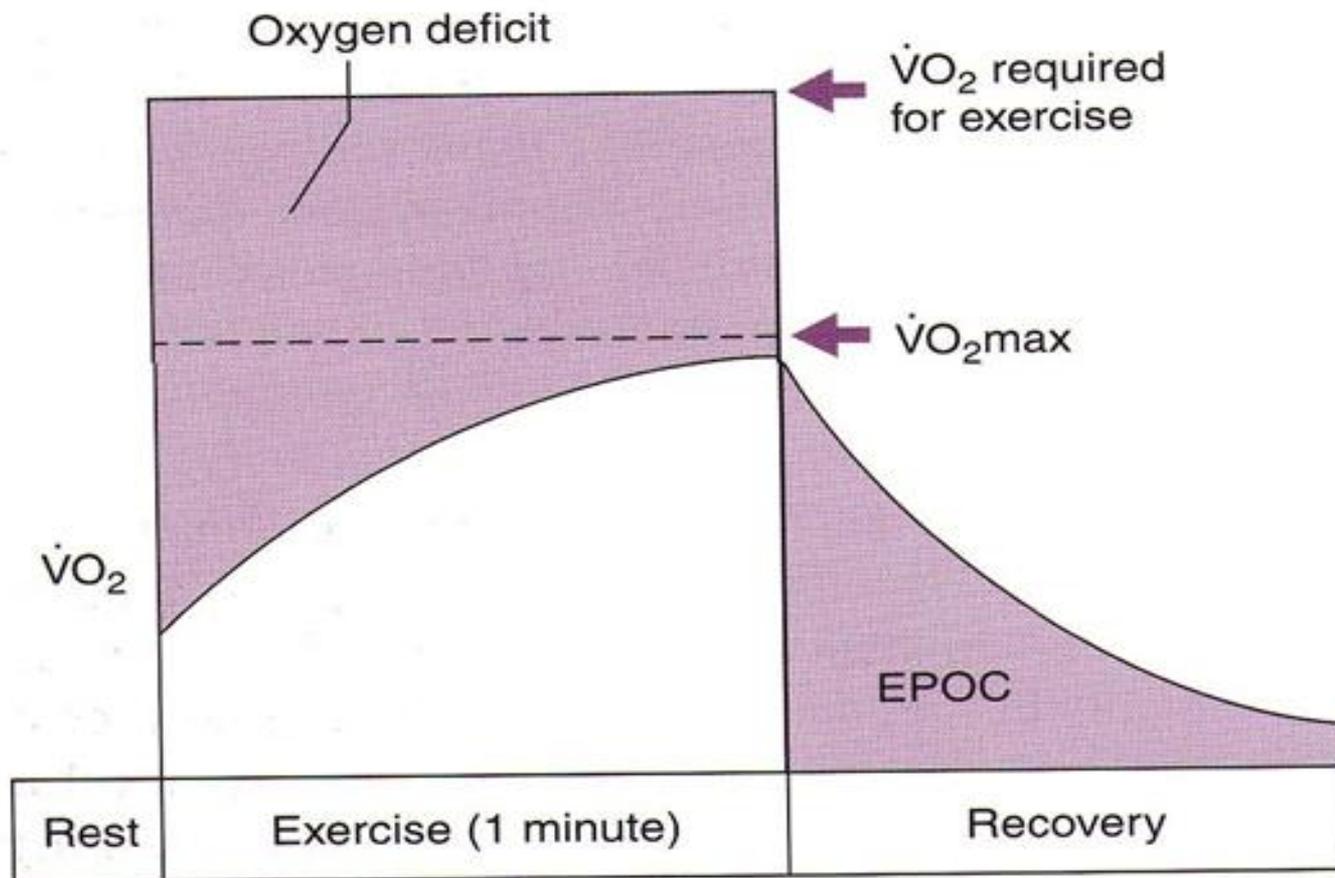


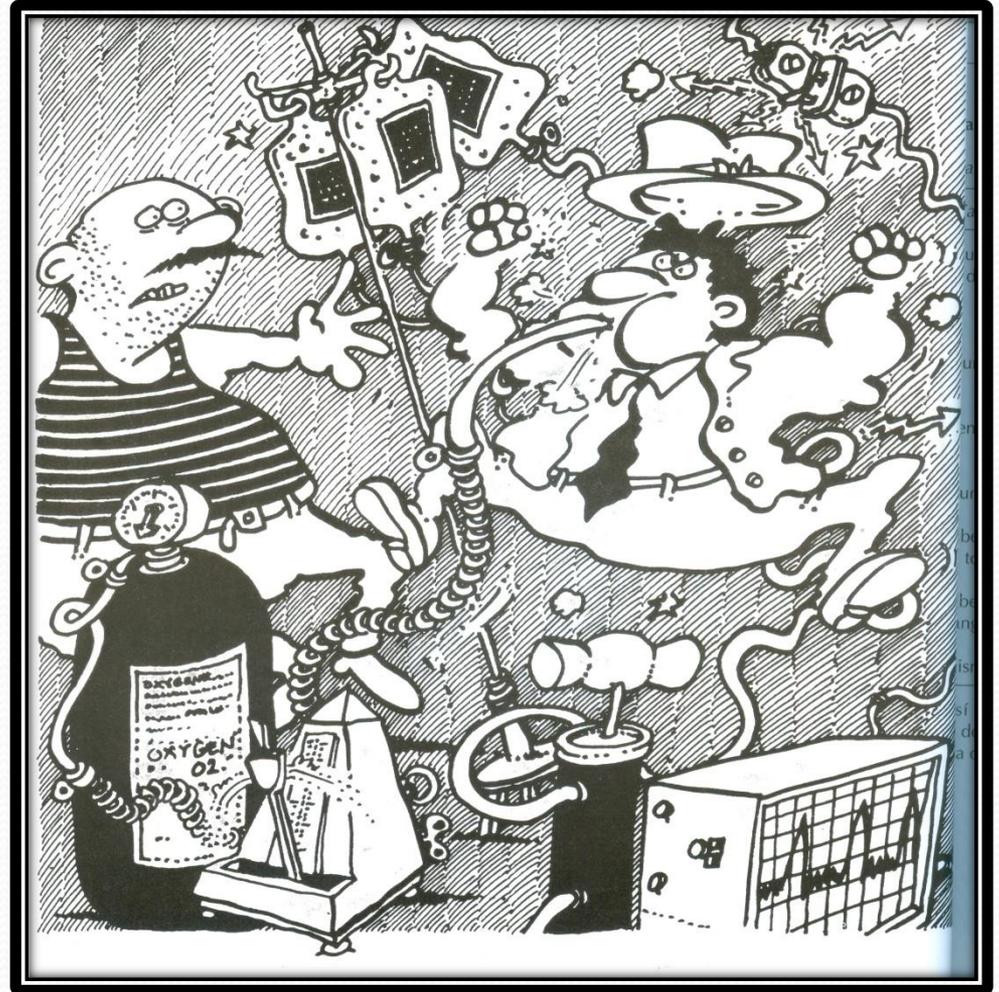
Figure 2.9 High-intensity, non-steady-state exercise metabolism (80% of maximum power output). The required $\dot{V}O_2$ here is the oxygen uptake that would be required to sustain the exercise if such an uptake were possible to attain. Because it is not, the oxygen deficit lasts for the duration of the exercise. EPOC = excess postexercise oxygen consumption; $\dot{V}O_2$ max = maximal oxygen uptake.

Consumo máximo de oxígeno

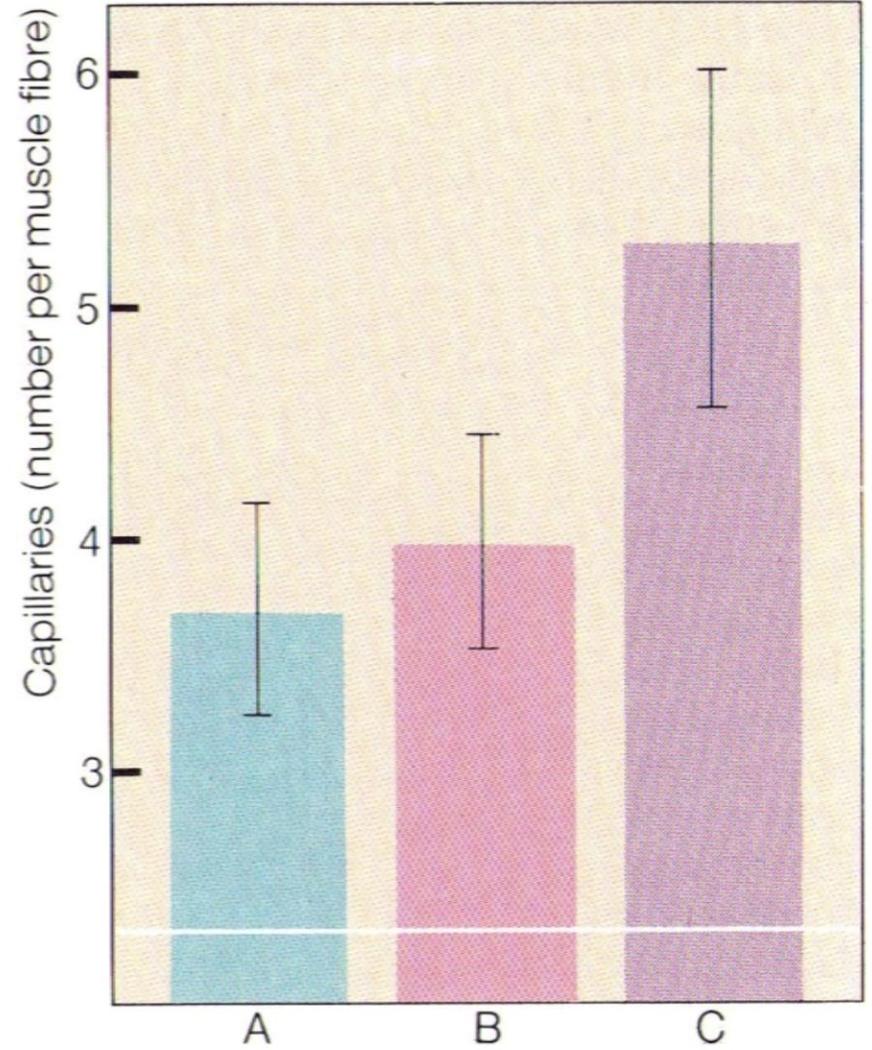
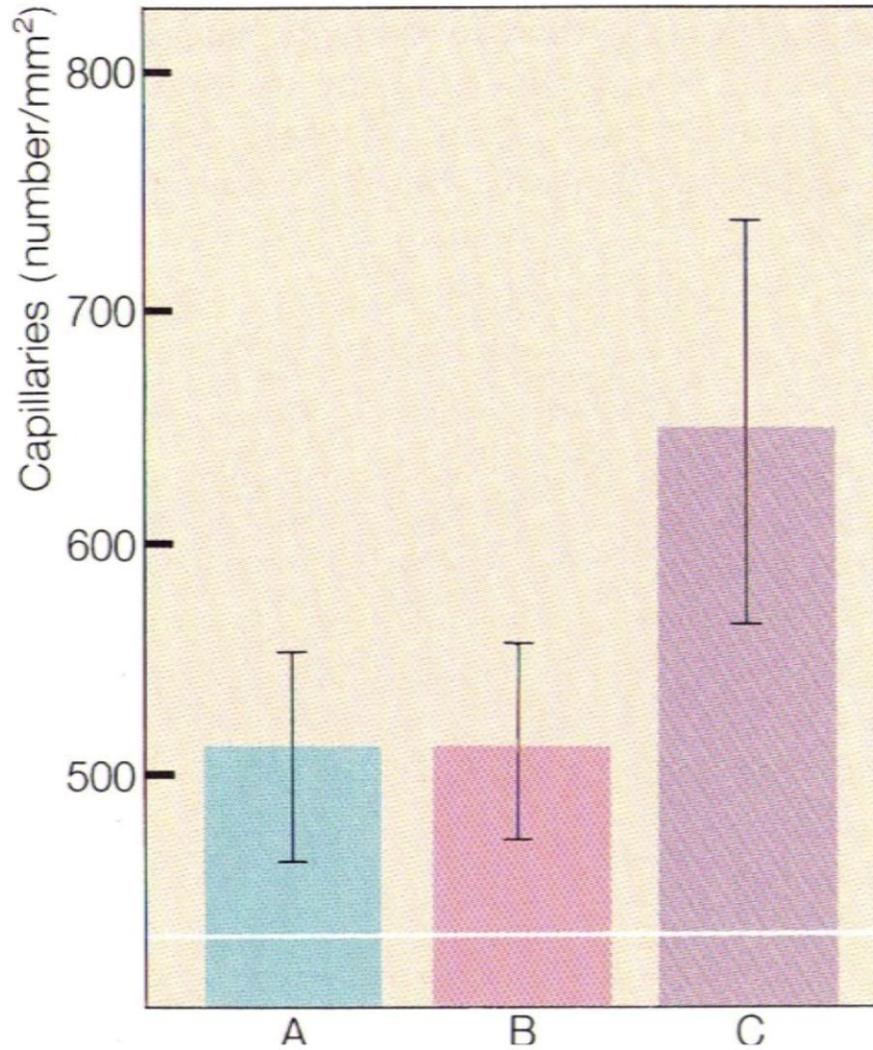
- $VO_{2m\acute{a}x}$: cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo
- Factor limitante: capacidad de utilización
- Se expresa en cantidad absoluta (ml/min) o en cantidad relativa (ml/kg/min)

Determinantes de la capacidad aeróbica

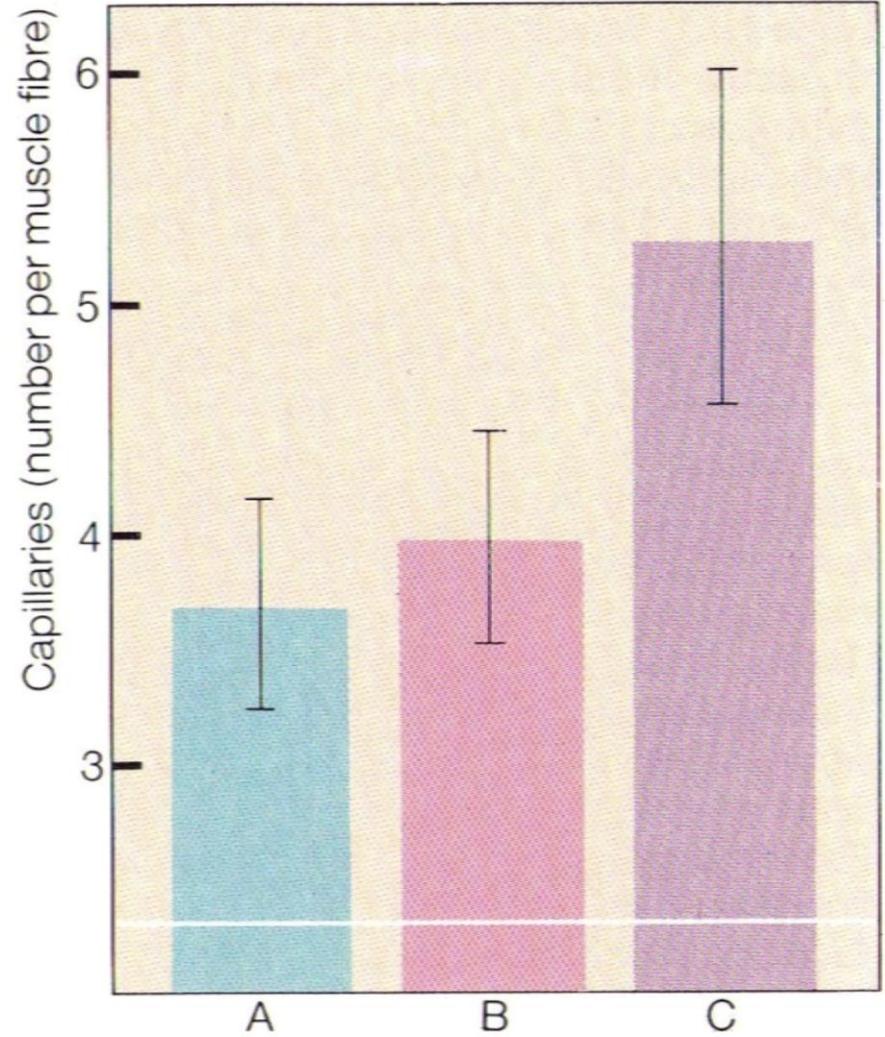
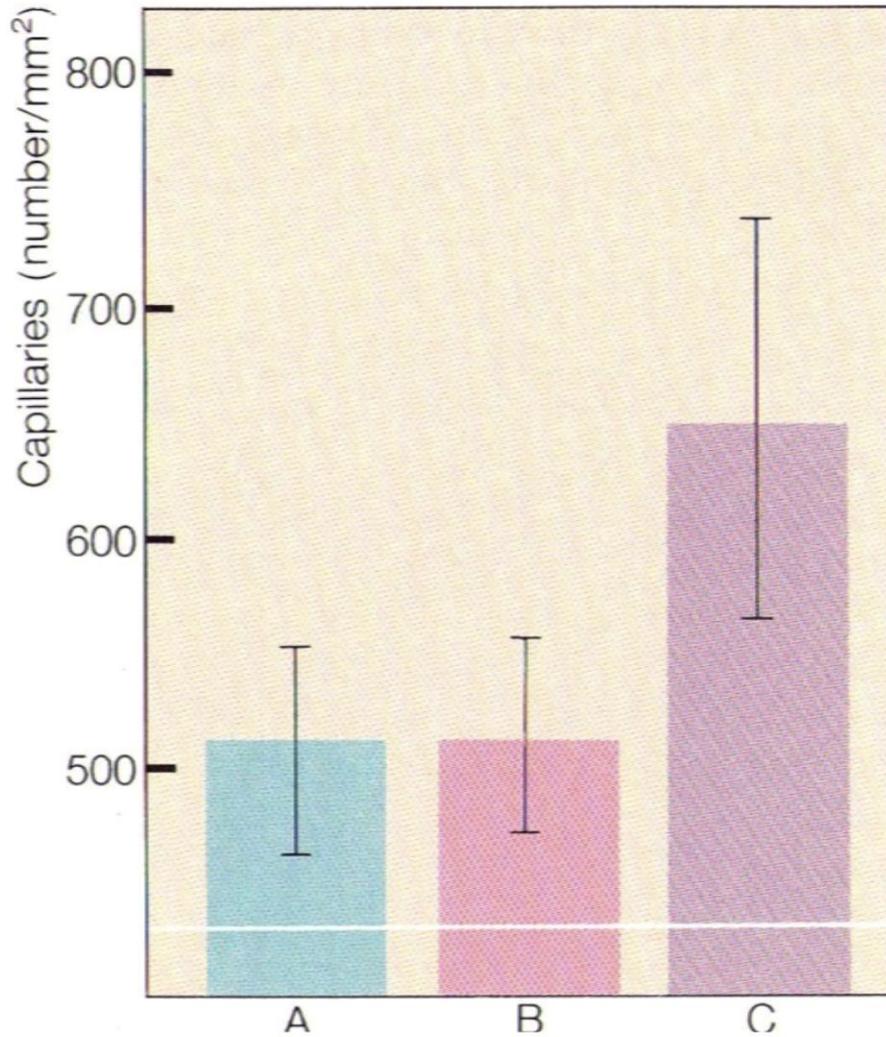
- Número de capilares
- Tipo de fibras
- Enzimas musculares
- Tamaño de la masa mitocondrial



Capillares:



Capillares:



Tipo de fibras musculares:

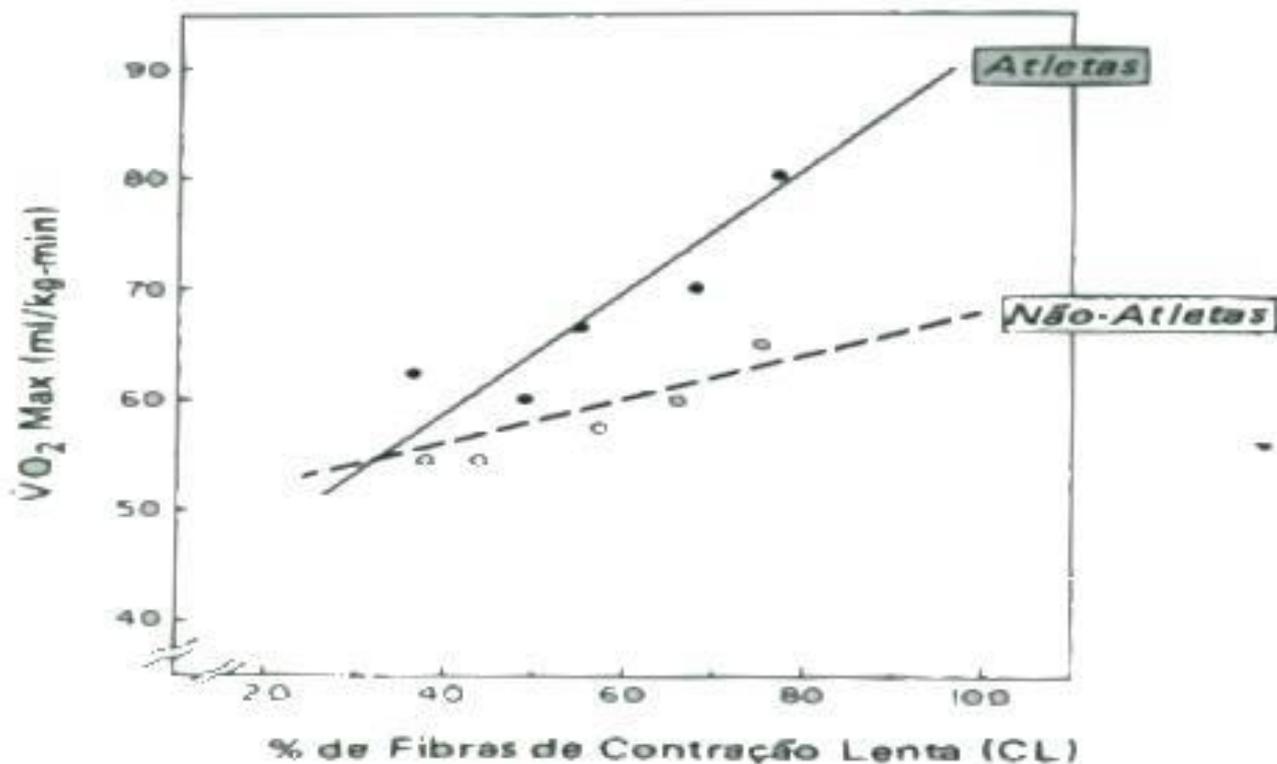


Figura 5-15. Relação entre potência aeróbica máxima ($\dot{V}O_2$ max) de atletas e não-atletas do sexo masculino e seu percentual de distribuição de fibras musculares de contração lenta (CL). \circ $\dot{V}O_2$ max é mais alto na presença de maiores percentuais de fibras CL em ambos os grupos; para determinado percentual de fibras CL acima de 40%, o $\dot{V}O_2$ max é mais alto em atletas. (Baseada em dados de Bergh e cols.⁴)

Enzimas musculares:

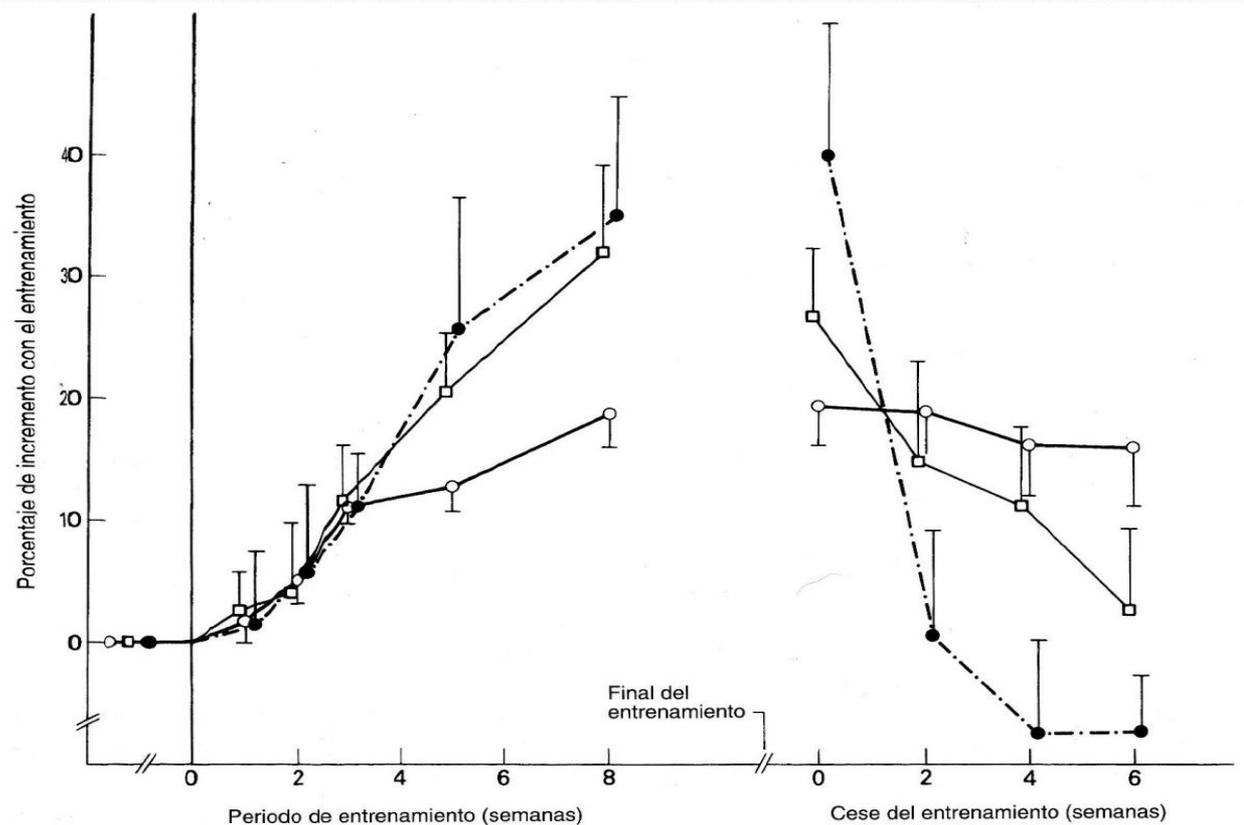
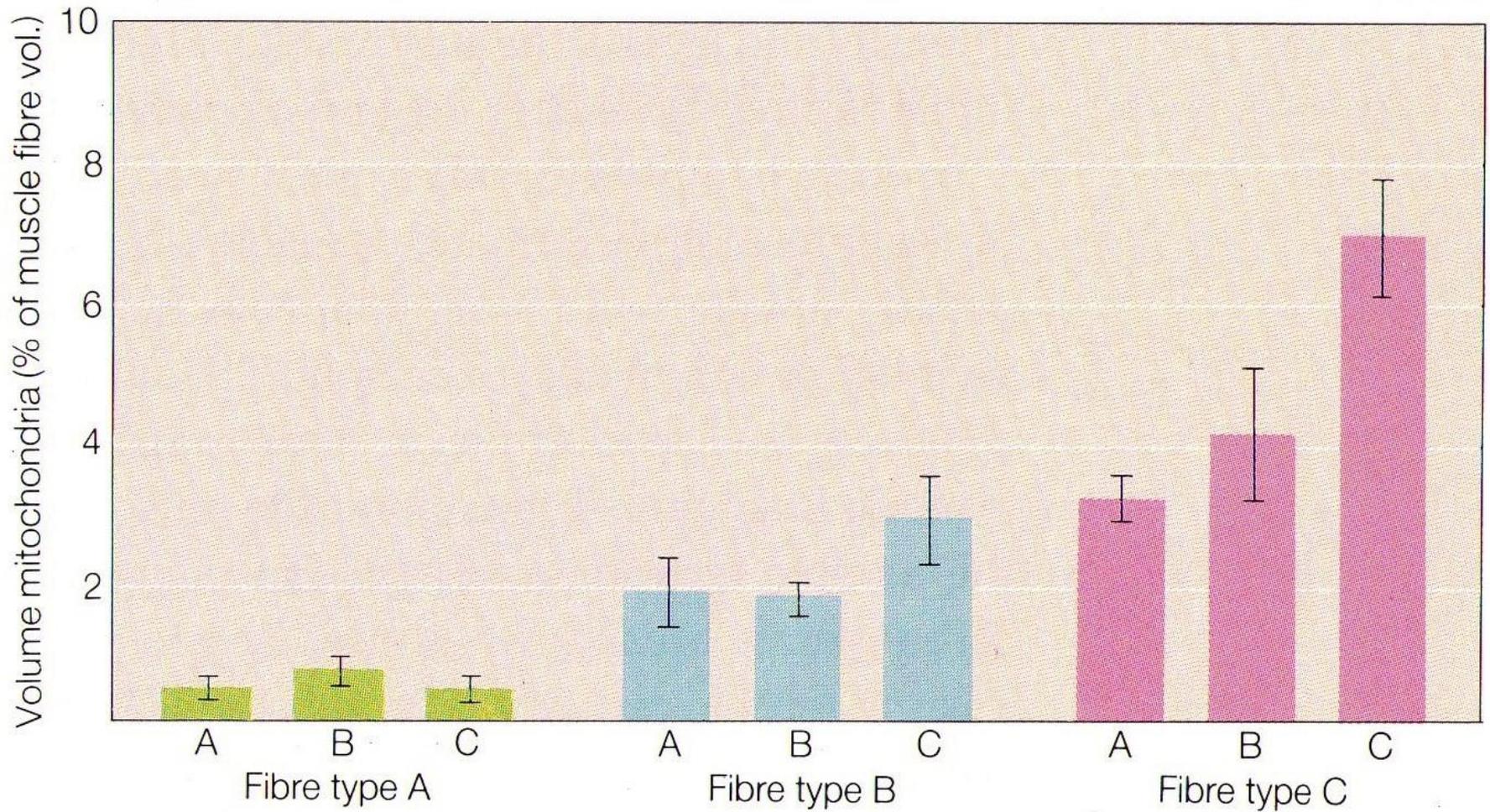
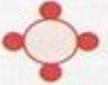
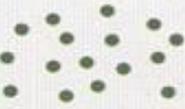
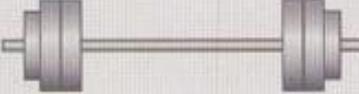
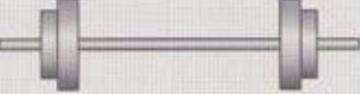
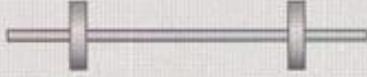


Fig. 5.5 Efecto del entrenamiento de resistencia sobre el contenido de enzimas oxidativas de los músculos esqueléticos humanos. Un grupo de sujetos previamente no entrenados se entrenó durante 8-10 semanas sobre bicicletas ergométricas (40 min.día⁻¹, 4 días por semana; el índice de trabajo correspondió al 80% del consumo máximo de oxígeno). Se obtuvieron muestras de biopsias del músculo del muslo a diferentes intervalos durante los períodos de entrenamiento, así como 2, 4 y 6 semanas después del cese del entrenamiento (después de 8-10 semanas). Las muestras musculares fueron analizadas en cuanto a las enzimas oxidativas succinato-deshidrogenasa (del ciclo del ácido cítrico) (□) y citocromo-c-oxidasa (la última enzima de la cadena respiratoria) (●). Además, el consumo máximo de oxígeno de los sujetos se determinó usando la técnica del saco del Douglas (○). Vale la pena señalar que, en el período posterior al entrenamiento, la $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ de todo el cuerpo se mantiene significativamente durante más tiempo que el contenido de enzimas oxidativas musculares. De Henriksson & Reitman (1977), modificado con autorización.

Densidad mitocondrial:



Physiological variable	Trained (resistance)	Detrained	Trained (aerobic endurance)
Muscle girth			
Muscle fiber size			
Capillary density			
% fat			
Aerobic enzymes			
Short-term endurance			
Maximal oxygen uptake			
Mitochondrial density			
Strength and power			

Determinantes de la potencia aeróbica

- Tipo de ejercicio
- Dotación genética
- Grado de entrenamiento o acondicionamiento físico
- Género
- Composición corporal
- Edad





~ESTA MANÍA DE PATENTAR GENES Y EMBRIONES YA ES UN CAOS TOTAL;
AQUÍ EN LA NALGUITA DICE "MADE IN TAIWAN"!!

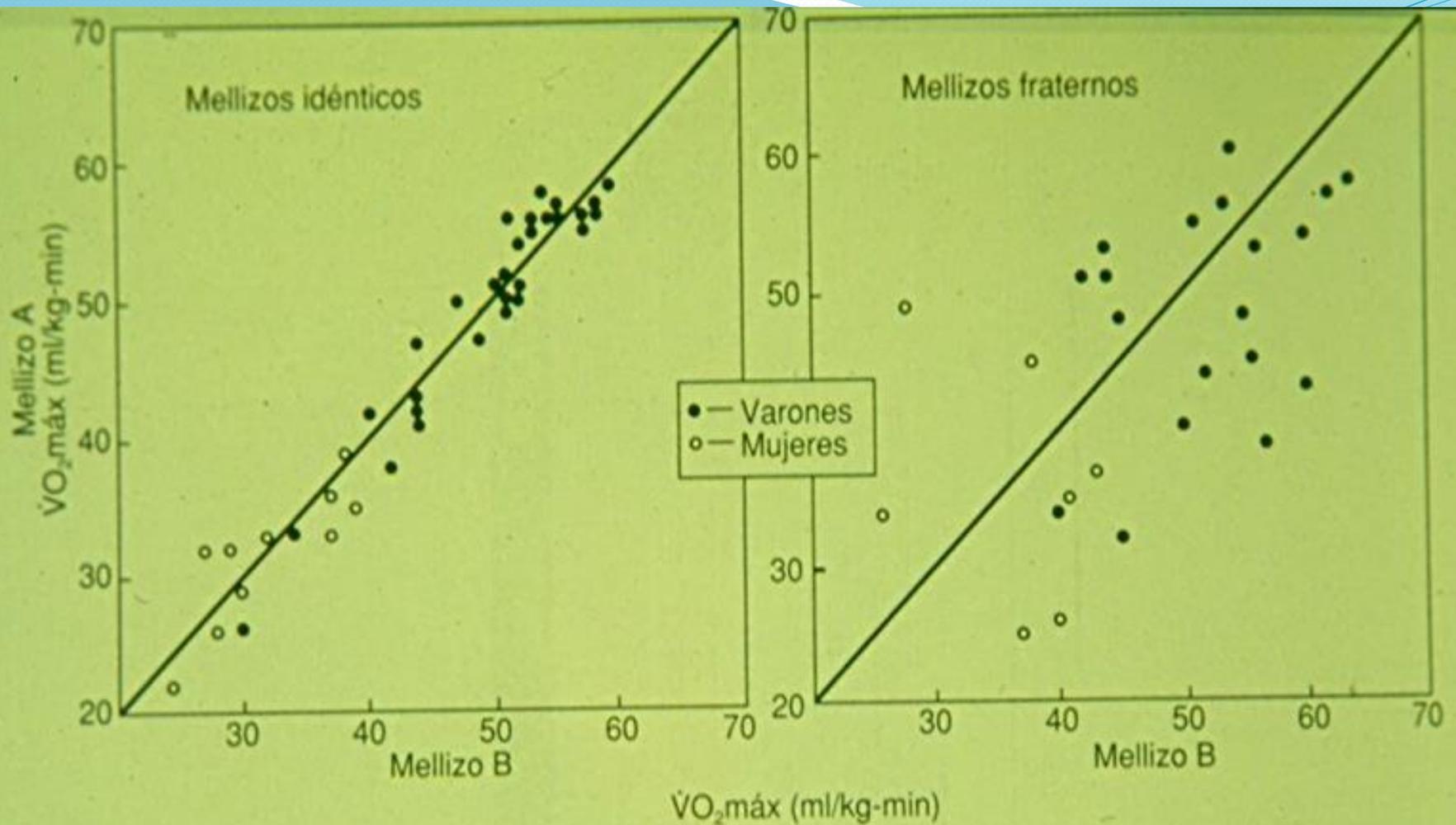


Fig. 8-15. El $\dot{V}O_2\text{máx}$ está determinado en forma genética en una alta proporción. Esto es demostrado por el hecho de que la variabilidad intrapar del $\dot{V}O_2\text{máx}$ (mellizo A vs. mellizo B) es mucho mayor para mellizos fraternos que para mellizos idénticos, como lo indica la amplia dispersión de los puntos alrededor de la línea diagonal. Si los valores de $\dot{V}O_2\text{máx}$ fueran exactamente los mismos para los mellizos A y los mellizos B, los puntos caerían sobre la línea. (Basada en datos de Klissouras, 1971, y Klissouras y col., 1973.)



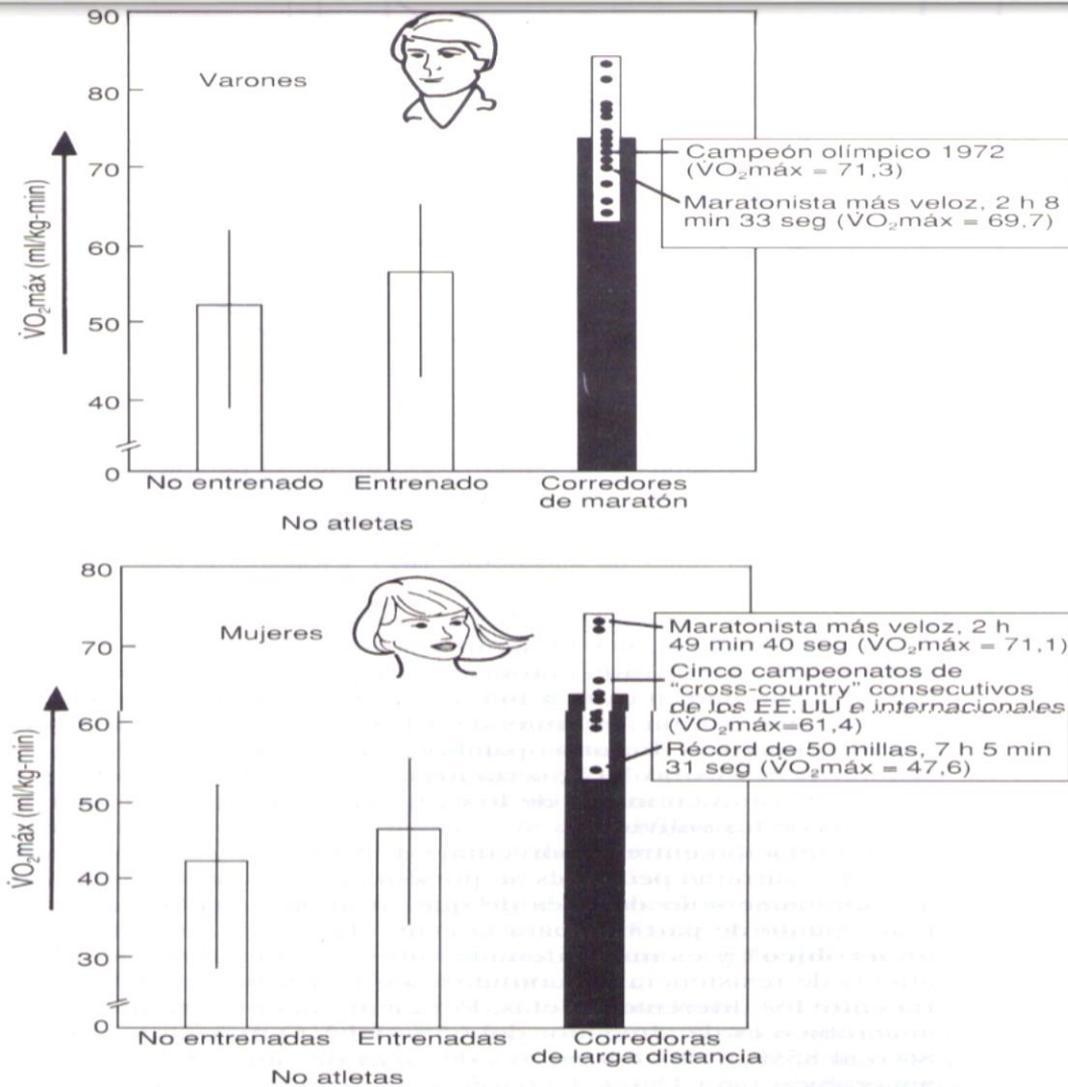
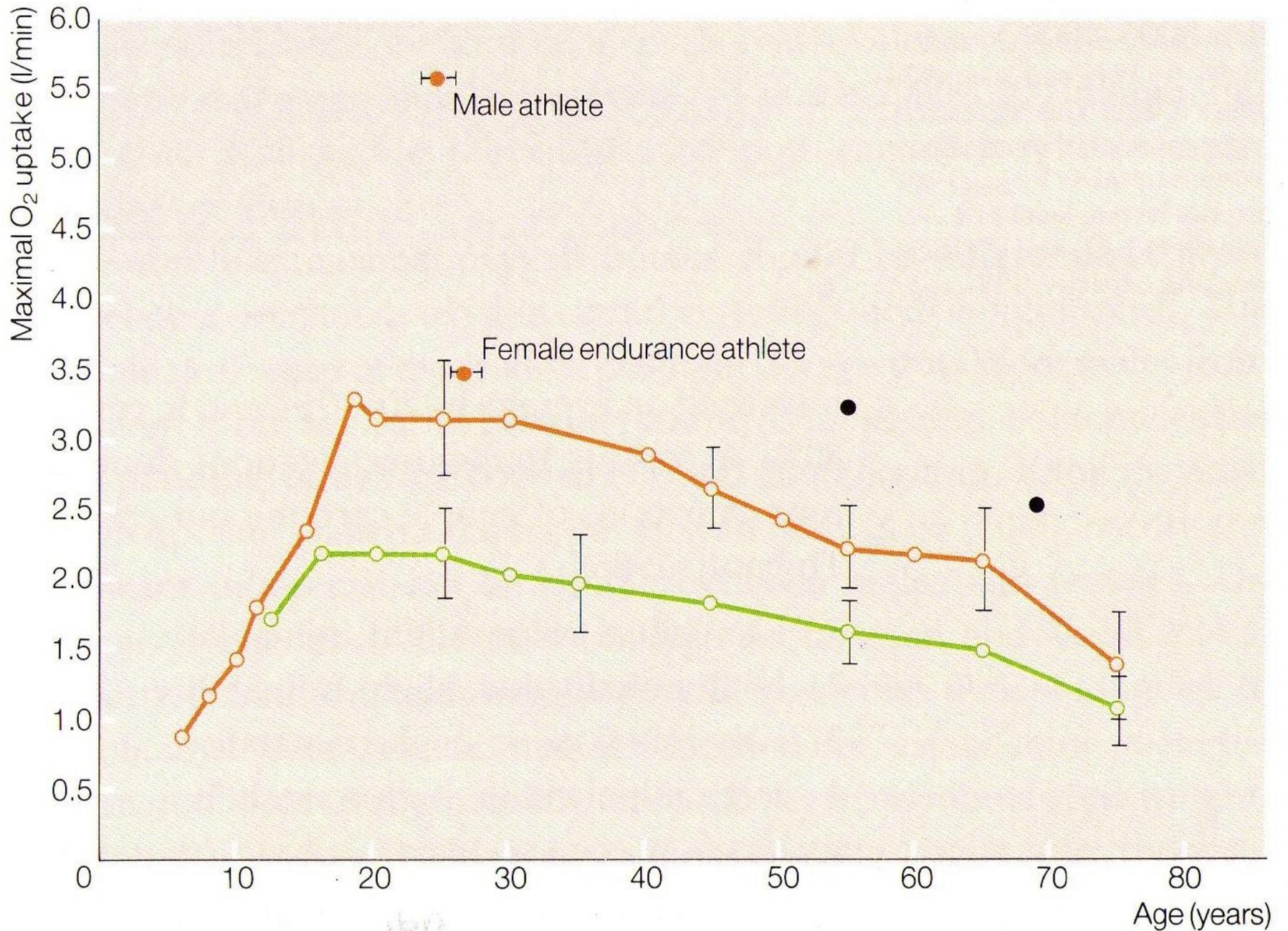


Fig. 8-14. Comparación de la cantidad máxima de oxígeno consumida por los músculos que trabajan —el $\dot{V}O_2$ máx— en los varones **A** y en la mujeres **B** donde se muestra que este factor no difiere de manera significativa en función del sexo (a pesar de que los valores comienzan con un $\dot{V}O_2$ máx más alto). En cambio, la diferencia más notable se encuentra entre el $\dot{V}O_2$ máx de los corredores de carreras de resistencia (varones y mujeres) y de los individuos no atletas (varones y mujeres). La posibilidad de que algunos atletas, incluidos los corredores de larga distancia, hayan "nacido" para participar en el deporte que practican se examina en el texto. (Los datos que se presentan en **A** son de Costill y col., 1976 y de Fox y col., 1977. Los datos que se presentan en **B** son de Wilmore y Brown, 1974, y de Lesmes y col., 1978.)

CLASE FUNCIONAL	ESTADO CLINICO	COSTO DE O ₂ ml/kg/min	MET	
NORMAL Y I	SALUDABLE, DEPENDIENTE DE LA EDAD, ACTIVIDAD SALUDABLE SEDENTARIO			
			56.0	16
			52.5	15
			49.0	14
			45.5	13
			42.0	12
			38.5	11
			35.0	10
			31.5	9
			28.0	8
II	LIMITADO	24.5	7	
		21.0	6	
III	SINTOMATICO	17.5	5	
		14.0	4	
		10.5	3	
IV		7.0	2	
		3.5	1	

¿E= mc²?

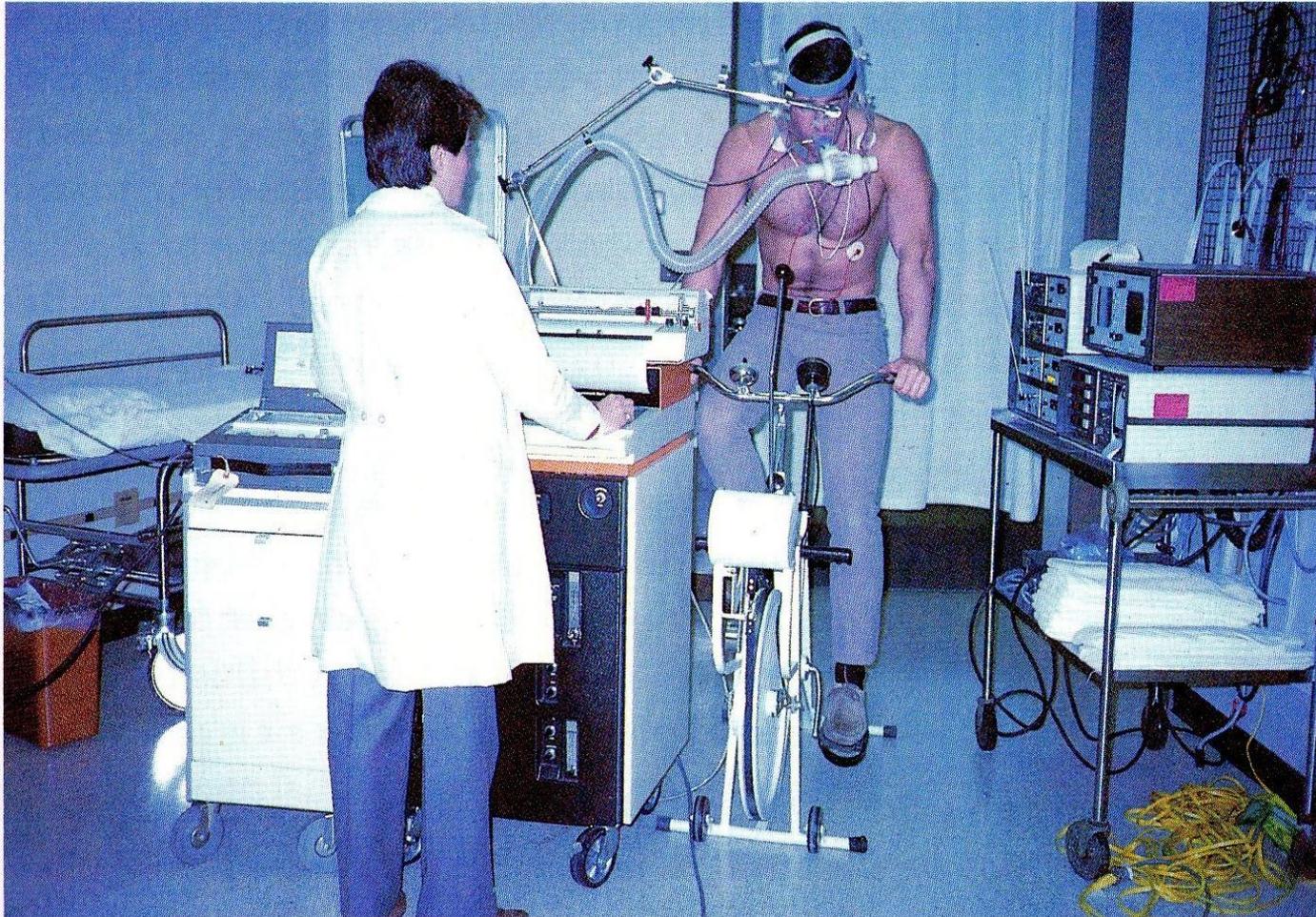




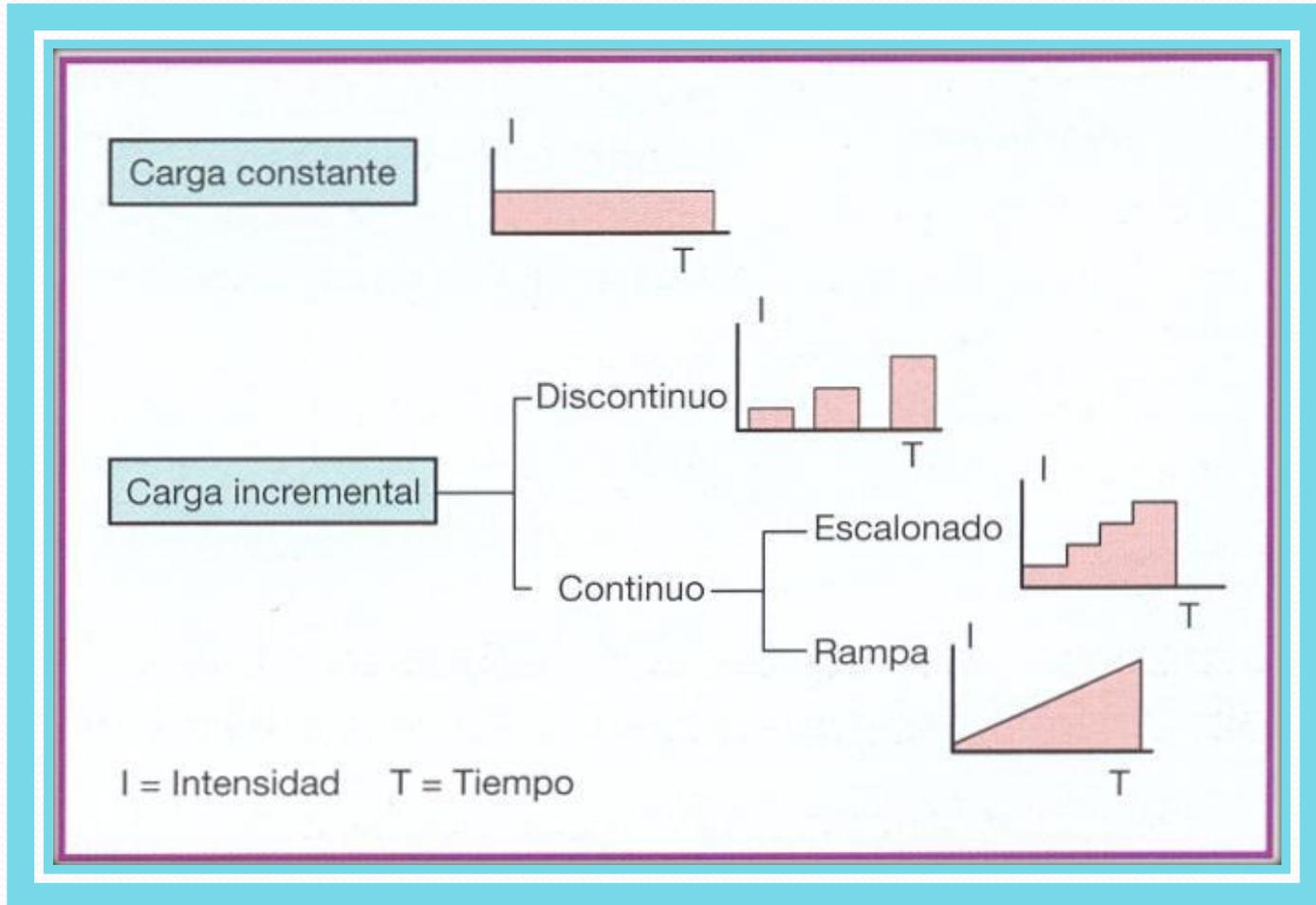
Criterios de maximalidad del VO_2

- No aumento del VO_2 con el aumento en la carga de trabajo (principal criterio)
- Frecuencia cardiaca máxima prevista para la edad
- Cociente respiratorio mayor a 1.1
- Lactato en sangre mayor a 9mmol/L
- Frecuencia respiratoria mayor a 35 rpm
- No aumento de la PAS con el esfuerzo, o su disminución
- Fatiga

Valoración del VO_2



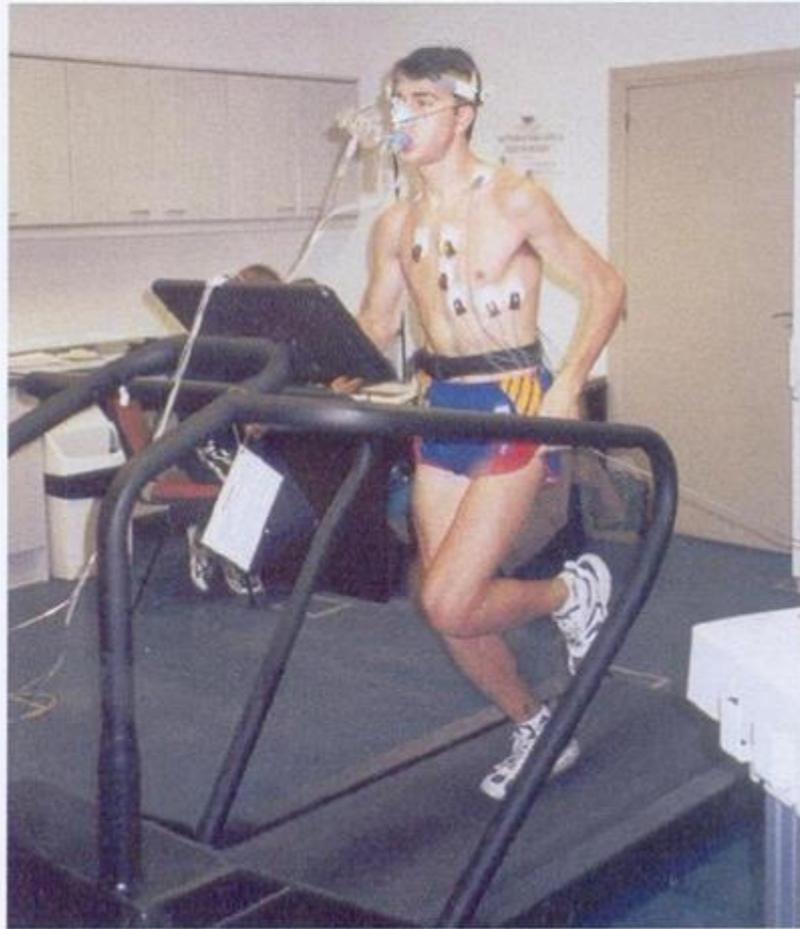
Protocolos usados en ergometría



Pruebas funcionales de valoración aeróbica
Capítulo 26 López Chicharro - 3aE

«consumo de oxígeno» ($V\dot{O}_2$)

La *medición directa*



«consumo de oxígeno» ($\dot{V}O_2$)

La *estimación indirecta* de este parámetro permite la cuantificación del metabolismo energético.



Valores normales VO₂

Hombre sedentario (20-40 años)	35-45 ml/kg ¹ /min ⁻¹
Mujeres sedentarias (20-40 años)	30-40 ml/kg ¹ /min ⁻¹
Esquí fondo varones	*94 ml/kg ¹ /min ⁻¹
Esquí fondo mujeres	*75 ml/kg ¹ /min ⁻¹
Corredores varones	80 ml/kg ¹ /min ⁻¹
Ciclistas varones	74,3 ml/kg ¹ /min ⁻¹
Corredoras mujeres	65 ml/kg ¹ /min ⁻¹

* Valores máximos. El resto son promedios

Tipo de evento	Hombres	Mujeres
Deporte de Riesgo Carreras de largas distancias Esquí de fondo Ciclismo por carretera Natación Remo Piragüismo	75-80 75-80 70-75 60-70 65-59 60-68	65-70 65-70 60-65 55-60 60-64 50-55
Deportes de equipo Futbol Balonmano voleibol Tenis	50-57 55-60 55-60 48-52	- 48-52 48-52 40-45
Deportes de combate Boxeo Lucha libre Judo Esgrima	60-65 60-65 55-60 45-50	- - 50-55 40-45
Deportes de potencia 200 m Salto de longitud Lanzamiento de disco, lanzamiento de peso Lanzamiento de jabalina Salto con pértiga Salto de esquí	55-60 50-55 40-45 45-50 45-50 40-45	45-50 45-50 35-40 42-47 - -
Deportes técnico acrobáticos Esquí alpino (disciplinas alpinas) Patinaje artístico Gimnasia Gimnasia rítmica Vela Tiro	60-65 50-55 45-50 - 50-55 40-45	48-53 45-50 40-45 40-45 45-50 35-40

Neumann, G. Special performance capacity,. En: Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K (eds.) . The Olympic Book of Sports Medicine, vol. 1:97-108. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

