

Efectos de la edad y sexo en la predicción de la VO_2 máx.

R.M. Ricart, F. Massicotte, L. Leger, S.P. Tokmakids

Université de Montreal

RESUMEN

El consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) es un índice que refleja la condición física de un individuo y la capacidad de los sistemas cardiovascular y respiratorio (Taylor, 1955). Sin embargo, la obtención directa de este valor exige la utilización de un material sofisticado, un personal especializado, a un costo elevado. Además, la ejecución de un test máximo envuelve ciertos factores de riesgo importantes, así como un grado de motivación elevado por parte del ejecutante. Numerosos son los métodos desarrollados para precedir el VO_2 máx, a partir de la relación existente entre la frecuencia cardíaca (Fc) y el consumo de oxígeno (VO_2) (Astrand, 1960; Margaria et al., 1965; Montoye, 1975; Wyndham et al., 1967) pero estos métodos presentan generalmente problemas de validación (Davies, 1968; Glassford et al., 1965; Legge et Banister, 1986; Louhevaara et al., 1980; Rowell et al., 1964).

El método mas usualmente utilizado es el de extrapolación a partir de la relación entre la Fc y el VO_2 durante el ejercicio submáximo, hasta la Fc máxima predicha (Fc máx. - P). El cálculo de la Fc máx. - P, se realiza por medio de la fórmula: $Fc \text{ máx.} - P = 220 - \text{edad}$. Sin embargo, la variación interindividual de la Fc máx y la naturaleza asintótica de la curva Fc- VO_2 producen de 10 a 30% de error (Davies, 1968; Rowell et al., 1964; Sato et al., 1977).

En los estudios realizados anteriormente, el reducido número de sujetos empleado no ha permitido de establecer la influencia sistemática de los factores edad y sexo.

El objetivo del presente estudio era comprobar si las variables edad y sexo influyen la predicción del VO_2 máx. sobre los dos ergómetros más comúnmente utilizados (cinta rodante y bicicleta ergométrica) y a partir de un grupo de sujetos de 6 a 49 años.

RESUM

El consum màxim d'oxigen (VO_2 máx.) és un indicador que reflecteix la condició física d'un individu i la capacitat dels sistemes càrdio-vascular i respiratori (Taylor,

1955). Tanmateix, l'obtenció directa d'aquest valor exigeix la utilització de material sofisticat i personal especialitzat, a un cost elevat. A més, l'execució d'un test màxim comporta certs factors de risc importants, com també un grau de motivació elevat per part de l'executant. Són diversos els mètodes desenvolupats per a predir el VO_2 máx., a partir de la relació que hi ha entre la freqüència cardíaca (Fc) i el consum d'oxigen (VO_2) (Astrand, 1960; Margaria et al., 1965; Montoye, 1975; Wyndham et al., 1967), però aquests mètodes presenten generalment problemes de validació (Davies, 1968; Glassford et al., 1965; Legge & Banister, 1986; Louhevaara et al., 1980; Rowell et al., 1964).

El mètode utilitzat més sovint és el de l'extrapolació a partir de la relació entre la Fc i el VO_2 durant l'exercici submàxim, fins a la Fc màxima predita (Fc máx. - P). El càlcul de la Fc máx - P es realitza mitjançant la fórmula $Fc \text{ máx.} - P = 220 - \text{edat}$. Tanmateix, la variació interindividual de la Fc máx. i la naturalesa asimptòtica de la corba Fc- VO_2 produeixen d'un 10 a un 30% d'error (Davies, 1968; Rowell et al., 1964; Sato et al., 1977).

En els estudis realitzats anteriorment, el nombre reduït d'individus emprats no ha permès establir la influència sistemàtica dels factors d'edat i sexe.

L'objectiu d'aquest estudi era comprovar si les variables edat i sexe influeixen la predicció del VO_2 máx. sobre els dos ergòmetres que s'utilitzen més sovint (cinta rodant i bicicleta ergomètrica), a partir d'un grup d'individus de sis a quaranta-nou anys.

SUMMARY

The maximum intake of oxygen (VO_2 max.) is a way of measuring the physical fitness of an individual and the capacity of his/her cardiovascular and respiratory systems (Taylor, 1955). The direct calculation of the intake level calls for the use of sophisticated equipment and specialized staff, and is by no means cheap. Furthermore, maximal tests involve the taking of certain risks as well as high degree of motivation on the part of the individual put to test. Plenty of methods for the prediction of VO_2 max. have been developed on the basis of the relationship between cardiac frequency (CF) and the

oxygen intake ($\dot{V}O_2$) (Astrand, 1960; Margaria et al., 1965; Montoye, 1975; Wyndham et al., 1967), but these methods generally present validation problems (Davies, 1968; Glassford et al., 1965; Legge & Banister, 1986; Louhevaara et al., 1980; Rowell et al., 1964).

The most commonly used method is the extrapolation of the relationship between CF and $\dot{V}O_2$ during the sub-maximal exercise period, up until the preceded maximal CF (CF max - P). The calculation of CF max - P is obtained by means of the formula: $CF\ max - P = 220 - age$. CF max variation among individuals and the asymptotic nature of the CF- $\dot{V}O_2$ curve produce a 10-30% error range (Davies, 1968; Rowell et al., 1964; Sato et al., 1977).

In former research, the limited numbers of subjects under observation prevented the determination of the systematic influence of age and sex.

The aim of this study is to see whether the variables of age and sex have an effect on the prediction of $\dot{V}O_2$ max. using the two most commonly used ergometers (treadmill bands and ergometric cycles). The study was carried out on subjects aged between 6 and 49.

Metodología:

Sujetos

Un total de 183 sujetos voluntarios, de edad comprendida entre 6 y 49 años, fueron repartidos en subgrupos en función del sexo y de la edad.

Protocolo experimental:

Cada sujeto realizó, aleatoriamente, dos pruebas submáximas seguidas de una máxima. Las pruebas submáximas eran progresivas y discontinuas (3 a 5 etapas de 4 minutos correspondiendo a potencias relativas de 50 a 85% de la Fc máx.-P según la edad, con pausa de 1 minuto), mientras que la prueba máxima era continua con incremento de la potencia cada 2 minutos. Dos días separaban las dos pruebas (una sobre la cinta rodante y otra sobre la bicicleta ergométrica). Entre la prueba submáxima y la máxima, un intervalo de 30 minutos de reposo fue concebido. En la prueba submáxima cada etapa de esfuerzo estaba ajustada: en función de la Fc prefijada, a través de un aumento de la velocidad (pendiente mantenida a 0°) sobre la cinta rodante, y a través del aumento de la tensión (ritmo mantenido a 60 rpm) sobre la bicicleta ergométrica. Por razones de seguridad durante la prueba máxima, la pendiente sobre la cinta rodante era aumentada cuando el nivel máximo, según la edad y/o la habilidad del sujeto en la carrera, no era alcanzado. A cada minuto de ejercicio, la Fc fue registrada con ECG (CM5) y el $\dot{V}O_2$ medido directamente a través de un aparato a circuito abierto (Modelo MMC de Beckman).

Análisis estadístico:

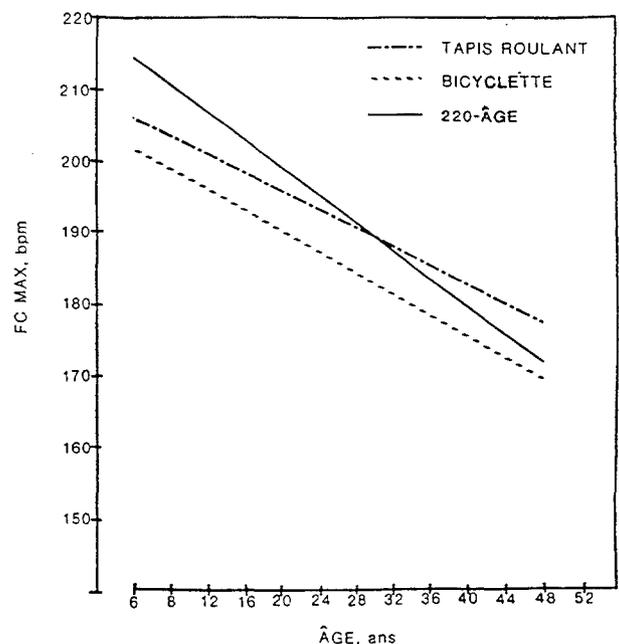
La estadística descriptiva (\bar{X} y s) fue calculada para todas las variables retenidas, y esto, para cada subgrupo de edad y sexo. Una matriz de correlación simple permitió la identificación de las variables y las interacciones más fuertemente correlacionadas entre ellas, y más particularmente con el $\dot{V}O_2$ máx. La regresión múltiple fue utilizada, a continuación, para la obtención de las ecuaciones de predicción sobre cada ergómetro. El análisis de varianza para medidas repetidas, seguido del test de Newman-Keuls, fue utilizado para identificar las diferencias significativas ($p < 0.05$) existentes entre el $\dot{V}O_2$ máx. directo y el predicho a través de los diferentes métodos.

Resultados

Fc máx.:

Para el grupo total de sujetos (6 a 49 años), la relación Fc máx.-P en función de la edad presenta una pendiente más pronunciada que la Fc máx. "real" observada durante la prueba máxima, realizada sobre la cinta rodante o la bicicleta (Figura 1). Los valores de Fc máx. "reales" sobre la bicicleta son inferiores ($p < 0.05$) a los valores de Fc máx. predichos, particularmente entre los sujetos menores de 20 años. Al contrario, entre los sujetos mayores de 20 años los valores de Fc máx. "reales" sobre la bicicleta son superiores a los valores predichos. Los coeficientes de correlación obtenidos

Figura 1. Relación entre la Fc máx. predicha (220-edad) y la medida sobre cinta rodante y sobre bicicleta ergométrica, en función de la edad y del sexo.



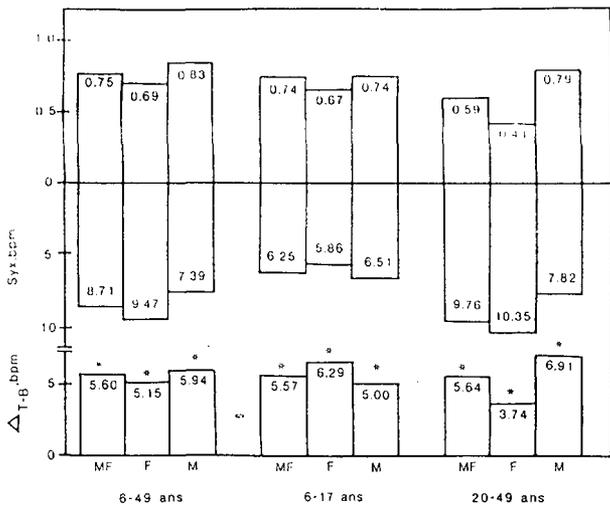


Figura 2. Correlaciones (r) error tipo del-estimado (SEEyx) y diferencias (T-B, $p < 0.05$) entre los valores de Fc máx. observados sobre la bicicleta ergométrica (B) vs. la cinta rodante (T) para cada uno de los subgrupos de edad y sexo (M = hombres, F = mujeres).

entre la Fc máx. "real" sobre la cinta rodante y la bicicleta varían de 0.41 a 0.83, según los subgrupos realizados en función de la edad y el sexo (Figura 2). Estas variaciones resultan sin duda de la homogeneidad de los valores para cada subgrupo, ya que el error del estimado (SEE) no representa más que un 3 a 5%. Para todos los subgrupos de edad, los valores de Fc máx. "real" observados sobre la cinta rodante son superiores ($p < 0.05$) a los observados sobre la bicicleta ergométrica.

VO₂ máx.: cinta rodante vs bicicleta ergométrica.

Los valores de VO₂ máx. directos obtenidos sobre la cinta rodante son significativamente superiores ($P < 0.05$) a los obtenidos sobre la bicicleta ergométrica, para cada subgrupo de edad y sexo (Figura 3). Las variaciones aleatorias y las diferencias sistemáticas observadas entre los valores de VO₂ máx. directos son más grandes que las observadas entre los valores de Fc máx. "reales". Además, el error-tipo del estimado es del orden del 10%.

Predicción del $\dot{V}O_2$ máx.:

Tanto sobre la cinta rodante como sobre la bicicleta ergométrica, la selección de las ecuaciones más válidas para predecir el $\dot{V}O_2$ máx., sea cual sea la edad del sujeto, ha sido efectuada teniendo en cuenta los aspectos estadísticos y fisiológicos. La ecuación retenida sobre la cinta rodante integra el $\dot{V}O_2$ requerido (en el cual los factores edad y velocidad de carrera son considerados), la Fc expresada en porcentaje de la Fc máx. predicha según la edad, y el sexo:

$$VO_2 \text{ máx.}, \text{ ml/ (kg.min)} = 0.60 \times 1 - 0.54 \times 2 - 5.51 \times 3 + 80.75;$$

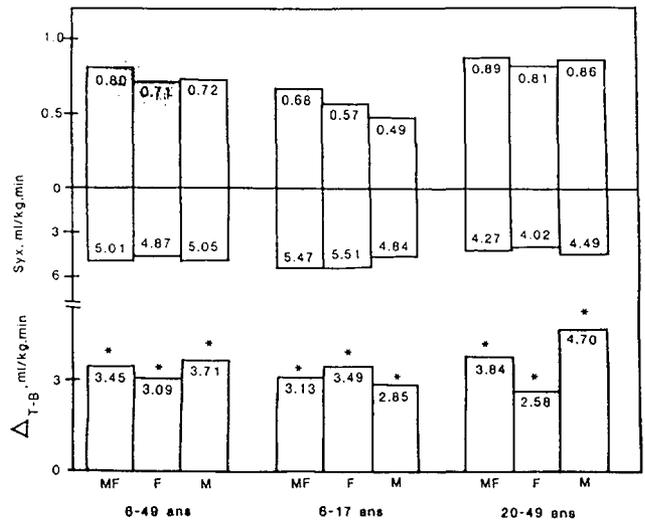


Figura 3. Correlaciones (r), error tipo del estimado (SEEyx) y diferencias (T-B, $p < 0.05$) entre los valores de VO₂ máx. observados sobre la bicicleta ergométrica (B) vs. la cinta rodante (T) para cada subgrupo de edad y sexo (M = hombres, F = mujeres).

$$r = 0.67, \text{ SEE (\% Y)} = 12.05$$

en el cual,
 $x_1 = \dot{V}O_2$ (6 a 17 años), ml/ (kg.min) = 22.86 + 1.913. (km/h) (-0.865) . (edad) + 0.067 (km/h.edad),
 $x_1 = \dot{V}O_2$ (< de 20 años), ml/ (kg.min) = 3.11. (km/h) + 7.375,
 $x_2 = \% \text{ Fc máx.} - P$ (Fc máx. - P = 220 - edad),
 $x_3 = \text{sexo}$, Hombre = 1 Mujer = 2.

La predicción del $\dot{V}O_2$ máx. sobre la bicicleta ergométrica es obtenida considerando: la potencia del ejercicio y la Fc alcanzada a esta potencia, expresado su porcentaje de la Fc máx. predicha según la edad:

$$\dot{V}O_2 \text{ máx.}, \text{ L/ min} = 0.023 \times 1 - 0.041 \times 2 + 3.55;$$

$$r = 0.94, \text{ SEE (\% Y)} = 13.87,$$

en el cual,
 $x_1 = \text{potencia}$, watt
 $x_2 = \% \text{ Fc máx.} - P$ (Fc máx. - P = 220 - edad)

$\dot{V}O_2$ máx. predicho sobre la cinta rodante vs la bicicleta ergométrica:

La relación existente entre el $\dot{V}O_2$ máx. obtenido directamente y el predicho en valor absoluto (L/min) o relativo (ml/ (kg.min) sobre los dos ergómetros, es parecido (Figura 4). Las correlaciones obtenidas en valor absoluto ($r = 0.93$ y $r = 0.94$, cinta ergométrica y bicicleta rodante, respectivamente), son más elevadas que en valor relativo ($r = 0.67$ y $r = 0.68$), tanto sobre bicicleta ergométrica como sobre cinta rodante. Mientras, el error tipo del estimado (expresado en % de la media del valor obtenido directamente) es parecido sobre los dos ergómetros (SEE y x : 14%), sea cual sea la unidad de expresión utilizada.

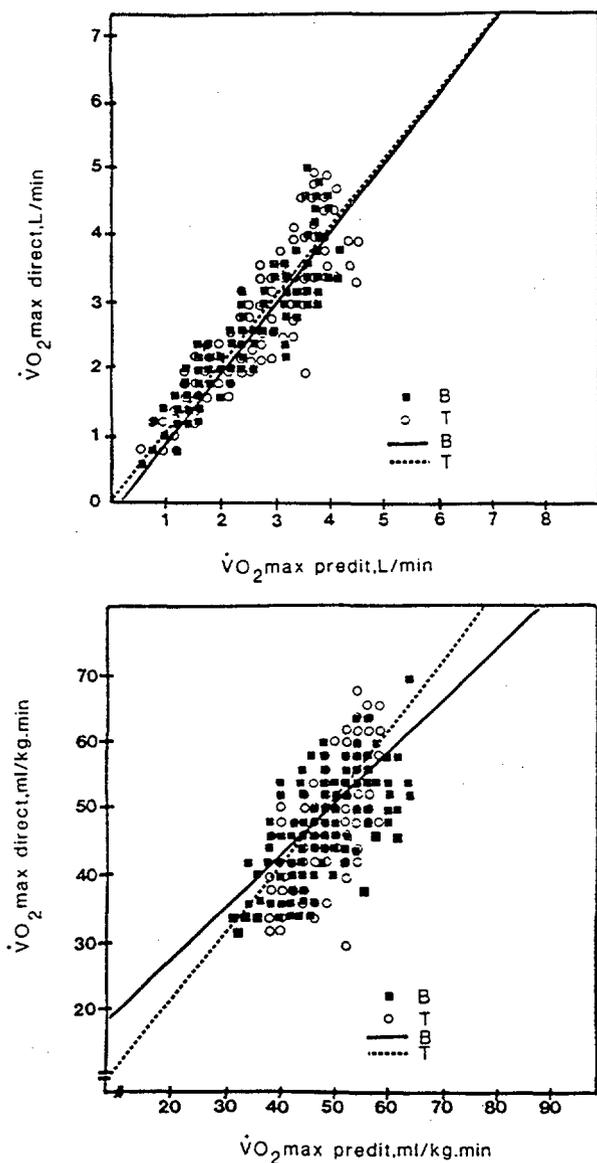


Figura 4. Relación entre los valores de $\dot{V}O_2$ máx. directo y predicho (L/min, ml/(Kg.min)) sobre la cinta rodante (T) y la bicicleta ergométrica (B).

Discusión

Los resultados presentados en las figuras 1 y 2 ilustran el problema de la sobrestimación del $\dot{V}O_2$ máx. predicho sobre la bicicleta ergométrica, cuando la Fc máx. - P es utilizada en lugar de la Fc máx. "real". Este mismo problema provoca, sobre la cinta rodante, una sobrestimación del $\dot{V}O_2$ máx. predicho para los sujetos de edad entre 6 y 20 años, y una subestimación para los sujetos mayores de 20 años.

Los resultados obtenidos sobre la bicicleta ergométrica en el presente estudio, confirman que esta sobrestimación es menos importante para los

adultos que para los niños (Davies, 1968; Montoye et al., 1986; Wyndham, 1967). Es conveniente resaltar que en una situación práctica, este fenómeno es ignorado ya que la realización de una prueba submáxima se efectúa sin conocer la Fc máx. "real". Diferencias similares (8%, $P < 0.01$, Figura 3) entre los valores de $\dot{V}O_2$ máx. sobre la bicicleta ergométrica y cinta rodante, son aportados en otros estudios (Åstrand et Saltin, 1961; Kamon et Pandolf, 1972; McArdle et Magel, 1970; Montoye et al., 1986; Wyndham et al., 1966). Desde este punto de vista, la introducción de un factor de corrección del error sistemático parece inadecuado debido a la importancia (10%) del error aleatorio (McArdle et Magel, 1970; Mackay et Banister, 1976).

En el desarrollo de las ecuaciones de predicción del presente estudio, los factores retenidos fueron elegidos bajo la base de argumentos estadísticos (ex.: disminución significativa de la varianza del valor predicho tal como reflejado por el coeficiente de correlación r y el error tipo del estimado SEE y x) y de consideraciones fisiológicas. Cabe resaltar que en un modelo de predicción del $\dot{V}O_2$ máx., los factores susceptibles de discernir a la vez las variaciones intra e interindividuales deben ser identificados. El grupo experimental, desde el punto de vista de la edad, constituye un grupo heterogeneo y este factor parece importante en el establecimiento de una regresión múltiple para predecir el $\dot{V}O_2$ máx. En efecto, es bien sabido que el $\dot{V}O_2$ máx. disminuye con la edad en el adulto (Åstrand et Rodahl, 1980). Jetté et al. (1976) han demostrado que la edad influye sobre la predicción del $\dot{V}O_2$ máx. mucho más que la respuesta fisiológica, tal que medida por ejemplo por la Fc. Por el contrario en los niños, el $\dot{V}O_2$ máx. expresado en valor absoluto (L/min) aumenta en periodo de crecimiento (Sprynarova et al., 1965; Krahenbuhl et al., 1985), pero permanece relativamente estable al exprimirlo en valor relativo por unidad de peso corporal (ml/(kg.min)). El considerar en primer lugar, la edad como factor de predicción, corre el riesgo de dar una ponderación directa demasiado importante que minimiza, en un grupo homogéneo, la extensión de los valores predichos comparados a los medidos. Además, como la edad no cambia a corto plazo, este modelo matemático es relativamente insensible a los cambios asociados a un entrenamiento aeróbico, y parece habitualmente muy fiel porque las variables sujetas a las variaciones (Fc, potencia de trabajo y peso), ejercen poca influencia sobre la predicción (Léger, 1986; Shephard, 1979).

En el plan estadístico, aunque los factores de predicción producen variaciones intra-individuales éstos deben ser introducidos en primer lugar en un modelo de regresión múltiple, así mismo, es importante la introducción de otros factores interindividuales, los cuales teóricamente hacen de forma que la misma respuesta fisiológica (ex: Fc y poten-

Groupe d'âge	Sujet n	Age (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)	$\dot{V}O_2$ max (L/min)		$\dot{V}O_2$ max (ml/(kg.min))		Fc max (bpm)	
					T	B	T	B	T	B
6-7	9	6.6±0.5	119.9±4.5	23.1±3	1.02±0.2	0.92±0.2	42.8±4.7	39.3±6.7	208±8	202±6
8-9	9	8.6±0.5	130.7±5.1	28.0±2	1.38±0.2	1.32±0.1	49.1±4.3	47.0±3.6	210±6	204±8
10-11	9	10.5±0.5	144.2±8.0	39.2±7	1.82±0.3	1.56±0.3	46.1±5.9	40.3±5.8	210±11	202±9
12-13	9	12.6±0.5	154.9±7.4	45.1±8	1.94±0.3	1.95±0.3	44.3±3.2	43.8±6.6	197±8	198±6
14-15	5	14.5±0.5	156.7±3.9	48.9±8	2.00±0.2	1.75±0.1	41.7±3.4	36.7±3.4	199±12	196±7
16-17	7	16.3±0.5	161.0±2.9	55.7±7	2.66±0.4	2.52±0.4	46.4±4.5	45.5±7.8	207±5	191±12
20-29	12	24.4±2.7	164.1±4.0	57.7±3	2.54±0.3	2.47±0.3	44.3±5.8	42.9±5.8	194±12	190±7
30-39	14	35.8±2.0	161.3±4.9	58.2±9	2.29±0.2	2.05±0.2	40.0±5.1	36.1±6.0	184±9	174±9
40-49	8	43.5±2.2	159.6±5.6	55.6±8	2.04±0.2	2.00±0.1	38.2±6.5	36.9±7.5	188±9	187±10
6-17	48	11.2±3.3	142.9±16.0	38.4±12	1.73±0.6	1.61±0.6	45.3±4.9	42.5±6.6	206±10	200±9
20-70	34	39.5±11.4	167.2±5.4	58.4±8	2.33±0.3	2.21±0.3	41.2±6.0	38.8±6.7	188±11	182±11
6-70	82	24.7±16.4	151.8±15.1	48.2±14	1.99±0.6	1.84±0.6	43.5±5.8	41.1±6.9	198±13	193±13

Tabla 1a. Características antropométricas y fisiológicas de las mujeres en función de diferentes subgrupos de edad.

cia) implica valores de $\dot{V}O_2$ máx. diferentes. Entre estos factores encontramos la talla, el peso, el sexo y la edad. En la medida en que los factores precitados no aparecen más como significativos en un modelo de regresión múltiple, la edad presenta un interés particular. Por un lado, su eliminación dejaría de comprometer bajo una base individual, el hecho de que el $\dot{V}O_2$ máx. disminuye en función de la edad y por otro lado, debe ser considerado ya que el hecho de imponer una misma Fc teórica o fija a todos los individuos (ex.: PWC 170) no representa la misma potencia relativa en función de la edad. Varias son las fuentes de variación asociadas al factor edad y que es importante de minimizar. Por ejemplo, la Fc puede ser expresada en % de la Fc máx. - P (la Fc máx. - P siendo estimada en función de la edad de los individuos, Fc máx. - P = 220 - edad) mejor que en latidos por

minuto (bpm). De este modo, mejor que terminar el esfuerzo a una Fc predecible dada, la prueba se termina a un % de la Fc máx. - P (PWC 85% de la Fc máx. - P); relación utilizada ya por Miyashita et al. (1985). Además, el método de extrapolación hasta la Fc máx. implica el factor edad, ya que la fórmula 220-edad es utilizada para la determinación de la Fc máx. - P. La edad afecta igualmente el costo energético de la carrera (Åstrand, 1952; Daniels et al., 1978; Léger et Mercier, 1984; McDougall et al., 1983); en periodo de crecimiento la eficacia mecánica aumenta con la edad hasta 18 años, mientras que en los adultos, este valor permanece estable (Côté et al., 1987). Entonces, un niño y un adulto que terminan su prueba submáxima que en los adultos que terminan su prueba submáxima a la misma Fc relativa (% de la Fc máx.) tienen el mismo $\dot{V}O_2$ máx. si la regresión múltiple es utiliza-

Groupe d'âge	Sujet n	Age (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)	$\dot{V}O_2$ max (L/min)		$\dot{V}O_2$ max (ml/(kg.min))		Fc max (bpm)	
					T	B	T	B	T	B
6-7	9	6.8±0.4	123.7±5.1	23.8±3	1.22±0.2	1.21±0.1	50.2±6.2	49.4±4.5	200±9	192±8
8-9	8	8.6±0.5	129.9±6.2	28.8±6	1.47±0.3	1.44±0.1	49.2±4.7	48.0±5.4	205±8	200±5
10-11	11	10.6±0.5	143.5±5.7	35.4±4	1.99±0.3	1.74±0.3	55.7±4.3	49.4±6.9	207±8	200±11
12-13	11	12.5±0.5	152.9±8.3	41.7±7	2.33±0.4	2.20±0.5	55.6±4.6	53.1±6.2	198±5	194±6
14-15	8	14.4±0.5	167.5±11.8	55.6±9	2.81±0.5	2.81±0.6	51.2±10.3	51.5±5.2	197±12	191±10
16-17	11	16.4±0.5	173.6±6.6	66.6±8	3.55±0.5	3.43±0.6	54.5±6.7	52.2±7.6	192±7	190±10
20-29	16	25.1±2.7	170.9±14.4	69.4±7	4.12±0.5	3.86±0.6	58.9±4.8	54.9±6.5	196±10	189±10
30-39	17	36.0±2.8	172.9±5.2	72.0±8	3.88±0.5	3.49±0.6	53.5±7.1	48.1±7.2	187±6	177±8
40-49	10	43.4±2.9	175.7±4.0	76.8±8	3.57±0.4	3.17±0.3	47.2±8.3	41.7±7.5	186±12	179±13
6-17	58	11.6±3.3	148.6±19.5	41.9±16	2.22±0.9	2.18±0.9	52.9±6.7	50.8±6.2	200±9	194±9
20-70	43	41.3±12.8	173.1±8.4	73.5±9	3.85±0.6	3.46±0.6	53.3±8.3	47.7±9.3	188±13	179±14
6-70	101	27.5±17.7	161.8±19.1	59.0±20	2.96±1.1	2.80±1.0	53.0±7.4	49.0±7.9	194±12	187±14

Tabla 1b. Características antropométricas y fisiológicas de los hombres en función de diferentes subgrupos de edad.

da, resultado que no corresponde a la realidad. De hecho, sustituyendo la velocidad o el $\dot{V}O_2$ máx. requerido asociado a esta velocidad, o elaborando una ecuación para cada subgrupo de edad (cosa que no es práctica), ellos tendrían un valor de $\dot{V}O_2$ máx. diferente. Este problema no se presenta sobre la bicicleta ergométrica, ya que la edad no afecta el $\dot{V}O_2$ requerido (Åstrand, 1952; Côté et al., 1987; Léger et al., 1986; Wahlund, 1946; Wilmore et Sigersteth, 1967).

En el presente estudio, el factor potencia aparece como un factor de predicción más importante que la Fc. Esto es probablemente inherente al hecho de que, el final de las pruebas submáximas correspondía o estaba fijado a la misma potencia relativa exprimida en % de la Fc máx. - P. Con el fin de corregir las variaciones individuales debidas al alcance de potencias de esfuerzo relativas diferentes de la potencia prevista en el protocolo experimental, el factor Fc ha sido retenido aunque no apareciera estadísticamente significativo.

Conclusión

Un solo modelo de regresión ha sido retenido, sea cual sea la edad del sujeto, para predecir el $\dot{V}O_2$ máx. sobre cinta rodante. Este modelo integra el $\dot{V}O_2$ requerido en el que la edad y la velocidad de carrera son considerados. Sobre la bicicleta ergométrica ni la edad ni el sexo fueron retenidos. Las dos ecuaciones minimizan al máximo las variaciones aleatorias y sistemáticas. Aunque la predicción sobre la cinta rodante y la bicicleta presentan variaciones parecidas, es importante de subrayar que la utilización de estas ecuaciones produce una fuente de error más importante que el valor obtenido directamente.

NOTA: Subvención de: "Generalitat de Catalunya. Departament de la Presidència. Secretaria General de l'Esport. Direcció General de l'Esport" y "Condition Physique et Sport Amateur Canada".

Bibliografía

ÅSTRAND, P.D.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. E. Mundsgaard. Copenhagen, 103-123. 1952.
ÅSTRAND, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand. 49 (Suppl. 169): 7-88. 1960.
ÅSTRAND, P.O. et SALTIN, B.: Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. J. Appl. Physiol. 16: 977-981. 1961
ÅSTRAND, P.O. et RODAHL, K.: Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Masson, Paris, 1980.
CÔTÉ, A.; MASSICOTTE, D. et LÉGER, L.: Energy cost of cycling, running and stepping: The effects of age, sex, weight and height in adults. Med. Sci. Sports Exerc. 19 (Suppl. 2): S83, (resume). 1987.
DANIELS, J.; OLDRIDGE, N.; NAGLE, F. et WHITE, B.: Differences and changes in $\dot{V}O_2$ among young runners 10 to 18 years of age. Med. Sci. Sports, 10: 200-203. 1978.
DAVIES, C.T.M.: Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. J. Appl. Physiol. 24: 700-706. 1968.
GLASSFORD, R.G.; BAYCROFT, G.H.; SEDWICK, A.W. et MACNAB, R.B.J.: Comparison of maximal oxygen uptake values determined by predicted and actual methods. J. Appl. Physiol. 20: 509-513. 1965.
JETTÉ, M.; CAMPEBELL, J.; MONGEON, J.; ROUTHIER, R.: The Canadian Home fitness test as a predictor of aerobic capacity. Can. Med. Ass. J. 114: 680-682. 1976.
KAMON, E. et PANDOLF, K.B.: Maximal aerobic power during laddermill climbing, uphill, running and cycling. J. Appl. Physiol. 32: 467-473. 1972.
KRAHENBUHL, G.S.; SKINNER, J.S. et KOHRT, W.M.: De-

velopmental aspects of maximal aerobic power in children. Exerc. Sport Sci. Rev. 13: 503-538. 1985
LÉGER, L. et MERCIER, D.: Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. Sport Med. 1: 270-277: 1984.
LÉGER, L.; CLOUTIER, J. et MASSICOTTE, D.: Energy cost of running cycling and stepping during growth. Proceedings of the VIII Commonwealth and International Conference on Sport, Physical Education, Dance, Recreation and Health. Edited by Reilly, T., Watkins, J. and Borms, J., kinanthropometry III: 138-145. 1986.
LEGGE, B.J. et BANISTER, E.M.: The Åstrand-Ryhming nomogram revisited. J. Appl. Physiol. 61(3): 1203-1209. 1986.
LOUHEVAARA, V.; ILMARINEN, J. et OJA, P.: Comparison of the Åstrand nomogram and the WHO extrapolation methods for estimating maximal oxygen uptake. Scand., J. Sports Sci. 2 (1): 21-25. 1980.
MARGARIA, R.; AGHEMO, P. et ROVELLI, E.: Indirect determination of maximal O_2 consumption in man. J. Appl. Physiol. 20: 1070-1073. 1965.
MCKAY, G.A. et BANISTER, E. W.: A comparison of maximum oxygen uptake determination by bicycle ergometry at various pedaling frequencies and by treadmill running at various speeds. Europ. J. Appl. Physiol. 35: 191-200. 1976.
MARITZ, J.S.; MORRISON, J.F.; PETER, J.; STRYDOM, N.B. et WYNDHAM, C.H.: A practical method of estimating and individual's maximal oxygen intake. Ergonomics, 4: 97-122. 1961.
MCARDLE, W.D. et MAGEL, J.R.: Physical work capacity and maximum oxygen uptake in treadmill and bicycle

- exercise. *Med. Sci. Sports*, 2 (3): 118-123. 1970.
- MCDUGALL, J.D.; ROCHE, P.D.; BAR-OR, O. et MOROZ, J.R.: Maximal aerobic capacity of canadian school children: Prediction based on age-related oxygen cost of running. *Int. J. Sports Med.* 4: 194-198. 1983.
- MIYASHITA, M.; MUTOH, Y.; YOSHIOKA, N. et SADAMOTO, T.: PWC 75% HR max.: A measure of aerobic work capacity. *Sports Med.* 2: 159-164. 1985
- MONTOYE, H.J.: Physical activity and health: An epidemiologic study of an entire community. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc. 1975
- MONTOYE, H.J.; AYEN, T. et WASHBURN, R.A.: The estimation of VO_2 max. from maximal and submaximal measurements in males, age 10-39. *Res. Quart. Exerc. and Sport* 57 (3): 250-253. 1986.
- ROWELL, L.B.; TAYLOR, H.L. et WANG, Y.: Limitations to predicción of maximal oxygen intake. *J. Appl. Physiol.* 19: 919-927. 1964
- SATO, M.; SATO, H.; KATSUURA, T.; TSUDA, T.; HARADA, H.; YAMASAKI, K. et YASUKOUCHI, A.: Heart rate as an index of oxygen intake. *J. Anthropol. Soc. Nippon* 85: 23-28. 1977.
- SHEPHARD, R.J.; COX, M.; COREY, P. et SMYTH, R.: Some factors affecting accuracy canadian home fitness test scores. *Can. J. Appl. Sport Sci.* 4: 205-209. 1979.
- SPRYNAROVA, S. et PARIZKOVA, J.: Changes in the aerobic capacity and body composition in obese boys after reduction. *J. Appl. Physiol.* 20: 934-937.
- TAYLOR, H.L.; BUSKIRK, E. et HENSCHEL, A.: Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *J. Appl. Physiol.* 8: 73-80. 1955.
- WAHLUND, H.: Determination of physical work capacity. *Acta Med. Scand.* 2115 (Suppl. 9): 1-127. 1948.
- WILMORE, J.H. et SIGERSETH, P.O.: Physical work capacity of young girls, 7-13 years of age. *J. Appl. Physiol.* 22: 923-928. 1967.
- WYNDHAM, C.H.; STRYDOM, N.B.; LEARY, W.P. et WILLIAMS, C.G.: Studies of the maximum capacity of men of physical effort. *Int. Z. Anmgew. Physiol. Arbeits.* 22: 296-303. 1966.
- WYNDHAM, C.H.: Submaximal tests for estimating maximum oxygen intake. *Can. Med. Ass. J.* 96: 736-742. 1967.

