

DPT. HEALTH PHYS. EDUC. and RECREATION UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN (USA)

Validez de un examen sub-maximal como pronóstico del consumo máximo de oxígeno

PROF. A. EUGENE COLEMAN.

Los fisiólogos del esfuerzo están generalmente de acuerdo al afirmar que la aptitud para la realización de trabajo físico intenso está relacionada con la máxima capacidad del sistema cardio-respiratorio para absorber, transportar y ceder oxígeno a los tejidos. A pesar de que se han desarrollado bastantes técnicas efectivas para estimar el consumo máximo de oxígeno, la complejidad de dichas mediciones directas, así como los severos requerimientos físicos para el sujeto de experimentación, las han hecho impracticables en sujetos sin entrenamiento o de mayor edad.

Se han realizado esfuerzos para desarrollar un test que sólo requiriese esfuerzos sub-maximales de los sujetos de experimentación. Dichos tests están basados en una relación relativamente lineal entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno. La frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno son medidos desde uno hasta varios niveles sub-maximales de trabajo. Los valores de frecuencia cardíaca son proyectados sobre los valores de consumo de oxígeno, se traza una línea que una los puntos así obtenidos y los resultados son extrapolados a la máxima frecuencia media de la población en estudio. El consumo de oxígeno correspondiente a la máxima frecuencia media es similar al consumo individual máximo de oxígeno medido por un método directo.

A pesar de que se han desarrollado numerosas técnicas sub-maximales, no existe un acuerdo en cuanto a cuál es el mejor método de determinación del consumo máximo de oxígeno. La variabilidad y la larga duración de las técnicas sub-maximales sólo aportaron a la investigación fisiológica su valor literario.

El propósito de este estudio fue el de dar validez a un examen sub-maximal como pronóstico del consumo máximo de oxígeno. Dicho objetivo se acometió comparando valores de consumo máximo de oxígeno tomados en exámenes máximos con aquellos datos obtenidos a través de un examen sub-maximal continuo. Se hicieron también comparaciones a través, y entre los valores observados, los predichos, y aquellos estimados por el nomograma ASTRAND-RHYMING.

PROCEDIMIENTO

Sujetos

Los sujetos para este estudio fueron quince varones, estudiantes de Educación Física en la Universidad Técnica de Texas (Texas Tech University), en Lubbock (Texas). La edad media

era de 22.67 años (desviación estandar = 1.80), el peso medio era de 81.73 kilogramos (d.e. = 11.98) y la estatura media era de 175.53 centímetros (d.e. = 7.34). Todos los sujetos carecían de taras orgánicas y estaban habituados a trabajo físico activo.

Examen del consumo máximo de oxígeno

El consumo máximo de oxígeno fue determinado para cada sujeto durante un test en el «tread-mill» similar a los descritos por McDONOUGH y BRUCE. El test consistía en una serie de carreras de tres minutos de duración a velocidad constante (6 millas por hora) y en la que la inclinación aumentaba gradualmente con cada carrera. Las carreras se alternaban con períodos de descanso de tres minutos de duración. Este procedimiento era continuado incrementando la carga de trabajo (inclinación) en 2.5 grados cada vez hasta que los valores de consumo de oxígeno entre dos cargas sucesivas diferían en ± 150 ml. por minuto o menos, o hasta que el sujeto era incapaz de completar el trabajo con esa carga. La investigación indicó que los resultados obtenidos por este procedimiento eran casi idénticos a los obtenidos por el método de TAYLOR. La frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno eran registrados continuamente durante la carrera. El aire espirado era enviado a través de una válvula triple «J» a un tubo de plástico de media pulgada conectado directamente a un computador de consumo de oxígeno manufacturado por Versatronics/Technology.

Examen del consumo de oxígeno sub-maximal

Para predecir el consumo máximo de oxígeno se utilizó una modificación de la técnica de MARITZ y col. Cada sujeto pasó al laboratorio sin haber llevado a cabo ninguna actividad física intensa en 12 horas de antelación y sin haber realizado ninguna comida importante en dos horas. El sujeto andaba en el «tread-mill» durante cinco minutos a tres millas por hora y sin inclinación. Este ligero ejercicio preliminar permitía al sujeto entrar en contacto con el equipo. Tras los cinco minutos de marcha, la velocidad del artefacto fue incrementada a 4 millas por hora con la misma inclinación (= 0). Después de estos cinco minutos de marcha, la inclinación del mismo se elevó al 4 por ciento y el sujeto continuó caminando a cuatro millas por hora por un período de 5 minutos más. Entonces la elevación se incrementó en un 4 por ciento cada cinco minutos mientras que la velocidad permanecía constan-

te en 4 millas por hora. El sujeto continuaba caminando en el «tread-mill» hasta que su corazón alcanzaba una frecuencia de 160 latidos por minuto. El test era continuo, no permitiéndose descanso entre las series de cinco minutos de marcha.

El consumo de oxígeno era continuamente controlado en un monitor de consumo de oxígeno manufacturado por Versatronics/Technology. La frecuencia cardíaca era determinada cada minuto mediante registro electrocardiográfico. Las medidas de frecuencia cardíaca y de consumo de oxígeno registradas durante el último minuto de cada intervalo de cinco minutos eran las variables críticas. Este procedimiento dio como resultado de 4 a 6 pares de tomas de frecuencias cardíacas y consumos de oxígeno. El consumo máximo de oxígeno fue determinado utilizando la relación lineal esencial entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno. Los valores emparejados de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno registrados en cada nivel del trabajo sub-máximo, fueron proyectados sobre los ejes de ordenadas y abcisas, respectivamente. Se hizo una extrapolación lineal a la máxima frecuencia cardíaca imaginaria del sujeto, determinada por el procedimiento propuesto por MARITZ y col. La capacidad aeróbica del individuo fue calculada por la intersección de las líneas de máxima frecuencia cardíaca y de mínimos cuadrados para los valores calculados.

Nomograma de ASTRAND-RHYMING

El consumo máximo de oxígeno fue predicho a partir del nomograma de ASTRAND-RHYMING, usando los pares de valores de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno registrados durante el último minuto de trabajo en el examen sub-maximal. Los valores de frecuencia cardíaca registrados durante este intervalo de tiempo eran de aproximadamente 160 latidos por minuto.

Resultados y discusión

Los resultados de los tres tests de capacidad aeróbica están representados en la Tabla 1. El examen de dicha tabla indica que la media en el consumo de oxígeno fue de $4.49 \pm .79$ litros/minuto, mientras que el test sub-maximal predecía $4.25 \pm .73$ litros/minuto y en nomograma de ASTRAND-RHYMING daba la cifra de $3.99 \pm .83$ litros/minuto. Expresados en ml/kilogramo de peso corporal por minuto, estos valores medios fueron, respectivamente, 55.06 ± 52 , 52.06 ± 6.90 y 48.91 ± 8.59 . Una compara-

ción de los valores medios de los tres tests por el método de análisis de variación, dio como resultados una diferencia no significativa entre los valores medidos ($F = 1.59$).

Con el fin de evaluar la magnitud de la relación entre peso corporal y los tres tests de consumo de oxígeno fue calculada una matriz de las correlaciones de orden cero intra- e intervariables (Tabla 2). El coeficiente de correlación entre el consumo máximo de oxígeno (litros/minuto) y la predicción sub-maximal fue de 0.84. El coeficiente de correlación entre criterio (litros por minuto) y la predicción hecha por el Nomograma de ASTRAND-RHYMING fue de 0.68, mientras que el coeficiente de correlación entre las dos predicciones sub-maximales fue de 0.91. A pesar de que cada una de esas relaciones era significativa para un nivel de confianza de 0.05, cuando el consumo de oxígeno fue expresado en relación al peso corporal (ml/kg/min), estas correlaciones se redujeron a 0.68, 0.43 y 0.84, respectivamente. Estas reducciones eran de esperar y, según WILMORE, pueden ser debidas en parte a la significativa relación positiva entre peso corporal y consumo máximo absoluto de oxígeno y su relación inversa con la capacidad aeróbica relativa.

Con el fin de examinar la influencia del peso corporal en las relaciones entre los tres tests utilizados en este estudio, los coeficientes de correlación fueron calculados manteniendo el peso corporal constante en un análisis de correlación parcial (Tabla 3). La correlación entre los valores obtenidos y los predichos de consumo máximo de oxígeno (ml/kg/min), manteniendo el peso corporal constante, fue de 0.68, así como el valor observado en las correlaciones de orden cero entre los valores relativos de esos dos tests. Aparentemente, una vez calculadas las correlaciones de orden cero entre los valores relativos de consumo de oxígeno (ml/kg/min), no se observan mejoras estadísticas al mantener el peso corporal constante.

Mientras que al expresar la relación entre los valores reales y la predicción en términos absolutos (litros por minuto) se obtiene un coeficiente de correlación más alto, la relación es engañosa por cuanto el peso corporal está en correlación con los valores reales y predichos de consumo máximo de oxígeno expresados en litros/minuto (Tabla 2). Esta hipótesis se justifica al observar que tras ajustar para el peso corporal la relación entre los consumos de oxígeno real y predicho (litros por minuto), la re-

lación disminuye de $r = 0.84$ a $r = 0.68$ (Tabla 3).

Las ecuaciones de regresión para el consumo máximo de oxígeno (litros/minuto) predichas por el test submaximal y por el nomograma de ASTRAND-RHYMING, son presentadas en la Tabla 4. Las ecuaciones de regresión para el criterio y las dos predicciones expresadas en términos relativos (ml/kg/min) constan también en dicha tabla.

El error medio de predicción observado en este estudio fue del 8.02 por ciento para el test sub-máximo (= infra-máximo) y era marcadamente inferior al obtenido en los mismos sujetos por el nomograma de ASTRAND-RHYMING (14.26 por ciento). El error medio cometido por el test sub-maximal (8.02 por ciento) en esta investigación era similar o menor que los valores de error que constan en la bibliografía de otros tests sub-maximales. Los valores del error que constan en la bibliografía van desde un 8 por ciento aproximado para las tablas de predicción de mineros Bantú por el test de grado (step test) a un 27 por ciento para adultos sedentarios examinados en una bicicleta y calculados por el nomograma de ASTRAND-RHYMING. El error medio de predicción (14.26 por ciento) del nomograma de ASTRAND-RHYMING usado en este estudio estaba en consonancia con el citado por ASTRAND y RHYMING.

En base a los resultados de éste y otros estudios aquí citados, parece que, al menos para universitarios físicamente activos, el consumo máximo de oxígeno puede ser determinado con un razonable error de predicción, por exámenes sub-maximales. El valor predictivo más aproximado, para la población estudiada en esta investigación, fue el realizado por el examen sub-maximal. El uso de cuatro a seis cargas para determinar una línea ascendente en el test sub-maximal resulta ofrecer una ventaja sobre el procedimiento de ASTRAND-RHYMING, en el cual el consumo máximo de oxígeno se predice a través de una sola carga sub-maximal. El coeficiente de fiabilidad test-retest para el examen sub-maximal fue $r = 0.91$, significativo para un nivel de confianza del 0.05. Los datos obtenidos en esta investigación ratifican la conjetura hecha por otros investigadores, que, al evaluar la relación real existente entre los valores reales obtenidos y los predichos, supusieron que se obtendría una mayor significación si la influencia del peso corporal fuera estadísticamente ajustado o mantenida constante.

Tabla 1. Consumo de oxígeno en el examen maximal, examen sub-máximal y Nomograma de ASTRAND - RHYMING.

Sujetos	litros/minuto			ml/kg/min		
	Observado (Ex. máx)	Predicho (Ex. infra.)	Nomogra- ma de A - R	Obs.	Pred.	N. A - R
1.	3.90	3.20	2.30	50.47	41.41	29.77
2.	4.28	4.42	4.30	50.90	52.56	51.14
3.	5.21	4.96	4.40	52.10	49.66	44.00
4.	3.42	3.42	3.25	48.55	48.55	46.13
5.	4.47	3.72	3.70	54.63	45.47	45.22
6.	4.56	3.97	3.20	59.72	51.98	41.91
7.	3.03	3.39	3.58	49.38	55.25	58.34
8.	4.72	4.40	4.50	56.13	52.32	53.51
9.	4.66	4.94	4.30	64.88	68.78	59.87
10.	5.42	4.26	3.70	70.14	55.21	47.88
11.	3.81	3.49	3.30	50.80	46.53	44.00
12.	5.73	5.28	5.50	67.54	63.44	66.12
13.	4.57	4.23	4.15	50.27	46.53	45.65
14.	3.91	4.25	4.20	47.79	51.94	51.33
15.	5.59	5.66	5.38	50.61	51.24	48.71
× = media	4.49	4.25	3.99	55.06	52.06	48.91
S. D.	0.79	0.73	0.83	07.52	06.90	08.59

Tabla 2. Intercorrelaciones entre peso corporal y los tres tests de consumo de oxígeno, y entre los tests entre sí (N = 15) (Población = 15).

Variables							
1. Peso.		0.68	0.71	0.61	-0.13	-0.19	-0.13
2. Test o examen máximo (litros/minuto).			0.84	0.68	0.64	0.34	0.22
3. Test sub-maximal (litros/minuto).				0.91	0.39	0.56	0.51
4. Nomograma de A - R (litros/minuto).					0.28	0.54	0.70
5. Test maximal (ml/kg/min).						0.68	0.43
6. Test sub-maximal (ml/kg/min).							0.84
7. Nomograma de A-r (ml/kg/min).							

$r > 0.51$ para ser significativo a un nivel de confianza de 0.05.

Tabla 3. Coeficientes de correlación parcial entre los tests de consumo de oxígeno.

Variables apareadas	Orden uno (Primer orden)	
	Orden cero	orden)
Máximo (litros/min) y predicho (litros/min)	0.84	0.68
Máximo (litros/min) y Nomograma de A - R (litros/min) ...	0.68	0.43
Máximo (litros/min) y predicho (ml/kg/min)	0.34	0.66
Máximo (litros/min) y Nomograma de A - R (ml/kg/min).	0.22	0.43
Máximo (litros/min) y predicho (ml/kg/min)	0.68	0.68
Máximo (ml/kg/min) y Nomograma de A - R (ml/kg/min).	0.43	0.43

$r = 0.51$ para ser significativo a un nivel de confianza de 0.05.

Tabla 4. Coeficientes de regresión entre los tests de consumo de oxígeno.

Tests	r	Pendiente	Constante	Error estándar de predicción
Máximo y predicho (litros/min).	0.84	0.89	0.70	0.45
Máximo y predicho (ml/kg/min).	0.68	0.65	1.90	0.60
Máximo y Nomograma de A - R (litros/min).	0.68	0.74	16.59	5.74
Máximo y Nomograma de A - R (ml/kg/min).	0.43	0.38	36.49	7.32

Bibliografía a disposición de los interesados en la dirección del autor, E. A. Coleman Dpt. Health Phys. Educ. and Recreation, University

of Texas at Austin, Austin, Texas 78712 (USA). Desviación estándar.

Algesal[®] espuma

aporta un nuevo concepto
en el tratamiento del dolor local



KALIFARMA, S.A.

Apartado 12.068 - BARCELONA - Tel. 239 29 07
Madrid. Tel. 276 92 76 - Sevilla. Tel. 21 39 22
Valencia. Tel. 334 63 06 - Bilbao. Tel. 441 66 54

COMPOSICION: Laurilsulfato de nopoamina, 10 mg.; Salicilato de dietilamina, 100 mg.; Excipiente c.s.p. 1 gr. de emulsión.

INDICACIONES: Terapia percutánea del dolor local, dolores reumáticos, articulares y musculares, torceduras, torticolis, lumbago y otros de parecida naturaleza.

POSOLOGIA Y MODO DE EMPLEO: Aplíquese varias veces al día una cantidad suficiente de espuma según la extensión de la zona dolorosa, practicando una suave fricción hasta su completa absorción.

EFECTOS SECUNDARIOS: Hasta el momento no se han observado.

CONTRAINDICACIONES: No se aplicará sobre heridas abiertas ni mucosas.

PRESENTACION Y P.V.P.: Envase con 30 gr. de emulsión, 257,90 Ptas.

espuma antirreumática. analgésica. antiinflamatoria