

PREDICCIÓN DE LA POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA EN ESCOLARES A TRAVÉS DE LA CARRERA DE 30 METROS*

María Teresa Chiang Salgado,

Pablo Latorre Acuña,

Eric Zapata Jaque,

Laboratorio de Ergonomía. Departamento de Ciencias Fisiológicas.

Facultad de Ciencias Biológicas y Recursos Naturales.

Universidad de Concepción, Chile.

Alfonso Olmos Coehlo,

Departamento de Medicina Interna.

Facultad de Medicina. Universidad de Concepción, Chile.

**Trabajo financiado por Proy. 20.33.44, Dirección de Investigación, Universidad de Concepción.*

Resumen

Se estudió una forma de predecir la potencia anaeróbica máxima en base a la carrera de 30 metros, la edad, peso corporal y estatura en una muestra de 53 escolares entre 10 y 16 años de edad. La variable dependiente fue la potencia anaeróbica máxima obtenida aplicando la prueba de Wingate.

El análisis de regresión dio un R múltiple = 0,972, con un error estándar de estimación de 36,17 watts, cuando se consideraron como variables la edad, el peso corporal y la velocidad desarrollada en la carrera. Para determinar si la ecuación desarrollada para los 53 escolares podía generalizarse a otras poblaciones, se realizó una prueba de validación cruzada de la ecuación,

utilizando un grupo diferente de niños (n=20) del mismo rango de edad y que no realizaban actividad física extraescolar. Se encontró una buena correlación al comparar la potencia anaeróbica máxima estimada con la prueba de Wingate y la calculada a través de la ecuación propuesta ($r=0,968$) con un error estándar de estimación del 5,2%.

Podemos concluir que la carrera de 30 metros, junto con la ecuación desarrollada, es un buen método de terreno para evaluar la potencia anaeróbica máxima en escolares.

Introducción

Las técnicas de evaluación para obtener el consumo máximo de oxígeno, ya sean éstas directas o indirectas, son utilizadas internacionalmente en el estudio de la condición física de atletas de alto rendimiento, deportistas en general, sedentarios y personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares crónicas (1-7). Mucho menos aceptados y conocidos son los métodos para evaluar la capacidad máxima de los procesos anaeróbicos.

Mecánicamente la potencia anaeróbica máxima es la mayor cantidad de trabajo que puede lograrse a través de los mecanismos anaeróbicos de obtención de energía. Fisiológicamente, es la capacidad que tienen los fosfatos de alta energía, principalmente la fosfocreatina, para generar en forma rápida moléculas de adenosin trifosfato o ATP.

Si bien es cierto que el metabolismo anaeróbico tiene escaso valor práctico en las actividades cotidianas o de supervivencia (8), hay muchos deportes, tanto individuales como colectivos, donde dicho metabolismo es de gran importancia, constituyendo uno de los factores principales en el buen desempeño de la actividad.

Debido a que la potencia anaeróbica máxima no puede medirse en forma directa, se han desarrollado pruebas estimativas, de laboratorio y de terreno, basadas en que la activación del metabolismo anaeróbico se produce con movimientos de alta intensidad, realizados en muy corto tiempo y que se inician desde una posición estacionaria o una fase de inercia breve (9). Desde hace varios años, en Chile ha existido un interés creciente por la evaluación de diferentes parámetros para poder conocer la condición física de escolares a través de la estructuración de baterías de pruebas de terreno, que no necesitan de gran equipamiento, son simples de medir, aplicables a ambos sexos y a edades diferentes. En

todas ellas se incluye pruebas de fuerza, velocidad, resistencia, agilidad, flexibilidad, coordinación, etc. (10-16). Sin embargo, al observar la descripción de las diferentes pruebas que constituyen dichas baterías, nos encontramos con que no existe una evaluación que cumpla con las características señaladas anteriormente para la estimación de la potencia anaeróbica máxima en terreno (11, 12, 16).

Por otra parte, y como señalan Chiang y col., 1989 (17), al comparar valores de potencia anaeróbica máxima de poblaciones deportivas adultas chilenas con sus similares americanas o europeas, los nuestros presentan valores entre un 24-37% menos que la generada por los extranjeros, hecho que no ocurre cuando la misma comparación se hace con niños o adolescentes, donde aparecemos como similares o mejores. En esa oportunidad se planteó la necesidad de evaluar las posibles causas de ese hecho, como también aumentar el estudio de la potencia anaeróbica en escolares.

Considerando lo anterior y en base a trabajos previos (18-20) que muestran una buena correlación entre la potencia anaeróbica máxima obtenida a partir de la prueba de Wingate y la carrera de 30 metros en velocidad, el objetivo de nuestro trabajo es proponer una ecuación que permita calcular la potencia anaeróbica máxima en escolares, pensando que a través de ella se podría evaluar un amplio número de alumnos, con el fin de detectar a edad temprana una cualidad deportiva que podría desarrollarse en el futuro con el propósito de mejorar marcas, obtener óptimos rendimientos así como también evaluar programas de entrenamiento específico.

Material y método

El presente trabajo se realizó en una muestra de 73 escolares sanos, entre 10 y 16 años de edad pertenecientes a establecimientos educacionales de la ciudad de Concepción. El grupo total se dividió en:

GRUPO A (n=53): que constituyó el grupo con que se obtuvo la ecuación predictiva y que practicaba algún deporte extraescolar.

GRUPO B (n=20): que constituyó el grupo con que se validó la ecuación propuesta y que no realizaba actividad extraescolar.

A ambos grupos se les evaluó peso y talla, tiempo empleado en 30 metros y potencia anaeróbica máxima (PanM) estimada con la prueba de Wingate. Además, y con anterioridad a las evaluaciones, se les sometió a un examen médico completo que incluyó una ecocardiografía.

El peso se midió con una balanza clínica de +100 g de precisión, marca "Detecto" USA Inc., y la estatura con un estadiómetro Harpenden, de tipo digital.

La prueba de 30 metros se aplicó en la pista atlética del estadio de la Universidad de Concepción, donde llegaban los escolares vestidos con ropa ligera y zapatillas de jogging, que generalmente eran de lona. Se recomienda que se haga de esta manera porque permiten un desarrollo cómodo y eficiente de la carrera. Por tratarse de una prueba que exige al máximo los grupos musculares comprometidos, se realizó un calentamiento previo de 10 minutos de intensidad media, finalizando con una serie de elongaciones con el propósito de buscar mayor eficiencia muscular y evitar posibles lesiones.

Los ejecutantes se ubicaron en posición de partida alta con un pie adelantado y colocado detrás de la línea de partida. El controlador se ubicó a la altura de aquella, con un brazo en alto. Un segundo controlador se ubicó en la línea de llegada en posesión de un cronómetro sensible a la centésima de segundo. Al dar la señal de partida, el Controlador 1 baja el brazo y simultáneamente, el Controlador 2 acciona el cronómetro. El ejecutante corre a máxima velocidad hasta cruzar la línea de llegada, momento en el cual se detiene el cronómetro.

Se recomienda aplicar la prueba en parejas de rendimiento similar, con el propósito de crear un espíritu de competencia e incentivar el rendimiento individual. Se realizaron tres sprints de 30 metros con un intervalo de recuperación activa de 5 minutos, registrando el mejor tiempo para la distancia.

La potencia anmáxima se estimó utilizando la prueba de Wingate (18-20) aplicada en un cicloergómetro Body Guard 990 conectado a un microcomputador a través de un interfaz.

El análisis estadístico de correlación múltiple y la técnica de regresión múltiple paso a paso se realizó con el paquete estadístico The System for Statistics, SYSTAT, Inc., 1986, en un computador ACER 915.

Una vez realizado el análisis estadístico y de correlación se validó la ecuación obtenida con los integrantes del Grupo B, constituido por escolares de las mismas características que los del Grupo A.

Resultados

En la Tabla 1 se muestra la edad, peso, estatura, tiempo de carrera de 30 metros y potencia anaeróbica máxima de ambos grupos.

La Tabla 2 muestra el análisis de correlación entre todas las variables consideradas.

La Tabla 3 muestra el análisis de regresión paso a paso de las variables consideradas.

La Figura 1 muestra la validación cruzada de la potencia anaeróbica máxima calculada a partir de la ecuación propuesta y la estimada a través de la aplicación de la prueba de Wingate.

Discusión

En 1969, el Programa Biológico Internacional recomendó la medición de factores fisiológicos específicos relacionados con el crecimiento y maduración normal de niños (21). Dentro de ellos se cita a los sistemas anaeróbicos de obtención de energía. Sin embargo, la falta de protocolos estandarizados y métodos aceptables para evaluar la capacidad de los sistemas anaeróbicos han limitado la información (9) ya que implican intensidades de trabajo muy altas, aplicadas durante dos o tres minutos y que además están asociadas a métodos invasivos como determinación de lactato y pH en sangre o biopsias musculares. No ha ocurrido lo mismo con la evaluación de la potencia generada a través

Tabla 1. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA LA EDAD, PESO, ESTATURA, TIEMPOS DE CARRERA DE 30 METROS Y POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA DE LOS GRUPOS A Y B

VARIABLE	UNIDAD	GRUPO A		GRUPO B	
		X	D.E	X	D.E
Edad	años	13,3	2,1	14,3	1,8 **
Peso	kg	54,2	13,7	55,7	9,7 *
Estatura	cm	161,8	14,1	164,2	12,8 *
Tiempo 30 metros	seg	5,06	0,65	4,79	0,43 ns
PanM Wingate	watts	435	150	480	113 **

GRUPO A (n=53); GRUPO B (n=20)

**P<0,001; *P<0,005; ns no significativo

Tabla 2. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES CONSIDERADAS

	EDAD	PESO	ESTATURA	PanM	T-30	V-30
EDAD	1.000					
PESO	0.822	1.000				
ESTATURA	0.888	0.862	1.000			
PanM	0.881	0.953	0.886	1.000		
T-30	-0.861	-0.649	-0.741	-0.758	1.000	
V-30	0.870	0.680	0.755	0.784	-0.993	1.000

Donde: PanM = Potencia anaeróbica máxima

T-30 = Tiempo de carrera de 30 metros

V-30 = Velocidad desarrollada en 30 metros

de los mecanismos anaeróbicos, donde sí se ha contado con medios aceptados universalmente. Entre estos últimos, los más difundidos son la prueba de Margaria (22), saltos longitudinales y verticales (23), carreras de 40 y 50 yardas (24) y últimamente los desarrollados en cicloergómetro, siendo el más utilizado el de Wingate (25-27), que corresponde a una modificación de la prueba ergométrica de Cumming. Por otra parte, diferentes investigadores han estudiado la relación entre la potencia anaeróbica máxima obtenida en cicloergómetro con los tiempos empleados en recorrer di-

ferentes distancias: 40, 300 y 600 metros (28), 50 y 600 yardas (27), 30 metros (12), obteniéndose coeficientes de regresión entre -0,70 y -0,85. Sin embargo, y tal como señalan Tharp y col., 1985 (9), no puede dejarse de lado la influencia importante que ejerce la edad y el peso corporal en el desarrollo de potencia. El otro punto conflictivo ha sido encontrar la distancia ideal que permita obtener valores de potencia similares a los obtenidos en el laboratorio.

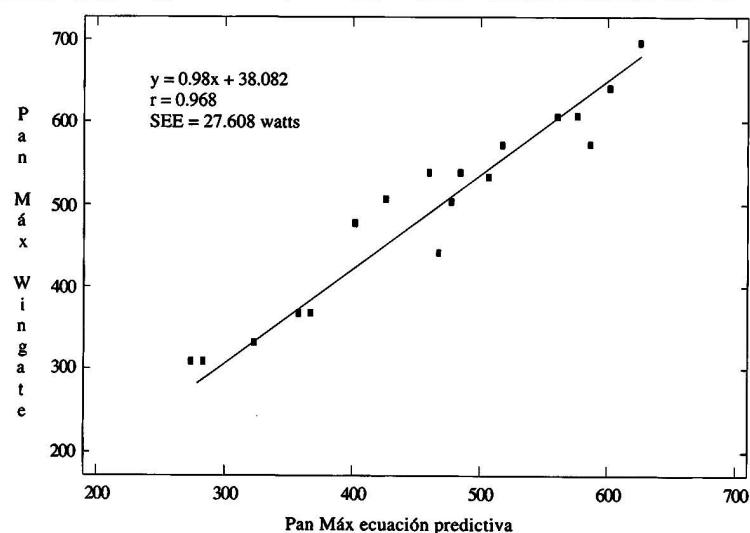
Respecto a lo primero, nosotros consideramos como variables de la ecuación, el peso corporal, la edad del su-

Tabla 3. ECUACIÓN DE REGRESIÓN MÚLTIPLE (PanM=), COEFICIENTES DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE (R), ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN (E.E) PARA LA PREDICCIÓN DE LA POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA A PARTIR DE LA COMBINACIÓN DE LAS TRES VARIABLES SELECCIONADAS EN EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN PASO A PASO

	R	E.E.
Ecuación 1: PanM = -265.739 + 21.304*E + 7.704*P	0.968	38.13
Ecuación 2: PanM = -828.997 + 31.518*E + 522.275*Est	0.909	63.61
Ecuación 3: PanM = -398.502 + 62.368*E + 0.779*T	0.881	72.32
Ecuación 4: PanM = -422.630 + 53.813*E + 14.720*V	0.882	72.13
Ecuación 5: PanM = -343.759 + 8.538*P + 52.53*V	0.971	36.63
Ecuación 6: PanM = -435.430 + 8.047*P + 268.612*E	0.962	42.02
Ecuación 7: PanM = -545.204 + 768.509*E + 51.941*T	0.899	67.12
Ecuación 8: PanM = -329.746 + 18.713*E + 7.410*P + 70.72*Est	0.969	38.30
Ecuación 9: PanM = -650.84 + 7.71*P + 118.51*Est + 62.98*V + 19.25*T	0.972	36.60
Ecuación 10: PanM = -338.446 + 9.645*E + 7.911*P + 36.386*V	0.972	36.17

Donde: E = edad en años; P = peso corporal en kg; V = velocidad de 30 m en m/seg; T = tiempo en seg y Est = estatura en cm.
PanM expresada en watts.

Figura 1. VALIDACIÓN CRUZADA DE LA POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA (PanM) EXPRESADA EN WATTS, CALCULADA A PARTIR DE LA ECUACIÓN DE PREDICCIÓN Y LA ESTIMADA A TRAVÉS DE LA PRUEBA DE WINGATE. LA MUESTRA CONSIDERADA FUE DE 20 ESCOLARES DE EDADES Y CARACTERÍSTICAS SIMILARES AL GRUPO QUE GENERÓ LA ECUACIÓN



jeto, el tiempo empleado en correr la distancia y la velocidad alcanzada, tal como se muestra en la Tabla 2 donde aparece la matriz de correlación correspondiente. Aunque todos los parámetros presentaron una correlación alta respecto a la potencia máxima obtenida con la prueba de Wingate, el valor mayor corresponde al peso corporal ($r=0.953$), lo que confirma la alta dependencia entre ambas variables. En cuanto al segundo punto, se intentó con otras distancias (40 y 50 metros) encontrándose correlaciones menores a la obtenida para los 30 metros. Por otra parte, las investigaciones de Quintana y col., 1981 (12), así como las de Rodríguez y Rodríguez, 1989 (19) presentan coeficientes de correlación de 0,79 y 0,911 entre la prueba de Wingate y la carrera de 30 metros, lo cual nos decidió a tomar esta distancia para el modelo predictivo. Además y con el fin de abarcar el mayor número de factores que estarían incidiendo en el desarrollo de la potencia calculada en base a la carrera de 30 metros y pensando en su utilización masiva, en un estudio anterior (19), se tomó una muestra de 153 escolares (75 niños y 78 niñas) entre 10 y 16 años, de nivel socioeconómico medio-bajo y 210 escolares (110 niños y 100 niñas) de nivel socioeconómico alto para el mismo rango de edad. No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, ni para la velocidad desarrollada en los 30 metros ni para la potencia anaeróbica máxima.

Al realizar un análisis de regresión paso a paso entre las variables consideradas, y tal como se muestra en la Tabla 3, se obtuvo una serie de ecuaciones predictivas, con coeficientes de correlación múltiple entre $R=0.88$ y $R=0.973$. Si bien es cierto que cualquiera de ellas podría ser de utilidad para calcular la potencia anaeróbica máxima, el error estándar disminuye cuando se considera el peso corporal del sujeto, hecho que confirma la gran dependencia entre la potencia anaeróbica máxima y dicha variable. Según esto, la ecuación más adecuada corresponde a la Número 10:

$$\text{PanM} = -338.446 + 9.645*\text{E} + 7.911*\text{P} + 36.386*\text{V}$$

que presentó el coeficiente de regresión múltiple R mayor y un menor error estándar de estimación.

Al aplicar la ecuación en el Grupo B y realizar la validación cruzada entre los valores calculados y los estimados a través de la prueba de Wingate, nos

encontramos con un coeficiente de correlación $r=0,968$ y un error estándar de estimación de un 5,2%.

Como conclusión podemos decir que, en base a los resultados obtenidos, la ecuación de regresión múltiple permite calcular la potencia anaeróbica má-

xima en escolares entre 10 y 16 años, a través de la carrera de 30 metros, como método de terreno cuando no es posible obtenerla mediante pruebas de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALÉ, M.; FUENTES, G.; KLOKER, L.; OLIVARES, S. i ORTIZ, C., *Confección y optimización de pruebas de ejecución en educación física*, Seminario para optar al título de Licenciatura en Educación Mención Educación Física, Universitat de Concepción, 1987.
- ASTRAND, P.O.; RODAHL, K., *Fisiología del trabajo físico, bases fisiológicas del ejercicio físico*, (2a. edición) Ed. Panamericana, 1985.
- BAR-OR, O. i INBAR, O. "Relationships among anaerobic capacity, sprint and middle distance running of schoolchildren", *Physical fitness assessment*, Springfield, 1978.
- BUSKIRK, E.; TAYLOR, H.L., "Maximal oxygen uptake and its relation to body composition with special reference to chronic physical activity and obesity", *J. Appl. Physiol.*, 1957, 11:72.
- CHIANG, M.T.; GUTIÉRREZ, M.; GARCÍA, A. i OLMOS, A., "Modificación de la potencia anaeróbica máxima con la edad", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1989, 34, 12-16.
- DI PRAMPERO, P.E. i CERRETELLI, P. "Maximal muscular power (aerobic and anaerobic) in African natives", *Ergonomics*, 1969, 12: 51-59.
- DONSO, H., "Determinación de la capacidad aeróbica como índice de capacidad física o Physical Fitness", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1967, 12: 14-17.
- DONSO, H., "Capacidad aeróbica como índice de capacidad física en individuos entrenados y no entrenados", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1968, 13: 3-7.
- DONSO, H.; SCHULER, C.; QUINTANA, G.; SANTANA, R., "Valoración de la capacidad física en nadadores", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1977, 22: 4-8.
- DONSO, H.; GODOY, J.; QUINTANA, G.; SCHULER, C., "Consumo máximo de oxígeno o potencia aeróbica. Consideraciones metodológicas y su relación con la edad, actividad física habitual i masa libre de grasa", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1978, 23: 19-24.
- EKBLOM, B., "Capacidad Anaeróbica y Fútbol", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1990, 35: 16-18.
- GODOY, J. DE D.; UGARTE, J., "Determinación de potencia anaeróbica en atletas i ciclistas", *Deporte y Recreación DYR*, Desembre 1980, 34: 18-20.
- KUROWSKY, T.T., *Anaerobic power of children from ages 9 through 15 years*, M.Sc.Thesis, Florida State University, 1977.
- MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; ROWELLI, E., "Measurements of Muscular Power (anaerobic) in man", *J.Appl.Physiol*, 1966, 21:1662-1664.
- MARITZ, J.S.; MORRISON, J.F.; PETER, J.; STRUDOM, N.B.; WYNDHAM, C.H., "A practical method of estimating an individual maximal oxygen uptake", *Ergonomics*, 1961, 4: 97-101.
- MONTECINOS, R.; MAULÉN, J.; HERNÁNDEZ, D., "Entrenamiento aeróbico en sedentarios y niveles de consumo máximo de oxígeno", *Fisiología del entrenamiento aeróbico*, Talca Ed. per Pontificia Universitat Catòlica de Xile, 1980.
- MONTECINOS, R.; CARREÑO, E.; GONZÁLEZ, G., "Aproximación al nivel actual de condición física en escolares de enseñanza básica i media", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1985, 30: 116-125.
- MONTECINOS, R.; VALENZUELA, L.; VALENZUELA, J.; ESPONZOZA, A.; GUAJARDO, J., "Evaluación de la condición física en escolares chilenos", *Arch Soc. Chilena Med. Deporte*, 1983, 28: 43-50.

- MONTECINOS, R.; MAULÉN, J.H.; FIGUEROA, H.R., "Capacidad funcional aeróbica en niños de catorce años de edad", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1979, 24: 19-24.
- QUINTANA, G.; SANTANA, G.; DONOSO, H., "Utilización de la prueba de 12 minutos para medir la capacidad física en escolares", Resum analític VII Encuentro Nacional de Investigadores en Educación, *Serie de Estudios*, núm. 85, C.P.I.P., 1983, 57-58.
- QUINTANA, G.; PUIG, A.; HUBERMAN, J.; HOLTZ, M.; GODOY, G.; DONOSO, H., "Aplicación y análisis metodológico de la medición de la capacidad anaeróbica mediante el test de Wingate (2a parte)", *Arch. Soc. Chilena Med. Deporte*, 1981, 26: 2-9.

- RODRÍGUEZ, E.; RODRÍGUEZ, J., "Evaluación de la potencia anaeróbica en escolares mediante pruebas de terreno y de laboratorio". Seminario de Título para optar al grado de Licenciado en Educación con Mención en Educación Física, Universitat de Concepció, 1988.
- THARP, G.D.; NEWHOUSE, R.K.; UFFELMAN, L.; THORLAND, W.G.; JOHSON, G.O., "Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate Anaerobic Test", *Res. Quart*, 1985, 56: 73-76.
- WEINER, J.G.; LOURIE, J.A., *Practical Human Biology*, London: Academic Press, 1991.