

PREDICCIÓ DE LA POTÈNCIA ANAERÒBICA MÀXIMA EN ESCOLARS MITJANÇANT LA CURSA DE 30 METRES*

María Teresa Chiang Salgado,

Pablo Latorre Acuña,

Eric Zapata Jaque,

Laboratori d'Ergonomia. Departament de Ciències Fisiològiques.

Facultat de Ciències Biològiques i Recursos Naturals.

Universitat de Concepción, Xile.

Alfonso Olmos Coehlo,

Departament de Medicina Interna.

Facultat de Medicina. Universitat de Concepción, Xile.

**Treball finançat per Proy. 20.33.44, Direcció d'Investigació, Universitat de Concepción.*

Resum

Es va estudiar una manera de predir la potència anaeròbica màxima en base a la cursa de 30 metres, l'edat, el pes corporal i l'estatura en una mostra de 53 escolars entre els 10 i els 16 anys d'edat. La variable dependent va ser la potència anaeròbica màxima obtinguda aplicant la prova de Wingate.

L'anàlisi de regressió va donar un R múltiple = 0.972, amb un error estàndard d'estimació de 36.17 watts, quan es va considerar com a variables l'edat, pes corporal i velocitat desenvolupada en la cursa. Per determinar si l'equació desenvolupada per als 53 escolars podia generalitzar-se a d'altres poblacions, es va realitzar una prova de validació creuada de l'equa-

ció, fent servir un grup diferent de nens (n=20) del mateix rang d'edat i que no realitzaven activitat física extra-escolar. Es va trobar una bona correlació en comparar la potència anaeròbica màxima estimada amb la prova de Wingate i la calculada a través de l'equació proposada ($r=0.968$) amb un error estàndard d'estimació del 5.2 %.

Podem concloure que la cursa de 30 metres, juntament amb l'equació desenvolupada és un bon mètode de terreny per avaluar la potència anaeròbica màxima dels escolars.

Paraules clau: Predicció de potència anaeròbica màxima, Wingate, escolars, cursa de 30 metres.

Introducció

Les tècniques d'avaluació per obtenir el consum màxim d'oxigen, ja siguin directes o indirectes, són emprades internacionalment en l'estudi de la condició física d'atletes d'alt rendiment, esportistes en general, sedentaris i persones amb malalties respiratòries o cardíco-vasculars cròniques (Astrand, 1985, Buskirk, 1957). Molt menys acceptats i coneguts són els mètodes per avaluar la capacitat màxima dels processos anaeròbics.

Mecànicament, la potència anaeròbica màxima és la major quantitat de treball que pot aconseguir-se a través dels mecanismes anaeròbics d'obtenció d'energia. Fisiològicament, és la capacitat que tenen els fosfats d'alta energia, principalment la fosfocreatina, per generar en forma ràpida molècules d'adenosin trifosfat o ATP.

Si bé és cert que el metabolisme anaeròbic té un escàs valor pràctic en les activitats quotidianes o de supervivència (Ekblom, 1990), hi ha molts esports, tant individuals com col·lectius, on aquest metabolisme és molt important ja que constitueix un dels factors principals per al bon desenvolupament de l'activitat.

Com que la potència anaeròbica màxima no es pot mesurar de manera directa s'han desenvolupat proves estimatives, de laboratori i terreny, basades en el fet que l'activació del metabolisme anaeròbic es produeix amb moviments d'alta intensitat, realitzats en un espai de temps molt curt i que s'inicien des d'una posició estacionària o d'una fase d'inèrcia breu (Thrap, G.D., 1985).

Des de fa alguns anys, a Xile hi ha un interès creixent per conèixer l'avaluació de diferents paràmetres per conèixer la condició física dels escolars mitjançant l'estructuració de bateries de proves de terreny, que no necessiten

molts equipaments, són simples de mesurar, aplicables a ambdós sexes i en edats diferents. A totes, s'hi inclouen proves de força, velocitat, resistència, agilitat, flexibilitat, coordinació, etc., (Montecinos, 1985; Alé, 1987). Tanmateix, en observar la descripció de les diferents proves que constitueixen aquestes bateries, ens trobem amb el fet que no hi ha cap avaluació que compleixi les característiques assenyalades anteriorment per a l'estimació de la potència anaeròbica màxima en el terreny (Montecinos, 1983; Montecinos, 1979; Alé, 1987).

D'altra banda, i com assenyalava Chiang i col., 1989, en comparar valors de potència anaeròbica màxima de poblacions esportives adultes xilenes amb els seus similars americans o europeus, els nostres presenten valors entre un 24 i un 37 % menys que la generada pels estrangers, fet que no passa quan la mateixa comparació es fa amb nens o adolescents, on apareixem com a similars o millors. En aquest sentit es va plantejar la necessitat d'avaluar les possibles causes d'aquest fet, com també d'augmentar l'estudi de la potència anaeròbica en escolars.

Considerant el dit anteriorment i en base a treballs previs (Quintana, 1981; Bar-or, 1978) que mostren una bona correlació entre la potència anaeròbica màxima obtinguda a partir de la prova de Wingate i la cursa de 30 metres de velocitat, l'objectiu del nostre treball és proposar una equació que permeti calcular la potència anaeròbica màxima dels escolars, pensant que a través d'ella es podria avaluar un nombre ampli d'alumnes, amb la finalitat de detectar en edat primerenca una qualitat esportiva que podria desenvolupar-se en el futur amb el propòsit de millorar moltes marques, obtenir rendiments òptims i avaluar programes d'entrenament específic.

Material i mètode

Per a la realització d'aquest treball es va prendre una mostra de 73 escolars sans, d'entre els 10 i els 16 anys d'edat que pertanyien a establiments educacionals de la ciutat de Concepción. El grup total es va dividir en:

GRUP A (n=53): va constituir el grup del qual es va obtenir l'equació predictiva i que practicava algun esport extra-escolar.

GRUP B (n=20): va constituir el grup amb el qual es va validar l'equació proposada i que no realitzava activitats extra-escolars.

A tots dos grups se'ls va avaluar el pes i la talla, el temps emprat en 30 metres i potència anaeròbica màxima (PanM) estimada amb la prova de Wingate. A més, i abans de les avaluacions, se'ls va sotmetre a un examen mèdic complet que incloïa una ecocardiografia.

El pes es va mesurar amb una balança clínica de + 100 g de precisió, marca "Detecto" USA Inc. i l'estatura amb un estadiòmetre Harpenden, de tipus digital.

La prova de 30 metres es va aplicar a la pista atlètica de l'estadi de la Universitat de Concepción, on arribaven els escolars vestits amb roba lleugera i calçat esportiu, generalment de lona. Es recomana que es faci d'aquesta manera perquè permet un desenvolupament còmode i eficient de la cursa. Com que és una prova que exigeix al màxim els grups musculars compromesos, es va realitzar un escalfament previ de 10 minuts d'intensitat mitjana, que va finalitzar amb una sèrie d'estiraments amb el propòsit de cercar una major eficiència muscular i d'evitar possibles lesions.

Els executants es van situar en posició de partida alta amb un peu cap endavant i col·locat darrere de la línia de sortida. El controlador es va situar a l'altura de la línia de sortida amb un braç aixecat. Un segon controlador es va situar a la línia d'arribada en possessió d'un cronòmetre sensible a la centèsima de segon. En donar el senyal de sortida, el Controlador 1 baixa el braç i simultàniament, el Controlador 2 acciona el cronòmetre. L'executant corre a màxima velocitat fins creuar la línia d'arribada, moment en el qual s'atura el cronòmetre.

Es recomana aplicar la prova en parelles de rendiment similar, amb el propòsit de crear un esperit de competència i d'estimular el rendiment individual. Es van fer tres esprits de 30 metres amb un interval de recuperació activa de 5 minuts i es va regis-

trar el millor temps per a la distància. La potència anaeròbica màxima es va estimar utilitzant la prova de Wingate aplicada en un cicloergòmetre Body Guard 990 connectat a un microcomputador a través d'una interfàç.

L'anàlisi estadística de correlació múltiple i la tècnica de regressió múltiple pas a pas es va realitzar amb el paquet estadístic The System for Statistics, SYSTAT, Inc., 1986, en un computador ACER 915.

Un cop realitzada l'anàlisi estadística i de correlacions es va validar l'equació obtinguda amb els integrants del Grup B, constituït per escolars de les mateixes característiques que els del Grup A.

Resultats

A la Taula 1 es mostra l'edat, pes, estatura, temps de cursa de 30 metres i potència anaeròbica màxima d'ambdós grups.

La Taula 2 mostra l'anàlisi de correlació entre totes les variables considerades.

La Taula 3 mostra l'anàlisi de regressió pas a pas de les variables considerades.

La Figura 1 mostra la validació creuada de la potència anaeròbica màxima calculada a partir de l'equació proposada i l'estimada a través de l'aplicació de la prova de Wingate.

Figura 1. Validació creuada de la potència anaeròbica màxima (PanM) expressada en watts, calculada a partir de l'equació de predicció i l'estimada a través de la prova de Wingate. La mostra considerada va ser de 20 escolars d'edats i característiques similars al grup que va generar l'equació.

Discussió

El 1969, el Programa Biològic Internacional va recomanar el mesurament de factors fisiològics específics relacionats amb el creixement i la maduració normal dels nens (Weiner, 1991). S'hi esmenta els sistemes anaeròbics d'obtenció d'energia. Tanmateix, la manca de protocols estandaritzats i de mètodes acceptables per avaluar la capacitat dels sistemes

Taula 1. MITJANA I DESVIACIÓ ESTÀNDARD PER L'EDAT, PES, ESTATURA, TEMPS DE CURSA DE 30 METRES I POTÈNCIA ANAERÒBICA MÀXIMA DELS GRUPS A I B

VARIABLE	UNITAT	GRUP A		GRUP B	
		X	D.E	X	D.E
Edat	anys	13,3	2,1	14,3	1,8 **
Pes	kg	54,2	13,7	55,7	9,7 *
Estatura	cm	161,8	14,1	164,2	12,8 *
Temps 30 metres	seg	5,06	0,65	4,79	0,43 ns
PanM Wingate	watts	435	150	480	113 **

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

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

Taula 2. COEFICIENT DE CORRELACIÓ ENTRE LES VARIABLES CONSIDERADES

	EDAT	PES	ESTATURA	PanM	T-30	V-30
EDAT	1.000					
PES	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

On: PanM = Potència anaeròbica màxima
T-30 = Temps de cursa de 30 metres
V-30 = Velocitat desenvolupada en 30 metres

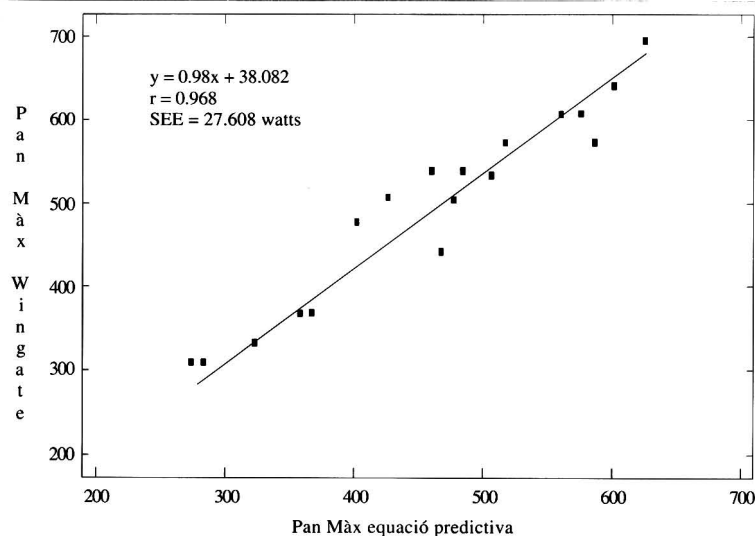
anaeròbics han limitat la informació (Tharp, 1985) ja que impliquen intensitats de treball molt altes, aplicades durant dos o tres minuts i que a més estan associades a mètodes invasius com determinació de lactat i pH a la sang o biòpsies musculars. No ha passat el mateix amb l'avaluació de la potència generada a través dels mecanismes anaeròbics, on sí que s'ha comptat amb mètodes acceptats universalment. Entre aquests darrers, els més difosos són la prova de Margaria (Margaria, 1966), els salts longitudinals i verticals (Kurowsky, 1977), les curses de 40 i 50 iardes (Di Prampe-

ro, 1969) i darrerament els desenvolupats en cicloergòmetre, dels quals el més utilitzat és el de Wingate, que correspon a una modificació de la prova ergomètrica de Cumming. D'altra banda, diferents investigadors han estudiat la relació entre la potència anaeròbica màxima obtinguda en cicloergòmetre amb els temps emprats en recórrer diferents distàncies: 40, 300 i 600 metres, 50 i 600 iardes, 30 metres, de la qual cosa s'han obtingut coeficients de regressió entre -0.70 i -0.85. Tanmateix, i tal com assenyala Tharp i col. (1985) cal no deixar de banda la important influèn-

Taula 3. EQUACIÓ DE REGRESSIÓ MÚLTIPLE (PanM=), COEFICIENTS DE CORRELACIÓ MÚLTIPLE (R), ERROR ESTÀNDAR D'ESTIMACIÓ (E.E) PER A LA PREDICCIÓ DE LA POTÈNCIA ANAERÒBICA MÀXIMA A PARTIR DE LA COMBINACIÓ DE LES TRES VARIABLES SELECCIONADES EN L'ANÀLISI DE REGRESSIÓ PAS A PAS

	R	E.E.
Equació 1: PanM = -265.739 + 21.304*E + 7.704*P	0.968	38.13
Equació 2: PanM = -828.997 + 31.518*E + 522.275*Est	0.909	63.61
Equació 3: PanM = -398.502 + 62.368*E + 0.779*T	0.881	72.32
Equació 4: PanM = -422.630 + 53.813*E + 14.720*V	0.882	72.13
Equació 5: PanM = -343.759 + 8.538*P + 52.53*V	0.971	36.63
Equació 6: PanM = -435.430 + 8.047*P + 268.612*E	0.962	42.02
Equació 7: PanM = -545.204 + 768.509*E + 51.941*T	0.899	67.12
Equació 8: PanM = -329.746 + 18.713*E + 7.410*P + 70.72*Est	0.969	38.30
Equació 9: PanM = -650.84 + 7.71*P + 118.51*Est + 62.98*V + 19.25*T	0.972	36.60
Equació 10: PanM = -338.446 + 9.645*E + 7.911*P + 36.386*V	0.972	36.17
On: E = edat en anys; P = pes corporal en kg; V = velocitat de 30 m en m/seg; T = temps en seg i Est = estatura en cm. PanM expressada en watts.		

Figura 1. VALIDACIÓ CREUADA DE LA POTÈNCIA ANAERÒBICA MÀXIMA (PanM) EXPRESSADA EN WATTS, CALCULADA A PARTIR DE L'EQUACIÓ DE PREDICCIÓ I L'ESTIMADA A TRAVÉS DE LA PROVA DE WINGATE. LA MOSTRA CONSIDERADA VA SER DE 20 ESCOLARS DE EDATS I CARACTERÍSTIQUES SIMILARS AL GRUP QUE VA GENERAR L'EQUACIÓ



cia que exerceix l'edat i el pes corporal en el desenvolupament de la potència. L'altre punt conflictiu ha estat trobar la distància ideal que permeti obtenir valors de potència similars als obtinguts al laboratori.

Respecte al primer, nosaltres considerem com a variables de l'equació el pes corporal, l'edat del subjecte, el temps emprat en córrer la distància i la velocitat assolida, tal com mostra la Taula 2 on apareix la matriu de correlació corresponent. Tot i que els paràmetres van presentar una correlació alta respecte a la potència màxima obtinguda amb la prova de Wingate, el valor més gran corresponent al pes corporal ($r=0.953$), cosa que confirma l'alta dependència entre totes dues variables. Quant al segon punt, es va intentar amb altres distàncies (40 i 50 metres) de les quals es van trobar correlacions menors a l'obtinguda per als 30 metres. D'altra banda, les investigacions de Quintana i col. (1981), així com les de Rodríguez i Rodríguez (1989) presenten coeficients de correlació de 0.79 i 0.911 entre la prova de Wingate i la cursa de 30 metres, la qual cosa ens va fer decidir a prendre aquesta distància per al model predictiu. A més i amb la finalitat d'abraçar el major nombre de factors que estarien incidint en el desenvolupament de potència calculada en base a la cursa de 30 metres i pensant en la seva utilització massiva, en un estudi anterior, es va prendre una mostra de 153 escolars (75 nens i 78 nenes) entre els 10 i els 16 anys, de nivell socio-econòmic mitjà-baix i 210 escolars (110 nens i 100 nenes) de nivell socio-econòmic alt per al mateix rang d'edat. No es van trobar diferències significatives entre tots dos grups, ni per a la velocitat desenvolupada en els 30 metres ni per a la potència anaeròbica màxima.

En realitzar una anàlisi de regressió pas a pas entre les variables considerades, i tal com mostra la taula 3, es van obtenir una sèrie d'equacions predictives, amb coeficients de correlació múltiple entre $R=0.88$ i $R=0.973$. Si bé és cert que qualsevol d'elles podria ser d'utilitat per calcular la potència anaeròbica màxima, l'error estàndard disminueix quan es

considera el pes corporal del subjecte, fet que confirma la gran dependència entre la potència anaeròbica màxima i aquesta variable.

Segons això, l'equació més adequada correspon a la número 10:

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

que va presentar el coeficient de re-

gressió múltiple R major i un menor error estàndard d'estimació.

En aplicar l'equació en el Grup B i realitzar la validació creuada entre els valors calculats i els estimats a través de la prova de Wingate, ens trobem amb un coeficient de correlació $r = 0.968$ i un error estàndard d'estimació d'un 5.2 %.

Com a conclusió podem dir, que en base als resultats obtinguts, l'equació

de regressió múltiple permet calcular la potència anaeròbica màxima en escolars entre els 10 i els 16 anys, a través de la cursa de 30 metres, com a mètode de terreny quan aquesta no és possible de ser obtinguda mitjançant proves de laboratori.

BIBLIOGRAFIA

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, Universidad de Concepción, 1987.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K., *Fisiología del trabajo físico, bases fisiológicas del ejercicio físico*, (2a. edició) 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 D.Y.R.*, 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.; ESPONOZA, 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.