

Medición de la potencia y capacidad anaeróbica en jóvenes atletas de élite usando el test de Wingate

Gerald D. Tharp, Glen O. Johnson and William G. Thorland.
J. Sports Med., 24, 184. pág. 100-106*

* Traducción: Dra. Teresa Prat. Centre Mèdic Esportiu de Girona (Direcció General d'Esports)

En los test para medir la buena condición física, la medición de la capacidad aeróbica ha recibido mucha más atención que la anaeróbica. Esta afirmación viene potenciada por el énfasis que se da al entrenamiento aeróbico para conseguir un buen estado cardiovascular y por lo simple que resulta la realización del test para estimar la capacidad aeróbica. De todas formas, en los últimos años, el interés por la producción de energía anaeróbica ha aumentado pues la realización de la mayoría de nuestros deportes y la actividad diaria precisan incrementos cortos e intensos de liberación de energía más que producciones de energía en situaciones de metabolismo de estado estable.

Uno de los problemas en los test anaeróbicos es la falta de test fidedignos para poblaciones específicas. Desde 1966, el test de campo estándar para ver la potencia anaeróbica ha sido el test de escalón de Margaria. Este test ha sido criticado por los procedimientos de cronometraje crítico que requiere, el potencial de lesiones de los escalones y el tiempo extremadamente corto en que se realiza (0,5 seg.). Un estímulo importante para el estudio de la condición anaeróbica ha sido el desarrollo del test de los 30 seg. en bicicleta ergométrica: Este test mide la energía producida durante la liberación de fosfágeno y la glicosis anaeróbica antes de que el sistema aeróbico pase a ser el factor significativo en la producción de energía. El test más popular el Wingate Anaerobic Test (WAnT), que es una modificación del test de la bicicleta de Cumming. La fiabilidad, validez y sensibilidad del WAnT ha sido demostrada por investigaciones llevadas a cabo en el Instituto Wingate de Israel.

Un problema importante en el uso de este test es la falta de valores normalizados para poblaciones

en las que varíe la edad, sexo y condición atlética. La mayoría de estudios con el WAnT incluyen hombres y mujeres no atletas y sólo algunos estudios han investigado con atletas entrenados.

El objetivo primordial de este estudio fue determinar la potencia anaeróbica de atletas jóvenes de carrera de élite para comparar los resultados publicado de otras poblaciones, obtenidos con el WAnT. Un segundo objetivo fue examinar la relación del trabajo anaeróbico con edad, altura, peso, superficie corporal y masa muscular.

Material y métodos

Los sujetos fueron voluntarios del SLTC, el cual ha ganado títulos nacionales por equipos para las edades comprendidas entre 10 y 17 años en 1979, 1980, 1981 y 1982. Los atletas examinados en este estudio fueron seleccionados por sus entrenadores como los mejores corredores en sprinty fondo, hombres y mujeres cuyos grupos de edades fueron: 10-11, 12-13 y 14-15. En la mayoría de los casos, los del grupo 12-13 estaban a nivel nacional en sus acontecimientos deportivos durante la temporada del 80 cuando el SLTC ganó el campeonato por equipos en el Athletic Congress. Un total de 21 mujeres y 18 hombres fueron examinados con 3 o 4 sprinters o fondistas de cada sexo en cada categoría de edad. Durante un encuentro pretemporada, con los atletas y sus padres, se explicaron los procedimientos y se obtuvo el consentimiento de los voluntarios y de sus padres por escrito. Todos los test fueron realizados por la tarde (de 13 a 17 horas) durante el mes de junio, cuando estaban en plena forma, compitiendo cada fin de semana.

Determinación de la composición corporal

La composición corporal fue conseguida con un sistema de pesada hidrostática con correcciones para el volumen residual pulmonar (VRP) basadas en determinaciones del procedimiento de dilución del oxígeno.

Para medir el VPR se usó un analizador Hewlett Packcard de nitrógeno, modelo 47302A, con el sujeto sentado en posición similar a la de pesada bajo agua. La pesada bajo agua fue llevada a cabo en un tanque de 1.5 x 1.5 x 2 metros en el cual se suspendía un asiento metálico de una escala de Chantillian de 9 kg. Se llevaron a cabo de 6 a 10 pruebas de pesada bajo agua y las diferencias entre ellas fueron normalmente de menos de 0.15 kg. durante las tres o cuatro últimas repeticiones. El promedio de los dos o tres valores máximos fue usado como el valor más representativo de pesada bajo agua para cada sujeto. Usando estas medidas, el cálculo de la grasa relativa se basó en la fórmula de Brozek modificada con el peso de grasa y músculo matemáticamente derivada del valor del tanto por ciento de grasa corporal.

Determinación de la potencia y capacidad anaeróbica

Las respuestas al trabajo anaeróbico se obtuvieron usando una bicicleta ergométrica Monarch y los procedimientos del WAnT. La altura del asiento se modificó a la altura de cada uno y se utilizaron clips para evitar que se escaparan los pies de los pedales. Los sujetos hicieron un precalentamiento pedaleando dos minutos con carga ligera de 0.5 kg. Antes de comenzar el test eran instruidos para que pedalearan tan deprisa como les fuera posible e intentarían mantener la máxima velocidad durante un tiempo de 30 seg. Se les animaba verbalmente durante el periodo por parte de los investigadores. A la voz de "star" el sujeto comenzaba a pedalear tan deprisa como le era posible con una resistencia baja que se incrementaba hasta un nivel predeterminado en dos o tres segundos. La carga usada se ajustó en función del peso del cuerpo (0.075 kg./kg de peso corporal). Cuando se alcanzaba dicha carga, un cronómetro se activaba y las revoluciones del pedal se registraban durante 30 segundos en

un Narco Physiograph modelo DMP-4B conectado a un interruptor mecánico accionado por la carcasa del pedal derecho. Una velocidad del papel de 0.5 cm./seg. permitía que cada revolución de pedal estuviese claramente definida. Los sujetos continuaban pedaleando con carga 0 durante tres o cuatro minutos inmediatamente después de terminar el test para prevenir dolores o entumecimientos musculares. El trabajo realizado en la bicicleta Monarch se calculó mediante la siguiente fórmula:

Trabajo = Kg. de carga x nº de revoluciones del pedal x 6

Se calcularon dos índices de trabajo:

- 1) *Potencia anaeróbica*: Trabajo más alto llevado a cabo en cualquier periodo de cinco segundos.
- 2) *Capacidad anaeróbica*: Trabajo total desarrollado durante el periodo de 30 seg. completo. Presumiblemente refleja el componente glicolítico (láctico) más el aláctico de la liberación de energía.

Los datos fueron analizados usando el test "t" para comparar corredores de sprint o fondo. Se obtuvieron coeficientes de correlación usando el programa SPSS de diagramas de dispersión.

Resultados

Las características físicas de los atletas de este estudio están en la tabla I. La II presenta la potencia anaeróbica y la capacidad en hombres y mujeres en los tres grupos de edad. Los hombres demostraron una potencia anaeróbica y un nivel de capacidad significativamente mayor que las mujeres cuando todos los grupos de edad se combinaban. Las diferencias entre sexo eran más pronunciadas en el grupo de 14-15 años. Cuando los atletas eran subdivididos entre sprinters y fondistas, el número por grupo es demasiado pequeño para realizar un análisis estadístico pero muestra algunas tendencias interesantes. Los sprinters masculinos desarrollaron mayor potencia y capacidad anaeróbica que los fondistas masculinos en los tres grupos de edad. Esto también es cierto para los grupos de 12-13 y 14-15 años, pero en el grupo más joven los atletas de fondo desarrollaron mayor trabajo anaeróbico que las sprinters. De hecho, el trabajo anaeróbico de hombres y mujeres corredores de fondo fue aproximadamente igual en la categoría de 10-11 años.

Tabla I. Características físicas de los atletas de este estudio

	No.	Age (yr)	Alt (cm)	Wt (Kg)	L.B.S.	B.S.A. (m ²)
Males	18	14.1 ± 2.1	165.9 ± 11.7	54.0 ± 13.2	47.3 ± 11.3	1.59 ± 0.25
Females	21	13.7 ± 2.1	159.4 ± 9.7	46.1 ± 8.3	38.0 ± 7.7	1.44 ± 0.18

Values are mean ± Standard Deviations.

LBW - Lean Body Weight; BSA - Body Surface Area.

Tabla II. Potencia y capacidad anaeróbica de los jóvenes atletas de élite.

	Midget 10-11 yrs.			Youth 12-13 yrs.			Intermediate 14-15 yrs		
	Power	(No.)	Capacity	Power	(No.)	Capacity	Power	(No.)	Capacity
Males									
Sprint	211 ± 40	(3)	1063 ± 223	302 ± 52	(3)	1447 ± 236	395 ± 5	(3)	1956 ± 22
Distance	158 ± 11	(2)	825 ± 42	274 ± 90	(4)	1379 ± 375	336 ± 58	(3)	1689 ± 202
All males	189 ± 41	(5)	968 ± 206	284 ± 65	(7)	1418 ± 276	366 ± 49	(6)	1823 ± 194
Females									
Sprint	132 ± 26	(4)	676 ± 128	236 ± 10	(4)	1209 ± 135	298 ± 39	(3)	1471 ± 103
Distance	161 ± 24	(3)	824 ± 171	220 ± 29	(4)	1101 ± 125	244 ± 25	(3)	1189 ± 95
All females	144 ± 28	(7)	735 ± 153	228 ± 22	(8)	1155 ± 113	271 ± 42	(6)	1330 ± 178

Values are means ± Standard Deviations expressed as kg.m of work per 5 seconds (Power) or 30 seconds (Capacity).
The males are significantly higher than the females in all measurements when all males and females are compared.

Tabla III. Características de jóvenes sprinters y fondistas de élite

	MALES		FEMALES	
	Sprint (N=10)	Distance (N=8)	Sprint (N=11)	Distance (N=10)
Age (yrs)	13.7 ± 1.7	13.8 ± 12.1	13.2 ± 2.0	13.1 ± 1.5
Height (cm)	163.4 ± 10.5	166.9 ± 14.0	159.2 ± 12.0	158.0 ± 7.4
Weight (kg)	55.2 ± 12.6	42.0 ± 14.7	45.3 ± 10.3	45.2 ± 6.7
LBW (kg)	45.5 ± 9.4	46.5 ± 13.6	37.7 ± 9.4	36.7 ± 5.0
BSA (m ²)	1.57 ± 0.23	1.57 ± 0.28	1.43 ± 0.22	1.43 ± 0.14
Power (kg.m)	298.5 ± 83.3	268.1 ± 93.8	214.8 ± 74.5	209.3 ± 42.2
Capacity (Kg.m)	1484.5 ± 404.4	1356 ± 424.7	1086.5 ± 360.6	1041.3 ± 199.5
Power/Wt	5.56 ± 0.49*	5.07 ± 0.48	4.58 ± 0.81	4.62 ± 0.57
Capacity/Wt	27.68 ± 2.29*	25.89 ± 1.89	23.20 ± 3.54	23.00 ± 2.69
Power/LBW	6.49 ± 0.73*	5.69 ± 0.47	5.62 ± 1.04	5.69 ± 0.72
Capacity/LBW	32.30 ± 3.54*	29.03 ± 1.64	28.37 ± 3.98	28.32 ± 3.50
Power/m ²	187.4 ± 29.0	166.6 ± 32.1	146.6 ± 34.2	145.7 ± 19.8
Capacity/m ²	932.6 ± 137.5	847.7 ± 133.8	741.1 ± 156.5	724.9 ± 91.9

Value are means ± Standard Deviations.

* Significant difference at P < 05 between Sprint and Distance runners of each sex.

LBW - Lean Body Weight; BSA - Body Surface Area.

Power and Capacity values are in Kg.m of work developed in 5 seconds (Power) or 30 seconds (Capacity).

Tabla IV. Correlaciones entre trabajo anaeróbico y características morfológicas.

	Sex	Age	Weight	LBW	BSA
Power	M	0.893	0.965	0.935	0.955
	(F)	(0.773)	(0.885)	(0.844)	(0.866)
Capacity	M	0.914	0.967	0.933	0.962
	(F)	(0.820)	(0.916)	(0.910)	(0.916)
Power/Wt	M	0.627	0.586	0.628	0.576
	(F)	(0.595)	(0.432)	(0.392)	(0.409)
Capacity/Wt	M	0.586	0.457	0.506	0.463
	(F)	(0.719)	(0.503)	(0.529)	(0.515)
Power/LBW	M	0.547	0.651	0.482	0.626
	(F)	(0.441)	(0.299) NS	(0.168) NS	(0.261) NS
Capacity/LBW	M	0.489	0.547	0.351 NS	0.533
	(F)	(0.597)	(0.393)	(0.304) NS	(0.386)
Power/m ²	M	0.831	0.870	0.869	0.851
	(F)	(0.712)	(0.687)	(0.632)	(0.653)
Capacity/m ²	M	0.860	0.862	0.856	0.851
	(F)	(0.813)	(0.759)	(0.756)	(0.752)

NS = Not significant at P < 0.5 (all other correlations are significant).

LBW = Lean Body Weight; BSA = Body Surface Area; M = Male; F = Female (in parentheses).

En tabla III, todos los grupos de edad se combinan y así pueden compararse los distintos parámetros de sprinters y fondistas. Como puede verse no existen diferencias significativas entre las características morfológicas de sprinters y corredores de fondo para cada sexo. No se hallaron diferencias

significativas entre mujeres atletas de sprint o de fondo en la potencia o capacidad anaeróbica a pesar de que estos valores se relacionaron con peso, masa muscular y área corporal. A pesar de ello, los hombres sprinters desarrollaron mayor potencia y capacidad anaeróbica que los fondistas.

Tabla V. Valores de capacidad anaeróbica de estudios previos usando el WAnT.

Subjects			(No.)	Anaerobic Capacity (Kg.m/30 sec.)	Investigators
Boys	7- 9 yr	untrained	(12)	910	Inbar & Bar-Or, 1975
Boys	10-14 yr	nonathletic	(35)	780	Bar-Or & Inbar, 1978
Boys	10-13 yr	all 6th grade c.	(50)	825	Grodjinovsky <i>et al.</i> , 1980
Boys	12-17 yr	nonathletic	(85)	1295	Cumming <i>et al.</i> , 1972
Males	19-21 yr	untrained	(15)	1800	Avalon <i>et al.</i> , 1974
Males	15-22 yr	athletes	(16)	1740	Inbar <i>et al.</i> , 1972
Girls	12-17 yr	nonathletic	(85)	1025	Cumming <i>et al.</i> , 1972
Females	15-22 yr	athletes	(16)	1220	Inbar <i>et al.</i> , 1972

Estas diferencias fueron significativas cuando la potencia de capacidad se relacionaron con el peso y la masa muscular.

La Tabla IV presenta las correlaciones de los valores de potencia y capacidad anaeróbica con la edad y las medidas morfológicas. Se hallaron correlaciones significativas entre potencia y capacidad anaeróbica y la mayoría de las demás medidas, con valores algo más bajos en las mujeres. Se obtuvieron correlaciones más bajas cuando la potencia y capacidad se corregían con el peso del cuerpo y la masa muscular. De todas formas, la correlación relativa a la superficie corporal tuvo muy poco efecto en la reducción del sesgo en las medidas anaeróbicas debido a la edad o influencias morfológicas.

Discusión

Este estudio nos proporciona datos para conocer la energía y capacidad anaeróbica en atletas americanos de pista de élite y de edades comprendidas entre 10 y 15 años. Es interesante comparar estos valores con los estudios previos (Tabla V). Los hombres en este estudio, tenían de 10 a 15 años que es comparable al grupo de edad de Bar-Or Inbar de 10 a 14 y con el grupo de 13 años estudiado por Grodjinovsky. La medida de la capacidad anaeróbica fue alrededor de 1430 kg. m/seg. en este estudio, casi el doble de los valores de 780 y 825 publicadas en estudios previos. Esto, sin duda, refleja el nivel superior de entreno y forma física de estos atletas de carrera, estudiados en el Instituto Wingate. El grupo de corredores de 14-15 años en este estudio tenían una capacidad anaeróbica media de 1.823 que se compara favorablemente con el estudio de Ayalon cuyo grupo de estudio constaba de hombres con edades comprendidas entre 10 y 24 años y cuya capacidad anaeróbica era de 1.800 y con el estudio de Inbar con hombres de 15 a 22 años cuya capacidad anaeróbica en este estudio fue de 968, lo cual es ligeramente superior a los chicos no entrenados de 7 a 9 años estudiados por Inbar y Bar-Or (910). Este último valor de 910 para chicos no atletas de 7 a 9 años podría ser influenciado por el hecho de

que pertenecían a una región agrícola de Israel y eran físicamente más activos que la mayoría de chicos de la misma edad. Sólo pocos estudios han usado el WAnT para medir el trabajo anaeróbico en mujeres. El grupo de mujeres de 10 a 15 años en este estudio obtuvo una capacidad de 1.063 comparado con 1.025 obtenido por un grupo de mujeres no atletas de 12 a 17 años y 1.220 obtenido por mujeres atletas de 15 a 22 años. Estos valores son relativamente comparables considerando las diferencias de edad y habilidad atléticas. La especificidad del WAnT no ha sido establecida en estudios previos, es decir, si los test sirven para tipos específicos de ejercicio (por ejemplo sprint versus carrera de resistencia). Bar-Or menciona un estudio en el cual maratonianos realizan un WAnT pobre, sugiriendo que este test podría diferenciar entre atletas de resistencia y de sprint. Esto ha sido confirmado por nuestro estudio ya que la mayoría de grupos de edad de sprinters desarrollaron mayores potencias y capacidades anaeróbicas que los corredores de larga distancia. Sin embargo, la población debería ser mayor para obtener diferencias significativas. Esto indica que el WAnT es específico en el sentido de que diferencia entre sprinters y fondistas, dado que los primeros requieren generación de energía de fuentes anaeróbicas.

La potencia y capacidad anaeróbica está relacionada con la edad, la masa muscular y área corporal. Esto implica que una capacidad anaeróbica determinada no tiene el mismo sentido para chicos de distintas edades y características físicas y puede ser un índice útil para la capacidad anaeróbica sólo cuando se comparan chicos de igual edad y características físicas. Cuando la capacidad o la potencia anaeróbica se expresan en relación al peso o masa muscular, las correlaciones con las medidas morfológicas son menores, de tal modo que hacen de estas expresiones mejores índices de la anaerobia relativa entre sujetos de distintas edades y características físicas.

En resumen, este estudio proporciona datos acerca de la capacidad anaeróbica de los corredores bien entrenados en el grupo de edad más joven usando la técnica del WAnT. Los valores son útiles porque ayudan a definir niveles más altos que se espera que puedan alcanzar corredores de esta

edad. Los hallazgos también evidencian que el WAnT tiene especificidad para medir la capacidad anaeróbica necesaria para destacar como sprinter comparado con los fondistas. Finalmente este estudio indica que el WAnT proporciona mejor índice de buen entreno anaeróbico cuando la potencia y la capacidad se expresan en relación con el peso y la masa muscular.

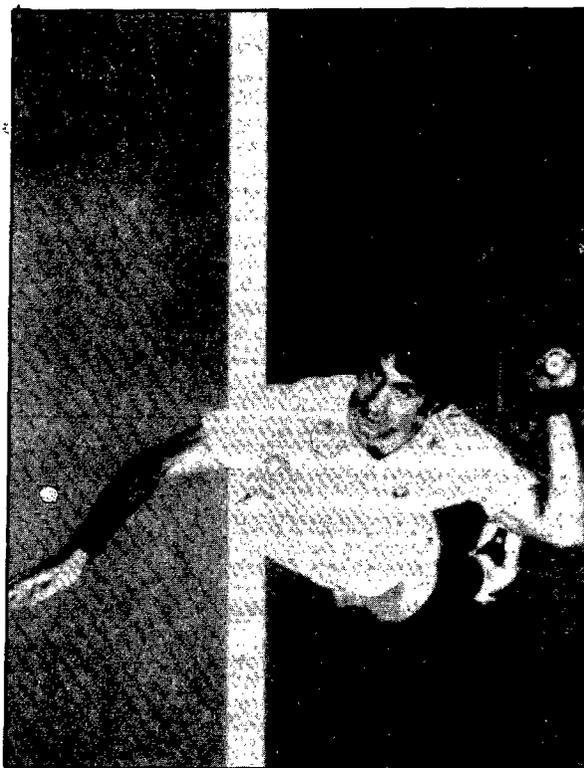
Sumario

Se estudian hombres y mujeres atletas de carrera de 10 a 15 años de un equipo de campeonato nacional, en cuanto a energía y capacidad anaeróbica usando el test de la bicicleta de Wingate. El propósito de este estudio era comparar la capacidad de estos sprinters y fondistas con otras poblaciones y examinar la relación del trabajo anaeróbi-

co con la edad y la masa corporal. Las mediciones de potencia y capacidad anaeróbica y composición del cuerpo, (usando la pesada bajo agua) se hizo durante el mes de junio cuando los atletas competían. Los sprinters masculinos desarrollaron mayor potencia y capacidad anaeróbica que los fondistas, pero esto sólo fue significativo cuando la capacidad anaeróbica se relacionó con el peso corporal y la masa muscular. No se hallaron diferencias significativas entre sprinters y fondistas femeninas. La energía y capacidad anaeróbica estuvo significativamente relacionada con la edad, masa muscular y área corporal. En apariencia el test de Wingate puede distinguir entre capacidad para sprint o para carrera de resistencia, pero es un índice más sensible de la capacidad anaeróbica cuando se expresa en relación con el peso corporal y la masa muscular.

Bibliografía

1. AYALON, A.; INBAR, O.; BAR-OR, O.: Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. *Int. Series on Sports Sciences*, Vol. 1, Biomechanics IV, 1974: 572-7.
2. BAR-OR, O.: A new anaerobic capacity test: characteristics and applications. Presented at the 21st World Congress in Sports Medicine, Brasilia, 1978.
3. BAR-OR, O.; INBAR, O.: Relationships among anaerobic capacity, sprint and middle distance running of school children. In: Shephard R, Lavalle M, eds. *Physical Fitness Assessment*. Springfield: Charles Thomas, 1978: 142-7.
4. BROZCK, J.; GRANDE, F.; ANDERSON, J.; KEYS, A.: Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci* 1963; 110:113-40.
5. CUMMING, G.: Correlation of athletic performance and aerobic power in 12 to 17. year-old children with bone age, calf muscle, total body potassium, heart volume and two indices of anaerobic power. *Proceedings of the Fourth Internacional Symposium on Pediatric Work Physiology*, 1972: 109-34.
6. GRODJINOVSKY, A.; INBAR, O.; DOLAN, R.; BAR-OR, O.: Training effect on the anaerobic performance of children as measured by the Wingate anaerobic test. *Int. Series on Sports Sciences*, Vol. 10, 1980: 139-45.
7. INBAR, O.; BAR-OR, O.: The effects of intermittent warm-up on 79 year old boys. *Europ J Appl Physiol* 1975; 34:81-9.
8. INBAR, O.; DOLAN, R.; BAR-OR, O.: Aerobic and anaerobic components of a 30 second supramaximal cycling task. *Med Sci Sports* 1976; 8:51.
9. MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; ROVELLI, E.: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J Appl Physiol* 1966; 21:1662-4.
10. MAYERS, N.; GUITIN, B.: Physiological characteristics of elite prepuberal cross-country runners. *Med Sci Sports* 1979; 11:172-6.
11. McARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, V.: Individual differences and measurement of energy capacities. In: *Exercise Physiology*. Lea and Febiger, 1961: 133-9.
12. WILMORE, J.A.: A simplified technique for determination of residual lung volumes. *J. Appl Physiol* 1969; 25:394-55.



Las condiciones de luz tienen influencia sobre la función visual. En consecuencia, las pistas de tenis deben estar bien orientadas, bien iluminadas, con su fondo desembarazado de toda superficie reflectante.

A pesar de estas precauciones, particularmente durante el servicio, el jugador puede estar expuesto al deslumbramiento, lo cual repercutirá sobre la calidad de su visión central. Ciertos sujetos son más sensibles que otros, si existen anomalías pupilares (midriasis, coloboma, aniridia) o anomalías de los medios transparentes (mancha corneal, opacidad del cristalino), pero existen variaciones que dependen de la misma retina y pueden cambiar de un sujeto a otro, siendo mesurables por el tiempo de recuperación después del deslumbramiento o por la curva medida con el adaptómetro de Goldmann Weekers. (J.P. Cousteau)