

INSTITUTO SUPERIOR DE CULTURA FISICA "MANUEL FAJARDO"

Posibilidades energéticas anaerobias en escolares de Ciudad de La Habana

Por:

NELSON ARBESU RUIZ* y JOSE YAÑEZ ORDAS*

Arbesú Ruiz, N.; J. Yáñez Ordás. *Posibilidades energéticas anaerobias en escolares de Ciudad de La Habana*. Rev Cub Ped 54: 1, 1982.

En este trabajo se trata de dar a conocer las capacidades energéticas anaerobias (CEAN) de un grupo de escolares en Ciudad de La Habana. En este fin se investigan los valores de máxima "deuda" de oxígeno (Máx. O_2 debt.) y sus fracciones alactácida y lactácida en 120 sujetos de ambos sexos entre 11 y 14 años de edad, todos sanos y sin haber practicado sistemáticamente deportes. Para conocer el grado de desarrollo de las CEAN, se hacen en dicho estudio comparaciones con autores soviéticos; las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas a favor de los sujetos investigados. Por no existir en nuestro país datos publicados al respecto, éstos se consideran un punto de partida en el estudio de esta problemática.

INTRODUCCION

En los últimos tiempos, especialistas de distintos países estudian con gran interés e intensidad la capacidad de trabajo del hombre. No es necesario extendernos a explicar el gran significado que para las ciencias biológicas posee, desde todos los puntos de vista el estudio de este problema. Sobre la capacidad del trabajo físico influyen innumerables factores, entre ellos los de mayor significación fisiológica son: el estado funcional del sistema nervioso central del aparato motor, y las posibilidades energéticas del organismo. Sobre este último, específicamente en niños y adolescentes, se poseen en nuestro país cierta cantidad de estudios, limitándose éstos únicamente al análisis de las posibilidades energéticas aerobias, sin embargo, la liberación de energía para el trabajo muscular no se produce solamente a partir de reacciones químicas aerobias, sino también anaerobias.

No es posible enmarcar un esfuerzo físico dentro de uno u otro de estos dos tipos de reacciones, ya que durante la actividad motora ambos trans-

* Candidato en Ciencias Biológicas. Instituto Superior de Cultura Física "Manuel Fajardo".

curren y se intensifican al unísono, aunque no con el mismo rango de incremento. Los procesos aerobios producidos durante el esfuerzo físico (o durante el reposo) se cuantifican al determinar la utilización de oxígeno (VO_2). Los anaerobios teniendo en cuenta, fundamentalmente, la formación de lactato (HL), CO_2 no metabólico (exceso de CO_2) y la cantidad de O_2 utilizado para el pago de la "deuda" de oxígeno (O_2 debt.). Por estas razones el desarrollo de las capacidades energéticas aerobias del organismo se expresan por medio del máximo consumo de oxígeno (Máx. VO_2) y los parámetros que de él se derivan; las anaerobias a través de la máxima deuda de oxígeno (Máx. O_2 debt.) y sus dos fracciones (1 y otros). La "deuda" de oxígeno expresa la utilización durante el esfuerzo del: creatinfosfato (CrP), oxígeno retenido en la mioglobina y hemoglobina, posteriormente la transformación de glucógeno en ácido láctico (glucólisis anaerobia).

Esto explica el hecho que luego de terminado el esfuerzo físico, en la fase de recuperación, el consumo de O_2 (VO_2) no descienda bruscamente al nivel de reposo, ya que se necesita resintetizar tanto las sustancias que no han formado ácido láctico (HL) —de aquí la denominación de fracción alactácida (fracción rápida, Alact. O_2 D)— como convertir el HL acumulado en glucógeno (fracción láctácida, lenta, Lact. O_2 D).

Se entiende pues por deuda de O_2 , la cantidad de oxígeno consumido que el organismo necesita para completar la combustión de los metabolitos acumulados durante el período en que la necesidad de O_2 no fue satisfecha, y resintetizar los compuestos alactácidos utilizados. Su determinación consiste en medir el exceso de O_2 consumido desde que cesa la actividad muscular, hasta que la utilización de oxígeno vuelve al nivel de reposo.

Los valores de Máx. O_2 debt., así como de ambas fracciones, son parámetros fisiológicos pocos estudiados en niños y adolescentes, en nuestro país casi desconocidos.

MATERIAL Y METODOS

No obstante ser la Máx. O_2 debt. un parámetro fisiológico estudiado desde hace más de cinco décadas por A. V. Hill *et al*, 1924,¹ aún no existe un criterio único sobre algunos de sus aspectos teóricos e incluso sobre los métodos de su determinación. Por ejemplo, N. I. Volkov y colaboradores, 1973,² consideran informativo un test que consiste en pedalear en un veloergómetro con el máximo de pedaleo posible durante 30-60 seg., y después determinar la "deuda" de O_2 . Otros autores proponen incrementos progresivos de las cargas cada 1-2 minutos hasta el máximo. En nuestras investigaciones nos valemos del mismo método que utilizamos para hallar el Máx. VO_2 y al final de las cargas escalonadas pedimos un minuto aproximadamente de esfuerzo supermáximo. La determinación de ambas fracciones la realizamos con el método analítico elaborado por nosotros,³ que se basa en dos funciones exponenciales.^{4,5}

En nuestras mediciones utilizamos un analizador de gases de la firma holandesa Mijnhart, con un ergómetro de bicicleta acoplado.

Los datos que presentamos a continuación fueron obtenidos en 120 escolares de Ciudad de La Habana, divididos por su edad cronológica y sexo en cuatro grupos, 11, 12, 13 y 14 años. Todos sanos y que no practicaban deportes sistemáticamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

S. Braun y J. Winter, 1964,¹¹ publican datos sobre posibilidades energéticas anaerobias, en los cuales describen que con el aumento del peso corporal y la talla, la relación entre el consumo de O₂ durante el esfuerzo y la deuda creada disminuye. Otros autores han encontrado correlaciones de otra índole, sin establecer un criterio mayoritario sobre este aspecto teórico. Es por ello que la posible relación existente entre los parámetros somatométricos y las capacidades energéticas anaerobias es hasta entonces desconocida. Las opiniones que se publican son escasas, fragmentarias y contradictorias.

Como puede observarse en el cuadro I, los valores de la Máx.O₂ debt. varían de acuerdo con la edad. Por ejemplo, si a los 11 años este parámetro alcanza un valor medio de 3,5 litros, a los 14 años ya es de 5. Los incrementos por años fueron desiguales, esto implica que el proceso de formación de las posibilidades energéticas anaerobias del organismo ocurre de forma irregular al igual que las aerobias. En el período de 11 a 12 años se producen los mayores incrementos de la Máx.O₂ debt., así como de sus dos fracciones. Este hecho nos permite pensar en la existencia de un período sensitivo en estas edades, para el desarrollo de dichas capacidades.

Es posible atribuir este desarrollo a dos grandes aspectos: al aumento de las reservas de sustancias macroenergéticas fosforiladas (aumento de

CUADRO I
POSIBILIDADES ENERGETICAS ANAEROBIAS DE LOS ESCOLARES
ESTUDIADOS (VARONES)

Edad	N	Máx. O ₂ debt. (ml)	Máx. O ₂ debt/kg (ml/kg)	Alact. O ₂ D (ml)	Alact. O ₂ D/kg (ml/kg)	Láct. O ₂ D (ml)	Láct. O ₂ D/kg (ml/kg)
11	25	3500	91	1020	27	2480	65
		± 730	± 16	± 270	± 6,9	± 680	± 19
12	20	4288	94	1234	27	3054	67,3
		± 1310	± 18	± 360	± 7,2	± 704	± 21
13	32	4595	100	1370	30	3225	70
		± 1005	± 19	± 475	± 8,6	± 600	± 20
14	18	4955	96	1390	28	3565	71
		± 952	± 18,2	± 380	± 6,8	± 690	± 17

la resistencia anaerobia alactácida), y en segundo lugar lo que no es menos importante, al desarrollo de las posibilidades de la corteza cerebral de resistir un mayor volumen e intensidad de información propioceptiva y al descenso en el equilibrio ácido-básico de la sangre, esto último, lógicamente, producto del trabajo intenso en el cual la energía procede de la glucólisis anaerobia (aumento de la resistencia anaerobia lactácida).

En el período mencionado, el aumento de la máxima deuda de O₂ fue de 780 ml, para un incremento del 22,2%. La Alact. O₂ D (fracción rápida), 214 ml (20,9%) y la Lact. O₂ D (lenta), 574 ml (23,1%). Aumento similares han sido encontrados en la población escolar soviética por M. Bider 1979.⁷ A partir de los 11 años, como se observa en el cuadro I, la Máx. O₂ debt./kg., aumenta muy ligeramente pudiéndose afirmar que este parámetro en todos los grupos de edades estudiados se encuentra casi en un mismo nivel. De los 11 a los 13 años se produjo el incremento más sustancial, aunque sólo fue de 9 ml por kg de peso corporal (9,8%; P>0,05); variaciones similares se observan en ambas fracciones. Anteriormente destacábamos lo escaso de los estudios sobre posibilidades energéticas anaerobias de la población escolar, este problema se acentúa en el sexo femenino, ya que sólo existen datos de autores soviéticos. Presentamos en el cuadro II, estos índices en dos grupos de hembras con 12 y 13 años de edad.

Los índices funcionales anaerobios del organismo de las escolares estudiadas, tienen una tendencia a su disminución a diferencia de lo encontrado en los valores. Por lo escaso de la muestra, los resultados obtenidos solamente los tomamos como un punto de partida en las investigaciones de este campo, no obstante con alguna reserva, podemos considerar que la actividad física realizada por ellas es insuficiente para el desarrollo de estas vías energéticas.

Para valorar el grado de desarrollo de las posibilidades energéticas anaerobias de los sujetos investigados por nosotros, es necesario comparar sus datos con los obtenidos en coetáneos de otras latitudes. Estas comparaciones al nivel internacional se hacen muchas veces difíciles, debido

CUADRO II
POSIBILIDADES ENERGETICAS ANAEROBIAS EN ESCOLARES
(HEMBRAS) DE CIUDAD DE LA HABANA

Edad	N	Máx. O ₂ debt. (ml)	Máx. O ₂ debt./kg (ml/kg)	Alact. O ₂ D (ml)	Alact. O ₂ D/kg (ml/kg)	Láct. O ₂ D (ml)	Láct. O ₂ D/kg (ml/kg)
12	21	3859	88	955	21	2908	66,6
		± 902	± 14	± 275	± 6,7	± 705	± 18
13	19	3585	81	1088	24,6	2596	58
		± 950	± 17	± 302	± 7,4	± 705	± 20

CUADRO III

COMPARACION DE NUESTROS DATOS (I) CON LOS OBTENIDOS EN LA UNION SOVIETICA (II) POR EL PROFESOR A. GUMINSKY Y COLABORADORES 1980*

Parámetros	Autor	Edades			
		11	12	13	14
Máx. O ₂ debt. (ml)	I	3500 ± 730	4288 ± 1310	4595 ± 1005	4955 ± 952
	II	2015 ± 650	3639 ± 1023	3510 ± 848	4377 ± 1488
Máx. O ₂ debt./kg (ml/kg)	I	91 ± 16	94 ± 18	100 ± 19	96 ± 18,2
	II	74,4 ± 14,5	86,5 ± 27,6	72,3 ± 12,1	84,7 ± 25,1
Alact. O ₂ D (ml)	I	1020 ± 270	1234 ± 360	1370 ± 425	1390 ± 308
	II	970 ± 197	1127 ± 287	1408 ± 320	1753 ± 513
Alact. O ₂ D/kg (ml/kg)	I	27 ± 6,9	27 ± 7,2	30 ± 8,6	28 ± 6,8
	II	25,9 ± 5	26,9 ± 5,5	29,2 ± 6,4	34,1 ± 10,1
Lact. O ₂ D (ml)	I	2480 ± 680	3054 ± 704	3225 ± 600	3565 ± 690
	II	1846 ± 639	2598 ± 928	2100 ± 750	2628 ± 1311
Lact. O ₂ /kg (ml/kg)	I	65 ± 19	67,3 ± 21	70 ± 20	71 ± 17
	II	48,6 ± 13,8	62,2 ± 24,1	42,9 ± 10,3	51,1 ± 18,8

a los diferentes métodos utilizados en las mediciones por distintos autores. En este caso comparamos sujetos medidos con métodos y procedimientos idénticos. En el laboratorio donde trabaja el profesor A. Guminsky, en Moscú, se usan nuestros métodos elaborados con su cooperación.

Cuando comparamos los valores obtenidos con los registrados por el autor soviético antes mencionado, encontramos diferencias favorables a los escolares habaneros en casi todos los parámetros estudiados, las que son altamente significativas en las edades de 11 y 13 años (cuadro III).

En sentido general, los índices básicos anaerobios de nuestros investigados superan los valores encontrados en los escolares moscovitas. Las diferencias en muchos de los casos fueron estadísticamente significativas ($P < 0,01$), en los grupos de 12 y 14 años la situación es distinta, y en el de 12 no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos. Sin embargo, debemos destacar que nuestros datos superan a los publicados por el profesor Guminsky, por ejemplo la Máx. O_2 debt. fue mayor en el 17,8% ($P > 0,05$) y en Lact. O_2 D en 17,5% ($P > 0,05$). Fueron superiores también los valores de Alact. O_2 D, Lact. O_2 D y Lact. O_2 D/kg en el grupo de 14 años. Las diferencias fueron significativas en los tres casos ($P < 0,05$).

En el grupo de 13 años se registraron los mayores valores de Máx. O_2 debt. sobre kilogramo de masa corporal. Los datos encontrados por nosotros superan a los de sus coetáneos moscovitas en el 31,3% ($P < 0,001$). En el caso de la fracción láctica también se encontraron diferencias altamente significativas, 63% ($P < 0,001$).

Queremos destacar un hecho encontrado en nuestras investigaciones, específicamente cuando comparamos nuestros datos con sujetos de otras latitudes. El primer componente de la "deuda" de oxígeno, cuya magnitud está relacionada con la recuperación de las uniones macroenergéticas fosforiladas, oxigenación de la mioglobina y restablecimiento de los niveles de O_2 en los líquidos celulares y sangre venosa, fue prácticamente idéntico en los dos grupos (cuadro IV).

El análisis comparativo del grupo femenino, muestra al igual que el masculino, una tendencia general a favor de nuestros sujetos investigados y en algunos de los parámetros comparados las diferencias tienen significación estadística, por ejemplo, en el grupo de 12 años la Máx. O_2 debt. fue superior en el 7,5% ($P < 0,05$), en ese mismo grupo la Lact. O_2 D es mayor en 488 ml ($P < 0,01$). Al mismo tiempo la fracción aláctica fue mayor en el grupo de escolares moscovitas y las diferentes fueron estadísticamente significativas. Los grupos de 13 años presentan valores muy similares en todos los parámetros estudiados.

El análisis de las comparaciones realizadas en nuestras investigaciones es interesante, tanto desde el punto de vista práctico como teórico. No podemos obviar que analizamos sujetos con distintos orígenes étnicos, cuyas capacidades funcionales se desarrollan en países con climas y costumbres distintas a las nuestras, lo que permite conocer con algunas limitaciones por el tamaño de la muestra, la posible influencia del medio exterior sobre el proceso de formación de estas vías energéticas.

De acuerdo con nuestros datos,^{10,11} las capacidades energéticas aerobias de cerca de 2 000 niños y adolescentes cubanos son inferiores, estadísti-

CUADRO IV

COMPARACION DE NUESTROS DATOS (I) CON LOS OBTENIDOS EN LA UNION SOVIETICA (II) POR L. BARISOVA Y COLABORADORES EN 1980^a (HEMBRAS)

Parámetros	Autor	Edades	
		12	13
		3859	3585
Máx. O ₂ debt.	I	± 902	± 950
(ml)	II	3590	3620
		± 440	± 150
Máx. O ₂ debt./kg	I	88	81
(ml/kg)	II	88,9	79,4
		± 5,3	± 5
Alact. O ₂ D	I	955	1083
(ml)	II	1180	940
		± 200	± 200
Lact. O ₂ D	I	2908	2596
(ml)	II	2420	2670
		± 300	± 410

camente significativas, que las de sus coetáneos europeos. Por otra parte, al estudiar el desarrollo de las capacidades anaerobias encontramos un fenómeno opuesto al primero, lo que pudiera ser consecuencia de una educación física unilateralmente orientada. Esta disparidad detectada puede ser como resultado también de fenómenos climáticos, los cuales condicionan el origen de un sinnúmero de juegos muy específicos en nuestro país, donde predomina los elementos rápidos anaerobios. Cualesquiera que sean las causas, consideramos que si estos fenómenos se corroboran en una muestra mayor, de magnitudes poblacionales, entonces se podrían hacer cambios sustanciales de nuestros programas de educación física en las escuelas.

CONCLUSIONES

El estudio de las posibilidades energéticas anaerobias del organismo, y específicamente del organismo en desarrollo debe considerarse como un indicador de la capacidad funcional del sujeto y de salud, ya que el

desarrollo de las mismas está limitado por el funcionalismo de importantes estructuras, por el grado de resistencia homeostática y las reservas de sustancias macroenergéticas fosforiladas.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo nos permiten suponer dos cosas: el proceso de formación y desarrollo de estos parámetros es irregular en las edades estudiadas y en segundo término la existencia de momentos o períodos sensitivos en el desarrollo de estas capacidades.

De las comparaciones realizadas con otras investigaciones podemos inferir que existe un mayor desarrollo en nuestros escolares de las vías energéticas anaerobias en comparación con las aerobias.

La educación física y los deportes deben coadyuvar al desarrollo general del sujeto y, por lo tanto, las cargas físicas han de adecuarse en todos los sentidos a los momentos biológicos del desarrollo. No es ocioso recordar que desde el punto de vista del crecimiento somático en la edad del "estirón", la actividad física debe tener una conformación tal que ayude a mejorar este proceso orgánico para el desarrollo de los órganos internos, así como de las reservas energéticas, es también necesario que las cargas físicas sean consecuentes con los períodos sensitivos del desarrollo por el que transcurre la vida del hombre, en especial la de los niños y adolescentes.

SUMMARY

Arbesú Ruiz, N.; J. Yáñez Ordáz. *Anaerobic energetical possibilities on scholars at Havana City*. Rev Cub Ped 54: 1, 1982.

In this paper we will try to inform the anaerobic energetical capacities (ANEC) on a group of scholars at Havana City. For this purpose, maximum oxygen debt (Max O_2 debt) values and their alactacid and lactacid fractions are investigated in 120 individuals of both sexes, aged between 11 and 14 years, all of them healthy people and no practicing sports systematically. To know ANEC development degree, comparisons with soviet authors are made; differences found were statistically significant in favour of the investigated subjects. Because in our country there is not published data regarding this matter, the data exposed in this paper are considered as an initial point to study the problem.

RÉSUMÉ

Arbesú Ruiz, N.; J. Yáñez Ordáz. *Possibilités anaérobies chez des écoliers de La Havane-Ville*. Rev Cub Ped 54: 1, 1982.

Les auteurs essaient de faire connaître les capacités énergétiques anaérobies d'un groupe d'écoliers de La Havane-Ville. Dans cette intention ils étudient les valeurs de "dette" d'oxygène maximale (Max. O_2 debt) et ses fractions alactacide et lactacide chez 120 individus des deux sexes, âgés entre 11 et 14 ans, tous sains et sans avoir pratiqué systématiquement des sports. Afin de connaître le degré de développement des capacités énergétiques anaérobies, ils font des comparaisons avec des études d'auteurs soviétiques; les différences trouvées ont été statistiquement significatives en faveur des sujets étudiés. Etant donné l'inexistence à notre pays de renseignements publiés concernant ce sujet, ces données sont considérées le point de départ pour l'étude de cette question.

BIBLIOGRAFIA

1. Hill, A. V. et al. Muscular exercise lactic, acid and the supply and utilization of oxygen. Proc R Soc Lond (Biol) 96: 438, 1924.
2. Volkov, N. I. Máxima potencia anaerobia en basquetbolistas. Teoría y Práctica de la Cultura Física, No. 3. Pp. 41-46. Moscú, 1973.
3. Yáñez, J. O.; A. A. Guminsky. Un método analítico para la determinación de las fracciones alactáica y lactáica de la deuda de oxígeno. Boletín Científico Técnico INDER. No. 3. Pp. 27-31. Cuba, 1978.
4. Henry, F. M.; J. De Moor. Lactic and alactic oxygen consumption in moderate exercise of graded intensity. J Appl Physiol 8 (6): 608-614, 1956.
5. Henry, F. M. Aerobic oxygen consumption and alactic debt in muscular work. J Appl Physiol 3: 427-438, 1951.
6. Braun, S.; J. Winter. Über Zusammenhänge Zwischen Erholungs Koeffizient, Körpergewicht, Alter und körperlänge, Z Gesamte Inn Med 1964, Bd. 19, U 212, S. 50-57.
7. Bider, M. Investigaciones de la reacción de los sistemas energéticos en niños y adolescentes ante cargas físicas de distinta potencia. Resumen de Tesis en opción al grado de Candidato en Ciencias Biológicas. P. 16. Publicado por el Instituto Estatal Pedagógico de Moscú, 1979.
8. Guminsky, A. A. y otros. Particularidades fisiológicas del desarrollo por edades del organismo de los escolares. En: Mecanismos de regulación neurohumoral de las funciones y su proceso de formación filo-ontogenético. Pp. 90-98, Moscú, 1980.
9. Barisova, L. M. y otros. Desarrollo físico y parámetros de los sistemas energéticos en niños de edad escolar. En: Mecanismos de regulación neurohumoral de las funciones y su proceso de formación filo— y ontogenético. Pp. 98-105. Moscú, 1980.
10. Arbesú, N. R. La influencia de distintos regímenes motores sobre los índices anatómo-funcionales de los escolares cubanos. Tesis en opción al grado científico de Candidato en Ciencias Biológicas. P. 146. Instituto Estatal Pedagógico de Moscú, 1981.
11. Yáñez, J. O. Una valoración fisiológica de la capacidad de trabajo físico de los escolares cubanos. Tesis en opción al grado científico de Candidato en Ciencias Biológicas. P. 135. Instituto Estatal de Cultura Física, Moscú, 1979.

Recibido: julio 11, 1981.

Aprobado: setiembre 14, 1981.

Dr. Nelson Arbesú C. Sc.
ISCF "Manuel Fajardo"
Santa Catalina y Primelles
La Habana 6.