

LA PUBERTAD Y LA CAPACIDAD DE TRABAJO FISICO

INSTITUTO DE NUTRICION E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

C. Dr. Nelson Arbesú Ruiz* y Lic. Antonio de los Ríos Fernández**

Se estudia en este trabajo la relación existente entre el proceso de la pubertad y las capacidades energéticas del organismo. Se investigaron un total de 125 escolares, de los cuales 75 practicaban deportes sistemáticamente y el resto sólo recibía la educación física de nuestro sistema educacional. En los deportistas la experiencia fue de 2 años. Se midió en todos los sujetos la talla y el peso de la masa corporal, el consumo máximo de oxígeno de forma directa y la máxima deuda de ese gas que se acumula luego de un esfuerzo muscular supermáximo; se integró entonces, la capacidad de trabajo físico aerobio del organismo y la anaerobia. Se determinó también el grado de madurez biológica (fisiológica) por un procedimiento somatoscópico (método axilas-pubis). Se destaca que el procesamiento estadístico realizado permitió asegurar que en los niños estudiados no deportistas el incremento del peso de la masa corporal impide el desarrollo armónico de las capacidades energéticas del organismo. Se señala que esta discordancia es más manifiesta en el caso de las capacidades anaeróbicas; además el análisis de los resultados permitió sospechar sobre la existencia de un periodo sensitivo, en relación con la capacidad anaeróbica, antes del incremento brusco de la masa corporal durante la pubertad.

INTRODUCCION

Uno de los problemas biomédicos más importantes dentro de la práctica sistemática del deporte en las edades infantiles y juveniles lo constituye la determinación de los distintos "periodos sensitivos", cuando transcurre el momento más propicio en la formación de una u otra función del organismo. Es conocido que cuando son consideradas las leyes biológicas del

* Candidato a Doctor en Ciencias Biológicas. Investigador Auxiliar.

** Licenciado en Cultura Física y Deportes.

desarrollo, los deportistas adolescentes y juveniles obtienen mayores resultados en la edad adulta.¹⁻³ En especial, un gran significado práctico posee la determinación de los momentos "sensitivos" para el desarrollo de las posibilidades energéticas del organismo. En otras palabras, el desarrollo del sistema de abastecimiento de oxígeno a los tejidos y de los mecanismos anaeróbicos, alactácido y lactácido. Sobre el primer aspecto existen algunas investigaciones donde se demuestra que la pubertad es el momento más idóneo para el incremento del máximo consumo de O_2 (Máx. VO_2). Por esta razón, dicho periodo es recomendado como un criterio en la selección de deportistas para las escuelas especializadas.⁴ Existen además datos experimentales (obtenidos en nuestro país), que demuestran cuál actividad física es más acertada para el mayor incremento de los índices cardiohemorrespiratorios en estas edades, específicamente para elevar el parámetro más integral de dichas funciones, el Máx. VO_2 .^{5,6} Sin embargo, muy poco se ha escrito acerca del segundo aspecto mencionado, el desarrollo de los mecanismos energéticos anaeróbicos y su relación con los complejos procesos orgánicos de la pubertad. En nuestro país, y en gran parte del mundo, esta problemática constituye algo poco estudiado, lo que limita los conocimientos tanto teóricos como prácticos que se poseen, acerca de estas funciones durante la pubertad.

MATERIAL Y METODO

Investigamos 125 adolescentes, 50 no deportistas y el resto había practicado distintos deportes sistemáticamente, por más de 2 años.

El objetivo fundamental del trabajo consistió en estudiar la relación existente entre el desarrollo de las posibilidades energéticas anaeróbicas y el nivel de madurez biológica (fisiológica). El grado de maduración fisiológica se determinó por medio de las características sexuales secundarias (madurez sexual): vellosidades en el pubis (P) y axilas (A). Se estableció el grado de desarrollo de ambos índices por medio de un sistema de puntos.^{7,8} En cada grupo investigado se determinó el peso corporal en kilogramos, la talla en centímetros y la capacidad vital en mililitros.

Para valorar el desarrollo de las posibilidades energéticas aerobias (cardiohemorrespiratorias), determinamos de forma directa en condiciones de laboratorio el Máx. VO_2 capaz de alcanzar el organismo y los parámetros que de él se derivan. El desarrollo de los mecanismos de suministro energético anaeróbico al trabajo muscular fue valorado mediante la máxima deuda de O_2 (Máx. O_2 debt.) que puede contraer el sujeto y sus fracciones (F) alactácida y lactácida. Estos importantes índices fisiológicos nos permiten diagnosticar tanto acerca del nivel de capacidad de trabajo físico aeróbico, como anaeróbico. Se integran entonces el sistema de abastecimiento de O_2 a los tejidos, las posibilidades de utilización del creatín-fosfato (CrP) en el trabajo muscular y la resistencia a los cambios provocados en el medio interno por la glicólisis anaeróbica.

El análisis espiroergométrico, potencia del esfuerzo en watts, así como la composición del aire espirado (O_2 y CO_2) durante el esfuerzo, fue realizado con un analizador de gases Mijnhart² (Holanda). Este equipo acoplado a un ergómetro de bicicleta, permite recibir la información de las magnitudes dadas en cada minuto en forma digital. El equipo registra la potencia entregada al ergómetro, la frecuencia y profundidad respiratoria, frecuencia cardíaca, ventilación pulmonar en condiciones STPD y BTPS, el tanto por ciento de O_2 y CO_2 en el aire espirado, el consumo y pulso de O_2 , la eficiencia ventilatoria y el gasto energético, entre otros índices. Todas las mediciones se realizaron en condiciones de laboratorio con una temperatura ambiente entre 24 y 26°C. Los procedimientos utilizados para determinar estos parámetros han sido publicados y en algunos casos constituyen modificaciones hechas en nuestros laboratorios a los métodos recomendados internacionalmente.^{9,10}

Las modificaciones han sido, esencialmente, respecto de los criterios utilizados para adecuar los escalones del esfuerzo progresivo en el ergómetro. Estas constituyen una adecuación del valor de las cargas (en watts o kg/min) a las características de los escolares cubanos.

El tratamiento estadístico realizado consistió en el cálculo de la media aritmética, desviación estándar, criterio paramétrico de Student y el análisis de correlación lineal.

RESULTADOS Y DISCUSION

Diferentes autores han establecido la estrecha relación existente entre los parámetros somatométricos y funcionales, con el momento en que se inician los complejos procesos de la pubertad. Se sabe también, que en el momento de más actividad de estos procesos, la práctica adecuada de los deportes produce los mayores incrementos del sistema de abastecimiento de O_2 a los tejidos. Además, su utilización, es decir, la forma de detectar este momento, debe ser por medio de la edad biológica y no basándonos únicamente en la cronológica.

En la tabla 1 analizamos esta interdependencia, donde como aspecto novedoso incluimos índices de posibilidades energéticas anaeróbicas. Los resultados obtenidos demuestran cómo 2 grupos de escolares que poseen una misma edad cronológica difieren entre sí, tanto en los índices básicos del desarrollo estructural, como también en relación con los valores absolutos de capacidad física de trabajo aeróbico y anaeróbico. Sin embargo, si estos parámetros acerca del desarrollo de los sistemas de suministro energético al trabajo muscular los consideramos sobre kilogramo de peso corporal, el nivel de capacidad de trabajo físico resulta igual en ambos grupos (tabla 2).

Es importante destacar, que el incremento del peso corporal en el grupo fisiológicamente más maduro, impidió que aumentaran las posibilidades energéticas en relación con dicho incremento somático. De no ser por situaciones morbosas, en este periodo siempre se producirá un salto brusco del

TABLA 1. Índices del desarrollo estructural y funcional en relación con el grado de madurez biológica (no deportistas)

Parámetros estructurales	Grado de madurez biológica		Criterio t de Student
	A _{0,5} P ₁ (n=25)	A _{1,8} P _{2,4} (n=25)	
Edad	13.2 (0.9)	13.6 (0.7)	
Peso corporal (kg)	41.4 (4.8)	48.6 (5.0)	5.21
Talla (cm)	15.3 (6.2)	16.2 (7.4)	4.66
Capacidad vital (mL)	2 350 (280)	2 900 (390)	5.72
Funcionales			
Máx. VO ₂ (mL/min)	1 905 (285)	2 235 (300)	3.89
Pulso de O ₂ (mL/lat)	9.0 (1.0)	10.6 (1.5)	4.4
Máx. O ₂ debt. (mL)	4 050 (850)	4 770 (920)	2.88
Fracción alactácida (mL)	1 200 (290)	1 458 (370)	2.74
Fracción lactácida (mL)	2 850 (450)	3 315 (600)	3.09

\bar{X} (DS)

Leyenda: A: vellos axilares; P: vellos pubianos; F: fracción.

Nota: Nivel de significación para $t_{0.01} = 2.68$.

peso y la talla. Por ejemplo, el grupo de escolares que analizamos pesa 7 kg y mide 9 cm, más, como valor medio, que el menos maduro fisiológicamente. La educación física y los deportes deben coadyuvar en este momento a lograr un desarrollo armónico, es decir incrementar las posibilidades energéticas del organismo en proporción con el aumento vertiginoso de las estructuras somáticas. Evidentemente, en los escolares que no practican sistemáticamente deportes, el incremento del peso corporal conlleva a una disminución tanto de la capacidad física del trabajo aeróbica, donde nuestros datos coinciden con los obtenidos por otros autores, como de la anaeróbica, hecho encontrado por vez primera en este trabajo. Este hallazgo nos permite, desde el punto de vista teórico, poseer un conocimiento más profundo acerca del complejo e importante período de la pubertad y al mismo

TABLA 2. Desarrollo de los sistemas energéticos (relativo al peso corporal) en adolescentes no deportistas con distintos grados de madurez biológica

Parámetros funcionales	Grados de madurez biológica				P Mayor que:
	A _{0,5}	P ₁	A _{1,3}	P _{2,4}	
Máx. VO ₂ /kg (mL/kg)	46,0	(4,7)	45,9	(6,4)	0,05
Pulso de O ₂ /kg (mL/kg)	0,217	(0,020)	0,220	(0,018)	0,05
Máx. O ₂ debt./kg (mL/kg)	97,8	(15,4)	98,2	(16,8)	0,05
Fracción alactácida/kg (mL/kg)	28,9	(5,8)	30,0	(7,6)	0,05
Fracción lactácida/kg (mL/kg)	68,8	(18)	68,1	(20)	0,05

\bar{X} (DS)

Leyenda: A: vellos axilares; P: vellos pubianos; F: fracción.

tiempo, introducir nuevos criterios en la práctica de la educación física y los deportes en estas edades.

El resto de los sujetos investigados habían practicado sistemáticamente deportes durante más de 2 años. Los índices del desarrollo estructural, así como las posibilidades energéticas del organismo aparecen en la tabla 3. No realizamos comparaciones entre los distintos deportes, por no constituir dichas comparaciones un objetivo de este trabajo y además por estar publicadas en artículos anteriores.^{5,6}

Un incremento más intenso de los índices funcionales energéticos, en comparación con los niños no deportistas, neutralizó el aumento del peso corporal y su influencia negativa sobre la capacidad de trabajo físico en el organismo de los escolares que practican sistemáticamente deportes. A esta conclusión llegamos mediante el análisis de correlación lineal realizado entre los índices investigados, cuando dividimos toda la muestra en "no deportistas" y "deportistas".

En la tabla 4 aparecen los coeficientes de correlación hallados en el primer grupo de escolares (no deportistas), donde se hace evidente lo antes señalado, la influencia desfavorable del incremento somático propio de la pubertad. Esto se aprecia por la correlación negativa encontrada entre el peso corporal, la talla y el grado de madurez biológica, con los índices básicos de las posibilidades energéticas aerobias.

TABLA 3. Índices del desarrollo estructural y funcional en relación con el grado de madurez biológica (escolares deportistas)

Parámetros estructurales	Atletismo n=15	Boxeo n=20	Beisbol n=21	Baloncesto n=19
Edad	13.2	13.0	13.4	13.6
Madurez biológica	A _{0.5} P _{1.7}	A _{0.2} P ₂	A _{0.7} P _{1.5}	A _{1.3} P _{2.5}
Peso corporal (kg)	45.5 (7)	47 (4.8)	54 (6.2)	61.1 (7.1)
Talla (cm)	160 (8)	158 (7)	164 (5.5)	175 (7.5)
Capacidad vital (mL)	2 800 (276)	3 000 (300)	2 900 (280)	3 010 (320)
Funcionales				
Máx. VO ₂ O ₂ (mL)	2 246 (517)	2 617 (350)	2 715 (452)	2 800 (398)
Máx. VO ₂ /kg	48.8 (7.2)	54 (6)	58 (3.2)	45.8 (5.6)
Pulso de O ₂ (mL)	12.5 (2.6)	15 (4)	15 (2.5)	15.2 (3)
Presión de O ₂ /kg	0.274 (0.028)	0.319 (0.030)	0.270 (0.032)	0.248 (0.029)
Máx. O ₂ debt. (mL)	5 500 (697)	6 700 (820)	5 405 (2 076)	5 025 (2 070)
Máx. O ₂ debt./kg	120 (7.8)	142 (20)	97 (31)	82 (28)
Fracción alactácida (mL)	1 080 (220)	2 300 (620)	1 458 (549)	1 460 (502)
Fracción láctica (mL)	4 060 (383)	4 400 (750)	3 900 (1 750)	3 560 (650)

\bar{X} (DS)

TABLA 4. Correlación entre los índices antropométricos, el grado de madurez biológica y las posibilidades energéticas del organismo (escolares no deportistas)

		Máx. O ₂ debt./kg		Fracción alactácida	Fracción lactácida	Talla	Peso	Coefficiente de madurez sexual	
		0,701		0,189	0,708	0,101	-0,401	0,501	Máx. VO ₂ debt.
				0,201	0,801	0,010	-0,302	0,402	Máx. O debt./kg
Peso	0,500								Fracción alactácida
Talla	0,499	0,708			0,108	0,180	-0,902	0,200	Fracción lactácida
Máx. VO ₂	0,502	0,502	0,616			0,210	-0,502	0,309	
Máx. VO ₂ /kg	-0,060	-0,483	-0,429	0,309					
Pulso	0,501	0,600	0,410	0,901	0,502				
Pulso O ₂ /kg	0,488	0,401	-0,350	-0,402	0,900	0,490			
	Coefic. de madurez sexual	Peso	Talla	Máx. VO ₂	Máx. VO ₂ /kg	Pulso O ₂			

Nota: Nivel de significación $r_{0,05} = 0,277$

En relación con los parámetros de capacidad funcional anaeróbica hallamos el mismo fenómeno, reflejado por medio de los coeficientes de correlación obtenidos entre la máxima deuda de O_2 y sus fracciones y los índices de desarrollo estructural.

Sin embargo, en este caso específico, a diferencias de los parámetros aerobios, la influencia negativa es aún mayor, lo que se aprecia por la correlación hallada entre la Máx. O_2 debt. absoluta y el peso corporal. Según estos resultados, podemos pensar que por causas relacionadas con el incremento vertiginoso del soma se dificulte el desarrollo de los índices fisiológicos que miden estos parámetros, ya sea la capacidad metabólica, efectividad o la velocidad de desarrollo. En el caso del Máx. VO_2 , no encontramos una relación negativa (correlación) de este valor absoluto y el peso corporal, lo que nos permite sospechar acerca de la existencia de momentos y periodos sensitivos distintos para la energética anaeróbica. Está establecido, y los datos que hemos hallado en nuestro país lo confirman, que en el momento de mayor "apogeo" de los procesos propios de la pubertad, la práctica sistemática de deportes constituye un estímulo ideal para el incremento de las posibilidades energéticas aerobias. Este periodo sensitivo coincide además, con el de mayor aumento de las estructuras somáticas. Es muy probable que los momentos anteriores a este periodo conformen los más idóneos para desarrollar las vías energéticas anaeróbicas.

Cuando analizamos los coeficientes de correlación encontrados en los sujetos deportistas (tabla 5), se destaca la neutralización que ejerce la práctica sistemática de los deportes sobre el incremento del peso corporal durante la pubertad. Es importante destacar, que si bien no fueron hallados coeficientes de correlación negativos entre el Máx. VO_2/kg , el peso corporal y la talla, tampoco podemos hablar que estamos en presencia de una relación armónica entre el desarrollo de estos parámetros. Algo similar encontramos con el máximo pulso de O_2 . Todo parece indicar que el "heterocronismo", así como el desarrollo y formación "a saltos" del organismo, no logran ser totalmente amortiguados en estas edades, con las actividades físicas realizadas por estos sujetos.

De gran interés constituye este análisis en el caso de las posibilidades energéticas anaerobias, porque como ya habíamos señalado, sobre estos índices se posee un escaso número de conocimientos en las edades tempranas.

Ninguno de los índices anaerobios estudiados guarda correlación con los parámetros talla y peso corporal. Sobre esta cuestión S. Braun y J. Winter, 1964,¹¹ publican datos donde demuestran, que con el incremento del peso corporal y la talla se produce una disminución de las posibilidades energéticas anaerobias. Específicamente se basan en que se incremente el ingreso de O_2 durante el esfuerzo, lo que hace disminuir la posibilidad de hacer una mayor deuda. Estas relaciones continúan siendo aún confusas y en muchos casos los datos experimentales contradictorios; para nosotros despiertan gran interés, pues sostenemos el criterio de que en nuestro país se está produciendo un mayor desarrollo de las posibilidades energéticas anaerobias^{12,13} o en otras palabras, que se imponen por diversas razones las anaerobias sobre las aerobias.

TABLA 5. Correlación entre los índices antropométricos, el grado de madurez biológica y las posibilidades energéticas del organismo (escolares deportistas)

		Máx. O ₂ debt./kg	Fracción alactácida	Fracción lactácida	Talla	Peso	Coefficiente de madurez sexual	
		0,780	0,305	0,850	0,100	0,100	0,405	Máx. O ₂ debt.
			0,290	0,890	0,200	0,150	0,605	Máx. O ₂ debt./kg
Peso	0,480			0,180	0,160	0,154	0,108	Fracción alactácida
Talla	0,400	0,802			0,190	0,200	0,804	Fracción lactácida
Máx. VO ₂	0,900	0,690	0,650					
Máx. VO ₂ /kg	0,402	0,146	0,138	0,690				
Pulso de O ₂	0,704	0,580	0,650	0,902	0,720			
Pulso O ₂ /kg	0,450	0,180	0,150	0,670	0,940	0,760		
	Coefficiente de madurez sexual	Peso	Talla	MX. VO ₂	Max. VO ₂ /kg	Pulso O ₂		

Nota: Nivel de significación $r_{0,05} = 0,219$

CONCLUSIONES

1. En los adolescentes que no practican sistemáticamente deportes, el aumento del peso corporal impide el incremento armónico de la capacidad de trabajo físico aeróbico como anaerobio.
2. El proceso de desarrollo de las posibilidades energéticas anaeróbicas en el organismo infantil, es más entorpecido por el incremento del peso corporal que en el caso de las aeróbicas.
3. Sospechamos sobre la existencia de un periodo sensitivo en relación con la capacidad de trabajo físico anaeróbico, que se manifiesta antes del incremento brusco del peso corporal durante la pubertad.

SUMMARY

This paper deals with the study of relationship existing between process of puberty and energy capacities of the organism. A total of 125 students was investigated, of them 75 practiced sports systematically and the rest only practiced the physical education scheduled in our educational system. The experience in sports students was two years. Height and body weight, direct maximum oxygen waste and maximum oxygen debt accumulated after a super-maximum muscle effort, were measured; then, aerobic and anaerobic physical work capacities were integrated. Degree of biologic maturity (physiologic) was also determined by a somatoscopic procedure (puboaxillary method). The statistical procedure performed allowed to assert that in non-sports children under study, increase of body weight impedes the harmonious development of energy capacities of the organism. It is pointed out that such disagreement is more evident in the case of anaerobic capacities; in addition, the analysis of results allowed to suspect the existence of a sensitive period, in relation to anaerobic capacity, before a rough increase of body mass during puberty.

RESUME

Dans ce travail on étudie le rapport existant entre le processus de la puberté et les capacités énergétiques de l'organisme. La recherche a porté sur 125 écoliers, dont 75 pratiquaient systématiquement des sports et le reste ne réalisaient que les exercices de culture physique compris dans le système d'éducation du pays. Chez les sportifs l'expérience a duré 2 années. Chez tous les sujets on a déterminé la taille et le poids de la masse corporelle, la consommation maximale d'oxygène en forme directe et la dette maximale de ce gaz qui s'accumule après la réalisation d'un effort musculaire surmaximal. On a alors intégré la capacité de travail physique aérobie et anaérobie de l'organisme. On a aussi déterminé le degré de maturité biologique (physiologique) au moyen d'un procédé somatoscopique (méthode aisselles-pubis). Le traitement statistique des données a permis d'assurer que chez les enfants non sportifs étudiés l'accroissement du poids de la masse corporelle empêche le développement harmonieux des capacités énergétiques de l'organisme. Cette discordance est plus évidente dans le cas des capacités anaérobies. En outre, l'analyse des résultats a permis de suspecter l'existence d'une période sensitive, par rapport à la capacité anaérobie, avant l'accroissement brusque de la masse corporelle pendant la puberté.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SARIS, W. H. M. ET AL.: The relationship between working performance, daily physical activity, fatness, blood lipids, and Nutrition in schoolchildren. In: "Children and Exercise IX", Ed.: K. Berg, B. O. Eriksson, University Park Press Baltimore, 1980, pp. 166-174.
2. _____: Reference values for aerobic power of healthy 4 to 18-year old Dutch children: preliminary results. In: "Children and Exercise XI", Ed.: R. A. Binkhorst, H. C. Kemper and W. H. M. Saris, Champaign, IL: Human Kinetics, 1988, pp. 3-25.
3. _____: Referentiewaarden voor het lichamelijk prestatievermogen van jongens en meisjes tussen de veir en achttien jaar. Eindverslag, Subsidie Nederlandse Hartstichting, nummer 79.015, 1987, p. 92.
4. BOUCHARD, C.; R. MANILA: Genetics of physiological fitness and motor performance. *Exerc Sports Sci Rev* 11: 306-339, 1983.
5. ARBESU, N.: Las influencias de distintos regimenes motores sobre los indices morfo-funcionales de los escolares cubanos. Tesis para la obtención del grado científico de Candidato en Ciencias Biológicas, 1981, pág. 125. Instituto Estatal Pedagógico de Moscú. (Facultad de Bioquímica).
6. YAÑEZ, J.; N. ARBESU: Algunos aspectos del desarrollo de las capacidades funcionales de los niños y los adolescentes que practican sistemáticamente deportes. *Boletín Científico Técnico, INDER*, No. 2, 1978, pp. 19-27.
7. BRATANOV, B.; K. KUBAT: Physiology and Pathology of puberty. Publishing House, Medicine i Fizkultura, Sofia, 1965, pp. 54-59.
8. GRIMM, H.: Grundriss der Konstitutionsbiologie und Anthropometrie, dritte, neu bearbeitete Auflage. Berlin, 1966. S. 290.
9. YAÑEZ, J.; N. ARBESU; G. BLANCO: Método de carga biológica para la determinación de la capacidad de trabajo. *Boletín Científico Técnico, INDER*, No. 2, 1977, PP. 21-29.
10. YAÑEZ, J.; A. GUMINSKY: Un método analítico para la determinación de las fracciones alactácida y lactácida de la deuda de O_2 . *Boletín Científico Técnico, INDER*, No. 3, 1978, pp. 27-31.
11. BRAUN, S.; J. WINTER: Über Zusammenhänge Erholungs Koeffizient, Körpergewicht, Alter und Körpergröße, *Z Gesamte In Med* 1964, Bd. 19, U 212. S. 50-57.
12. YAÑEZ, J.; N. ARBESU: Desarrollo de las posibilidades energéticas aerobias en un grupo de escolares cubanos. *Rev Cubana Pediatr* 54: 1, 1982.
13. ARBESU, N.; J. YAÑEZ: Posibilidades energéticas anaerobias en escolares de Ciudad de La Habana. *Rev Cubana Pediatr* 54: 1, 1982.

Recibido: 17 de septiembre de 1988. Aprobado: 5 de octubre de 1988.

C. Dr. Nelson Arbesu Ruiz. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, calle Infanta y Crucero, municipio Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba.