

Esfuerzo submáximo de niños en la altura

Jere D. Haas,² Lawrence P. Greksa,² Thomas L. Leatherman,²
Geraldine Moreno-Black,² Luis Paredes Fernandes³
Mario Paz Zamora,¹ Hilde Spielvogel¹

1 Instituto Boliviano de Biología de Altura

2 Universidad Cornell - U.S.A.

3 Clínica Nacional del Deporte

SUMMARY

Fifty-five preadolescent boys of European ancestry were given submaximal exercise tests in La Paz, Bolivia (mean altitude of 3600 m). Twenty-nine of the boys were born at high altitude (HAB) and 26 were born at low altitude (LAB). $\dot{V}O_2$ and relative work intensity ($\dot{V}O_2/\dot{V}O_{2max}$) were significantly lower in HAB boys than in LAB boys, suggesting that the HAB boys were better adapted to hypobaric hypoxia than the LAB boys. Also, interindividual variability was considerably greater in LAB than HAB boys for many measures, including $\dot{V}O_2$. This may reflect considerable individual differences in the development of adaptive responses to hypobaric hypoxia among LAB boys.

RESUMEN

55 niños pre-adolescentes de descendencia Europea fueron sometidos a pruebas de esfuerzo submáximo en La Paz (3600 m.), 29 de los niños nacidos en la altura (HAB) y 26 nacidos en tierras bajas (LAB). El $\dot{V}O_2$ y la intensidad relativa de trabajo ($\dot{V}O_2/\dot{V}O_2 \text{ max}$) fueron significativamente más bajos en el grupo HAB que en el LAB. También la variabilidad entre los individuos era considerablemente más grande en los niños LAB que en los niños HAB para muchos parámetros, inclusive $\dot{V}O_2$. Esto podría reflejar diferencias individuales considerables del desarrollo de las respuestas adaptativas a la hipoxia hipobárica en los niños LAB.

INTRODUCCION

En un anterior trabajo se describió la capacidad de trabajo máximo en niños pre-adolescentes nativos y migrantes residentes de la altura. El $\dot{V}O_2 \text{ max}$ (ml/kg/min)

era similar en estos grupos, empero la carga de trabajo a la cual se alcanzó el $\dot{V}O_2 \text{ max}$ era significativamente más alta en los niños nacidos en la altura que en los niños nacidos en tierras bajas. Con el propósito de explorar más la naturaleza y las consecuencias de estas diferencias, se comparó la capacidad de trabajo submáximo entre estos grupos.

MATERIAL Y METODOS

Los sujetos y métodos para este estudio son los mismos que en el artículo anterior. El presente artículo describe los resultados de una carga de trabajo de 9 o/o y 4.5 kph. Diferencias en la grasa corporal representan una posible causa de error debido a que la potencia de trabajo está negativamente relacionada con la grasa corporal. Con el propósito de minimizar la variabilidad de la grasa corporal dentro y entre las muestras se hicieron los análisis solamente en los niños que tenían un pliegue cutáneo tricípital de menos de una desviación standard por

encima del promedio de la muestra combinada. Con estas limitaciones la muestra fué reducida a 55 niños, 29 nacidos en la altura y 26 nacidos en tierras bajas.

Los parámetros standard y sus relaciones fueron calculados para cada sujeto. En suma se calcularon: equivalente ventilatorio ($\dot{V}_{E\text{BTPS}}/\dot{V}_{O_2\text{ STPD}}$), pulso de oxígeno ($\dot{V}_{O_2\text{ STPD}} \times 1000$ / frecuencia cardiaca) intensidad relativa de la carga de trabajo ($\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_{O_2\text{max}}$), porcentaje de O_2 extraído (20,93 - F_{EO_2}) y volúmen corriente ($\dot{V}_T = \dot{V}_{E\text{BTPS}}/f$). Los análisis estadísticos se hicieron con SPSS (Nie y col. 1975).

RESULTADOS

Las características físicas seleccionadas de los niños nacidos en la altura (HAB) y nacidos en tierras bajas (LAB) están presentadas en la Tabla 1.

TABLE 1
CARACTERISTICAS FISICAS DE 29 NIÑOS
NACIDOS EN LA ALTURA (HAB) Y DE 26 NIÑOS
NACIDOS EN TIERRAS BAJAS (LAB)

	HAB		LAB	
	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
EDAD (años)	10.9	1.1	10.5	1.1
TALLA (cm)	146.5	9.9	141.2	8.1
PESO (kg)	33.7	5.3	33.2	5.1
PLIEGUE CUTANEO TRICIPITAL (mm)	10.2	2.6	10.0	2.5
CIRCUNFERENCIA MUSCULAR DEL BRAZO CALCULADA (cm)	17.8	1.1	17.6	1.3

Los niños LAB eran algo más jóvenes, más altos y más livianos que los niños HAB, pero un modo de análisis de la varianza indicaba que ninguna de estas diferencias era significativa.

Las respuestas promedio de los niños HAB y LAB al ejercicio submáximo (90/o, 4,5 kph) están mostradas en la Tabla 2.

Se encontraban grandes diferencias entre los grupos respecto a sus respuestas al ejercicio submáximo. Un modo de análisis de la varianza indicaba que la frecuencia cardiaca, el cociente respiratorio, \dot{V}_E , \dot{V}_{O_2} (l/min), \dot{V}_{O_2} (ml/kg/min), el equivalente ventilatorio y la intensidad relativa de trabajo eran significativamente más grandes en los niños LAB que en los niños HAB, mientras que el porcentaje del oxígeno extraído era significativamente más bajo en los niños LAB que en los niños

TABLE 2

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE 29 NIÑOS
NACIDOS EN LA ALTURA (HAB) Y 26 NIÑOS
NACIDOS EN TIERRAS BAJAS (LAB) AL EJERCICIO
SUBMÁXIMO (90/o, 4,5 kph)

	HAB		LAB	
	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
FRECUENCIA CARDIACA (latidos/min)	140.8	12.7	162.5	25.8
COCIENTE RESPIRATORIO	1.09	0.07	1.09	0.10
\dot{V}_E BTPS (l/min)	39.7	5.7	52.1	15.8
\dot{V}_{O_2} STPD (l/min)	0.86	0.14	1.01	0.26
\dot{V}_{O_2} STPD (ml/kg/min)	25.7	2.7	31.5	7.3
PULSO DE OXIGENO (ml/min)	6.1	1.1	6.2	1.3
EQUIVALENTE VENTILATORIO	46.8	6.9	51.4	5.9
O_2 EXTRAÍDO (o/o)	4.16	0.53	3.81	0.42
f (respiraciones/min)	45.8*	12.8	51.3	16.2
\dot{V}_T (l)	0.92*	0.25	1.05	0.27
PRODUCCION DE TRABAJO (kg m/min)	226.7	35.8	216.9	34.7
$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_{O_2\text{max}}$	0.65	0.08	0.77	0.13

*N = 28

HAB (Tabla 2). No existían diferencias significativas entre los grupos referente a pulso de oxígeno, frecuencia respiratoria, volúmen corriente ni producción de trabajo.

Se realizaron también análisis de covarianza en relación a talla y peso con el propósito de que estos resultados no fuesen confundidos por diferencias de la superficie corporal entre las muestras. El control de la misma no tenía efecto sobre la mayoría de las comparaciones. Sin embargo, después del control para talla y peso, la significación de las diferencias entre los niños HAB y LAB respecto al equivalente ventilatorio y cociente respiratorio decrecieron ($P < 0.06$ y $P < 0.08$ respectivamente), mientras que la significación del volúmen corriente se incrementaba ($p < 0.05$).

Debido a que las respuestas fisiológicas al ejercicio submáximo están en relación con la intensidad relativa del trabajo, se hicieron también análisis de covarianza controlando la superficie corporal y la intensidad relativa de trabajo. En este caso no existían diferencias significativas entre las muestras respecto a sus respuestas fisiológicas al ejercicio submáximo.

La variación en algunos parámetros durante el trabajo submáximo era considerablemente más grande en los niños LAB que en los niños HAB. Por ejemplo, las desviaciones standard de frecuencia cardiaca, \dot{V}_E y \dot{V}_{O_2}

eran 2 a 3 veces más grandes en los niños LAB que en los niños HAB (Tabla 2).

DISCUSION

Después de controlar para talla y peso, muchos de los parámetros durante el esfuerzo submáximo, inclusive el $\dot{V}O_2$ y la intensidad de trabajo se encontraron diferencias significativas entre los niños HAB y LAB. Estas diferencias fueron en el sentido de un comportamiento superior de los niños HAB. Debido a que la producción de trabajo no difería entre los grupos, estos hallazgos sugieren que los requerimientos de oxígeno y la carga fisiológica de una cantidad determinada de trabajo eran significativamente más bajos en los niños HAB que en los niños LAB. Debido a los requerimientos más bajos de oxígeno de los niños HAB, éstos parecerían mejor adaptados a su ambiente hipóxico que los niños LAB.

Muchas respuestas fisiológicas al ejercicio submáximo, tales como $\dot{V}E$ están afectadas por la intensidad relativa de la carga de trabajo. Por tal razón, se realizaron análisis de covarianza en los cuales, todas las respuestas fueron ajustadas a una intensidad relativa común de trabajo. En este caso, el $\dot{V}O_{2max}$ era similar en los grupos y también equivalente a un ajuste de todas las respuestas a un $\dot{V}O_2$ común. Después de dicho ajuste no se observaron, en las respuestas fisiológicas al ejercicio submáximo, diferencias significativas. Este hallazgo sugiere que las diferencias entre los grupos respecto a frecuencia cardíaca, $\dot{V}E$ y V_T son una consecuencia de las diferencias entre los grupos en relación al $\dot{V}O_2$ ó a la intensidad relativa de trabajo o ambos mecanismos combinados. Esto, por supuesto deja sin explicación la diferencia inicial entre los niños HAB y LAB respecto a los requerimientos de oxígeno para una determinada cantidad de trabajo. La causa de esta diferencia en eficiencia no es aparentemente inmediata. Debido a la alta intensidad relativa de trabajo, a la que fueron sometidos ambos grupos ciertamente, los mecanismos anaeróbicos intervinieron. Si se supone que los requerimientos totales de fuerza eran similares entre los grupos, tal vez la diferencia en el $\dot{V}O_2$ era el resultado de una mayor parte de los requerimientos totales de fuerza de los niños HAB proporcionada por fuentes anaeróbicas de energía. Estudios de adultos durante la exposición aguda a la hipoxia dan algún soporte para tal hipótesis (Billings y col. 1971). También el costo energético de la respiración puede haber diferido entre los grupos, aunque Mazess (1968) no encontró diferencias significativas entre varones adultos nativos y residentes aclimatizados (3 a 16 meses).

Otras explicaciones posibles, desde luego existen, tal como una eficiencia incrementada de la utilización del oxígeno por parte de los niños HAB (Reynarfarje y Velasquez, 1966).

La variabilidad entre individuos, en muchos de los parámetros fisiológicos durante el esfuerzo submáximo, fue considerablemente más grande en los niños LAB que en los niños HAB (Tabla 2). Los coeficientes de variación ($SD \times 100 / \bar{x}$) de frecuencia cardíaca, $\dot{V}O_2$ (l/min) y $\dot{V}E$ de los niños de La Paz fueron comparados con los coeficientes de 6 estudios de niños normales residentes de tierras bajas. Los coeficientes de variación para el grupo de niños HAB están dentro de los límites normales para estos parámetros, mientras que los coeficientes en el grupo de los niños LAB fueron mayores que los normales. Por otra parte, aunque una comparación del promedio de respuestas fisiológicas en ambos grupos indicaba un comportamiento menos eficiente por parte del segundo (LAB) las respuestas fisiológicas de muchos de ellos eran similares a las respuestas de los niños HAB. Una explicación de estos hallazgos sería que la mayor variabilidad individual dentro del grupo LAB, refleja grados diferentes de adaptación a la hipoxia hipobárica. Esta variabilidad individual en el impacto inicial de la exposición a la hipoxia y en la tasa de recuperación durante el período de tiempo relativamente corto han sido descritos en varones adultos (Jokl y col. 1972), (Velasquez, 1964). El efecto de una posible causa de tal variabilidad en el esfuerzo submáximo realizado por los niños LAB, las diferencias en el tiempo de exposición a la hipoxia hipobárica, es actualmente objeto de una investigación. Los análisis preliminares sugieren que la exposición diferencial a la hipoxia hipobárica, es un factor determinante é importante del esfuerzo submáximo realizado por los niños LAB

AGRADECIMIENTOS

Este estudio no hubiera sido posible sin la colaboración de varias instituciones gubernamentales Bolivianas, como el Ministerio de Previsión Social y Salud Pública, la Clínica Nacional del Deporte y el Instituto Boliviano de Biología de Altura. Agradecemos muy especialmente a los colegios de los cuales provenían nuestros sujetos y a los niños mismos. Esta investigación ha sido apoyada por un grant de la National Science Foundation (BNS 80-17476) y fué publicado in extenso en "Human Biology 55 (3), 1983".

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BASON R., C.E. BILLINGS, E.L. FOX and R. GERKE. Oxygen kinetics for constant work loads at various altitudes. *J. Appl. Physiol*, 35: 497-500, 1973.
- 2.- BILLINGS C.E., R. BASON, D.K. MATTHEWS and E.L. FOX. Cost of submaximal and maximal work during chronic exposure at 3800 m. *J. Appl. Physiol*, 30: 406-408, 1971.
- 3.- JOKL E., E. DOLL and D. KEPPLER. Energy metabolism of human muscle. Section V; Hypoxia and energy supply. *Med. and Sport*, 7: 203-243, 1972.
- 4.- MAZESS, R.B. The oxygen cost of breathing in man: Effects of altitude, training, and race. *Amer. J. Phys. Anthropol.* 29: 365-376, 1968.
- 5.- REYNAFARJE B. and T. VELASQUEZ. Metabolic and physiological aspects of exercise at high altitude. 1. Kinetics for blood lactate, oxygen consumption and oxygen debt during exercise and recovery breathing air. *Fe. Proc.* 25: 1397-1399, 1966.
- 6.- VELASQUEZ, T. Response to physical activity during adaptation to altitude. In: *The Physiological effects of high altitude*. W.H. Weihe (ed.) Mac Millan, New York, pp. 289-300, 1964.