

Capacidad de trabajo de varones de origen aymara en la altura

L.P. Greksa 1 – J.D. Haas 2 – T.L. Leatherman 3 R.B. Thomas 3 – H. Spielvogel 4

1 Department of Anthropology, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.

2 Division of Nutritional Sciences, Cornell University, Ithaca, New York.

3 Department of Anthropology, University of Massachusetts Amherst, Massachusetts

4 Departamento de Bioenergética, Instituto Boliviano de Biología de Altura, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

El presente trabajo fué publicado bajo el título WORK PERFORMANCE OF HIGH-ALTITUDE AYMARA MALES en *Annals of Human Biology*, 1984, Vol. 11, No. 3, 227-233.

ABSTRACT

The sample for this study consisted of 28 Aymara males between the ages of 15 and 43 years. The subjects were rural high-altitude natives who were temporarily working as porters in La Paz, Bolivia (3600 m). Mean $\dot{V}O_2$ max was 46.5 ml/kg/min. There was a significant negative relationship between $\dot{V}O_2$ max and age in adult porters. However, there was also a significant positive relationship between maximal work output and age and a significant negative relationship between $\dot{V}O_2$ during submaximal exercise and age. Relative work intensity ($\dot{V}O_2/\dot{V}O_{2max}$) during submaximal exercise did not change significantly with age. Thus, even though $\dot{V}O_{2max}$ decreased significantly with age, these data suggest that there may not be a substantial decrease with age in the adaptive status of these men. Minimal support was found for the hypothesis that chest size in Andean highlanders influences the effectiveness of the oxygen transport system.

RESUMEN

El grupo del presente estudio consistió de 28 varones de origen aymara de edades entre 15 y 43 años. Ellos eran campesinos nativos de altura que trabajaban temporalmente como cargadores en La Paz, Bolivia (3.600 m). El consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ max) en promedio fué de 46.5 ml/kg/min. Se encontró una relación negativa y significativa entre $\dot{V}O_{2max}$ y la edad en los cargadores adultos. Por el contrario observamos una relación positiva y significativa entre la capacidad máxima de trabajo y la edad, y una relación negativa y significativa entre el $\dot{V}O_2$ a nivel de trabajo submáximo y la edad. La intensidad relativa de trabajo ($\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max) durante el esfuerzo submáximo no se

modificó significativamente con la edad. Por lo tanto, aunque $\dot{V}O_{2max}$ disminuya significativamente con la edad, estos datos sugieren que no es una disminución sustancial debido a la edad del estado de adaptación de estas personas. Se encontró una evidencia mínima para la hipótesis que el tamaño del torax de los nativos de los Andes tenga influencia sobre la eficiencia del sistema de transporte de oxígeno.

INTRODUCCION

Las respuestas fisiológicas al esfuerzo físico miden la capacidad funcional del sistema de transporte de oxígeno, y por lo tanto, dan índices útiles del estado de adaptación de las poblaciones que viven en la

altura (1,2). A continuación se presentan las respuestas fisiológicas al esfuerzo submáximo y máximo de un grupo de varones nativos aymaras de altura. Además se examinaron las relaciones tanto de la edad como del tamaño del tórax con la capacidad para realizar trabajo físico, con el propósito de determinar: (1) si la disminución de la capacidad funcional del sistema de transporte de oxígeno que normalmente está asociada al envejecimiento durante la edad adulta (3) está acompañada por un deterioro progresivo del estado de adaptación de personas que viven en un ambiente hipóxico; y (2) si el tamaño del torax está en relación con la capacidad para realizar trabajo físico de los nativos de los Andes.

SUJETOS Y METODOS

Los sujetos del presente trabajo eran aymaras entre 15 y 43 años, nativos de alturas por encima de los 3000 m. Todos indicaron que su ocupación principal era la agricultura. En la época del presente estudio se encontraban trabajando temporalmente como cargadores en La Paz.

Los resultados de un estudio antropométrico anterior más amplio indicaron que los cargadores son agricultores rurales típicos quienes se trasladan a La Paz de una a tres veces por año, de dos a cuatro semanas por visita, para trabajar como cargadores (4). Cuarenta cargadores fueron convocados para el presente estudio, de los cuales cuatro fueron excluidos de las pruebas de esfuerzo después del examen médico.

ANTROPOMETRIA

Todos los sujetos fueron medidos por el mismo investigador utilizando técnicas standard de antropometría (5). Se midieron talla, peso, diámetro transversal torácico, perímetro torácico, perímetros torácicos durante inspiración y espiración máxima, circunferencia del brazo relajado y pliegue cutáneo tricipital. Algunos sujetos no podían realizar una espiración máxima, por lo tanto se describe solamente el perímetro torácico en inspiración máxima. Para la medición del pliegue cutáneo tricipital se utilizó un compás de Lange. La circunferencia del brazo relajado fue calculada con el método de Jelliffe (6).

PRUEBA DE ESFUERZO

Las pruebas de esfuerzo se realizaron en las mañanas en el Laboratorio de Bioenergética en la Clínica Nacional del Deporte en el Estadio Hernando Siles de La Paz, a una altura de alrededor de 3600m.

Los valores medios y desviación standard para los parámetros ambientales eran los siguientes: 499.2 ± 0.7 mm Hg para la presión barométrica, 18.7 ± 0.7 grados C para la temperatura del laboratorio y $45.4 \pm 5.8\%$ para la humedad relativa.

Después de haberse familiarizado con el equipo, los sujetos se sometían a una prueba de esfuerzo continuo progresivo en un tapiz rodante marca Collins P 3800. La carga inicial fue puesta a una velocidad de 3.5

km.h⁻¹ y una pendiente de 9 %. Velocidad e inclinación se incrementaron por 0.5 km.h⁻¹ y 3 %, respectivamente, cada 3 minutos durante los 9 primeros minutos. Se recolectó el aire espirado en bolsas Douglas durante los últimos 30 segundos de cada uno de estos 3 niveles submáximos. Después de la tercera carga, la inclinación y la velocidad fueron incrementadas en la forma necesaria para obtener agotamiento físico. En este momento se hicieron una a tres recolecciones de aire espirado durante 30 segundos en bolsas Douglas. Los sujetos respiraban a través de una válvula Otis-Mc Kerrow modificada. El volumen del aire espirado fue medido mediante un volumetro para gas seco, marca Singer, que fue calibrado con un gasometro Tissot. Las fracciones de oxígeno y anhídrido carbónico del aire espirado fueron medidas en analizadores Beckman C-2 y LB-2, respectivamente que fueron calibrados con gases de concentraciones conocidas. Las concentraciones de CO₂ fueron registradas en cada ciclo respiratorio en un equipo Hewlett Packard 7544 para calcular la frecuencia respiratoria (FR). El electrocardiograma fue registrado en un equipo Funbec, estando los electrodos en posición CM5, para el cálculo de la frecuencia cardíaca (FC).

El criterio para el estado de agotamiento máximo fue la presencia de signos visibles de fatiga. De los 36 cargadores que habían pasado el examen médico, ocho no mostraban estos signos sino terminaron la prueba antes de estar agotados, dejando un número final de 28 sujetos de la prueba de esfuerzo. Siete de ellos tenían 20 años o menos, doce tenían entre 21 y 30 años, siete de 31 a 40 y dos de 41 a 43 años. El número de sujetos para las cargas submáximas de trabajo es menor debido a dificultades técnicas durante algunas pruebas y una pequeña modificación del protocolo después de las 4 primeras pruebas (incremento de la inclinación de 3% a cada nivel). La frecuencia cardíaca máxima de los nativos de altura tiene tendencia a ser menor que la de los residentes de tierras bajas (7,8). Encontramos un hallazgo similar en el presente estudio y por lo tanto no utilizamos FC max como criterio de capacidad máxima. Por supuesto es posible que sea simplemente difícil de conseguir el nivel máximo real de esfuerzo en nativos de altura. Sin embargo, la presencia de signos visibles de fatiga conjuntamente con cocientes respiratorios altos sugiere que los cargadores se encontraban a nivel máximo.

Fueron calculadas las medidas y relaciones standard como ser: capacidad aeróbica ($\dot{V}O_2$ max), ventilación pulmonar (VE BTPS), cociente respiratorio ($R = \dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$), equivalente respiratorio ($\dot{V}E$ BTPS/ $\dot{V}O_2$ STPD), pulso de oxígeno ($\dot{V}O_2 \times 1000$)/FC, intensidad relativa de trabajo ($\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max), volumen corriente ($\dot{V}C = \dot{V}E$ BTPS/FR), trabajo realizado (peso x distancia recorrida x sin θ), y el $\dot{V}O_2$ teórico a FC de 130 ($\dot{V}O_2$ a FC130) basado en una regresión de $\dot{V}O_2$ sobre FC. Los análisis estadísticos se hicieron principalmente mediante las subrutinas de correlación (significancia basada en un test de t) de SPSS (9).

Los amerindios nativos de altura presentan un crecimiento retardado. La talla definitiva no se alcanza

hasta una edad de alrededor de 22 años (10, 11). Ocho de los veintiocho cargadores del presente trabajo tenían menos de 22 años, y por lo tanto se hicieron análisis adicionales en los cargadores que tenían 22 años o más (denominados cargadores mayores).

RESULTADOS

Los parámetros antropométricos se presentan en la tabla 1. Los valores medios y desviaciones standard de la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica y diastólica en reposo fueron 56.1 ± 8.1 , 110.8 ± 13.2 y 75.2 ± 9.6 , respectivamente. Los valores medios y desviaciones standard de las respuestas fisiológicas a tres niveles de esfuerzo submáximo se presentan en la tabla 2. Como era de esperar, la mayoría de las medidas se incrementaba significativamente con el aumento de la carga (test de t; $p < 0.05$).

Las excepciones fueron $\dot{V}E/\dot{V}O_2$, R y FR entre la primera y la segunda carga y $\dot{V}O_2/FC$ entre la segunda y tercera carga. La relación entre edad y capacidad de

trabajo submáximo fué evaluada mediante análisis de correlación. Los resultados de estos análisis fueron similares para las tres cargas de trabajo, razón por la cual se describen solamente las correlaciones para la segunda carga (4.0 km.h^{-1} , 12%). No había relaciones consistentes o significativas entre la edad y FR, VC, $\dot{V}E/\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2/FC$, $\dot{V}O_2$ a FC130, R y $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2 \text{ max}$.

Las correlaciones entre edad y FC, $\dot{V}O_2$ (l/min) y $\dot{V}E$ tampoco fueron significativas ($p < 0.05$). Al eliminar el efecto de las diferencias de peso corporal y $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2 \text{ max}$, pues ambos afectan la capacidad de trabajo submáximo, mediante análisis de correlación parcial, sin embargo, las relaciones entre edad y FC ($r = -0.44$; $p < 0.06$), $\dot{V}O_2$ ($r = -0.41$; $p < 0.09$) y $\dot{V}E$ ($r = -0.42$; $p < 0.08$) alcanzaron significación.

Si se consideran solamente los cargadores mayores (N=20), las correlaciones parciales de FC ($r = -0.65$; $p < 0.01$) y $\dot{V}O_2$ ($r = -0.53$; $p < 0.05$) con la edad después de controlar el peso y $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2 \text{ max}$ son significativas.

TABLA 1

PARAMETROS ANTROPOMETRICOS DE LOS CARGADORES (N=28)

	Valor medio	DS
Edad (años)	26.4	7.8
Talla (cm)	160.4	6.1
Peso (kg)	58.8	7.0
Diámetro transversal torácico (cm)	27.9	1.7
Perímetro torácico inspiratorio (cm)	95.1	5.1
Perímetro torácico máximo/talla	0.59	0.03
Pliegue cutáneo tricipital (mm)	7.1	2.1
Perímetro del brazo relajado	23.5	1.7

TABLA 2

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE LOS CARGADORES A TRES NIVELES DE ESFUERZO SUBMÁXIMO

	9 %, 3.5km.h ⁻¹ (N=24)		12%, 4.0 km.h ⁻¹ (N=21)		15 %, 4.5 km.h ⁻¹ (N=22)	
	Valor medio	DS	Valor medio	DS	Valor medio	DS
FC (lat./min)	106.2	18.2	126.7	19.7	147.4	21.2
$\dot{V}O_2$ (l/min)	1.57	0.36	1.97	0.42	2.28	0.44
$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	26.2	4.3	33.2	5.0	38.7	5.4
$\dot{V}O_2$ a FC130	—	—	1.98	0.21	—	—
$\dot{V}E$ BTPS (l/min)	64.6	13.7	80.4	18.2	99.0	22.0
FR (respiraciones/min)	30.7	9.2	33.2	5.8	37.2 ⁺	6.7
VC (l/respiración)	2.25	0.66	2.45	0.58	2.71 ⁺	0.56
$\dot{V}E/\dot{V}O_2$	42.0	7.7	40.7	3.6	43.4	4.3
$\dot{V}O_2/FC$ (ml/latido)	14.8	2.5	15.5	1.6	15.4	1.5
R($\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$)	1.08	0.09	1.09	0.05	1.14	0.06
$\dot{V}O_2/\dot{V}O_2 \text{ max}$	0.56	0.08	0.71	0.10	0.82	0.09

+N=20

En la Tabla 3 se describen las respuestas fisiológicas del número total de sujetos en esfuerzo máximo. El $\dot{V}O_2$ max medio fué 46.5 ml/kg/min.

La mayoría de los parámetros, inclusive el $\dot{V}O_2$ max, fué independiente de la edad. Las excepciones fueron FR max ($r = -0.40$; $p < 0.05$), VC max ($r = 0.53$; $p < 0.01$) y capacidad máxima de trabajo ($r = 0.51$; $p < 0.01$).

Después de controlar las diferencias de peso corporal, la correlación parcial entre FR max y edad no

fué significativa, mientras que las correlaciones parciales para VC max ($r = -0.42$; $p < 0.05$) y capacidad máxima de trabajo ($r = 0.41$; $P < 0.05$) se redujeron pero fueron todavía significativas. Estos hallazgos cambian considerablemente al tomar en cuenta solo los cargadores mayores. En este caso, $\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min) y capacidad máxima de trabajo están significativamente relacionados con la edad ($p < 0.05$; $r = -0.56$ y 0.52 respectivamente), mientras que FC max se aproxima a la significación ($p < 0.06$; $R = -0.44$). Las correlaciones fueron casi idénticas después de relacionar el peso con la FC max, en este caso tiene una relación significativa con la edad ($p < 0.05$).

TABLA Nº 3

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE CARGADORES AYMARA Y AGRICULTORES QUECHUA AL ESFUERZO MÁXIMO

	Cargadores (N=28)		Nuñoa Quechua+ (N=25)
	Valor medio	DS	Valor medio
Edad (años)	26.4	7.8	25
FC max (lat./min)	172.7	10.9	171.0
$\dot{V}O_2$ max (l/min)	2.73	0.40	2.77
$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	46.5	4.7	49.1
$\dot{V}E$ max BTPS (l/min)	128.2	21.3	137.7
FR max (respiraciones/min)	45.5 [‡]	5.6	—
VC max (l/respiración)	2.85 [‡]	0.47	—
Máximo $\dot{V}E/\dot{V}O_2$	47.1	4.9	49.7
Máximo $\dot{V}O_2/FC$ (ml/latido)	15.8	2.0	16.0
R max	1.20	0.09	—
Capacidad máxima de trabajo (kg.m/min)	1059.0	255.7	—

[‡] N = 26

+ Baker 1969

Finalmente fué evaluada la relación entre capacidad de trabajo y tamaño del torax correlacionando las medidas de la capacidad ventilatoria ($\dot{V}E$, FR, VC y $\dot{V}E/\dot{V}O_2$) y $\dot{V}O_2$ durante el esfuerzo submáximo (12%, 4.0 km.h⁻¹) y máximo con el diámetro torácico transverso, perímetro torácico máximo y perímetro torácico máximo/talla. Los resultados fueron similares para todas las medidas del tamaño del torax, razón por la cual se indican solamente los resultados para la relación perímetro torácico máximo/talla.

Durante el esfuerzo submáximo, solamente la correlación entre VC y el perímetro torácico máximo/talla fué significativa ($r = 0.63$; $p < 0.01$). Después de comparar la variación individual en peso y $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max, solamente FR estuvo significativamente relacionado con el perímetro torácico máximo/talla ($r = -0.50$; $p < 0.05$). Durante el esfuerzo máximo, solamente la correlación de perímetro torácico máximo/talla con VC max fue significativa ($r = 0.45$; $p < 0.05$),

mientras que ninguna de las relaciones fué significativa después de relacionarla con el peso. Estos hallazgos no cambiaron al tomar en cuenta solamente los cargadores mayores.

DISCUSION

Los sujetos que se describen en el presente trabajo constituyen un subgrupo de una muestra más grande de 138 cargadores quienes participaron en una encuesta. Talla, peso, pliegue tricaptal y circunferencia del brazo relajado no fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre los dos grupos, lo que sugiere que por lo menos respecto a las medidas antropométricas los que realizaron las pruebas de esfuerzo fueron representativos del grupo más grande de cargadores. Sin embargo, en base a los resultados del presente estudio no se pudo determinar, si los cargadores son representativos de los campesinos nativos de altura.

El envejecimiento normalmente es asociado a una disminución de la capacidad funcional del sistema de transporte de oxígeno (3). Este hecho podría resultar en un deterioro progresivo con la edad del estado de adaptación de personas que viven en un ambiente hipóxico. El $\dot{V}O_2$ max medio, el mejor índice general de la capacidad funcional del sistema de transporte de oxígeno, disminuye significativamente con la edad en los cargadores mayores. El $\dot{V}O_2$ max medio (calculado mediante regresión) fué alrededor de 17% menor en los cargadores de 40 años que en los de 20 años (51.5 y 42.5 ml/kg/min, respectivamente). En otros estudios fueron descritos valores similares de disminución. Por ejemplo, Hodgson (12) también encontró una disminución del 17% del $\dot{V}O_2$ max medio en hombres de 20 a 40 años, moderadamente activos, a nivel del mar. Weitz (13) encontró una disminución de alrededor de 13% del $\dot{V}O_2$ max medio (51.5 a 45.0 ml/kg/min) en cargadores Sherpas entre 20 y 40 años de edad estudiados en la altura (2980-3860 m), o sea una disminución algo menor que en los cargadores mayores de nuestro estudio. Sin embargo, la capacidad máxima de trabajo se incrementó considerablemente con la edad en los cargadores mayores, lo que dió como resultado que los cargadores mayores pudieron realizar más trabajo durante el esfuerzo máximo que los cargadores más jóvenes, inclusive con un menor consumo de oxígeno. También el $\dot{V}O_2$ submáximo disminuyó significativamente con la edad en los cargadores mayores, después de haber relacionado el peso y $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max. Por lo tanto los requerimientos de oxígeno para realizar un trabajo definido tendían a ser menores en los cargadores mayores que en los más jóvenes. Este hallazgo es contrario a los resultados de estudios de adultos en tierras bajas (14). La causa de estos hallazgos se desconoce, pero podría representar una compensación para la disminución del $\dot{V}O_2$ max con la edad.

Los nativos de altura de los Andes son conocidos por su morfología torácica en forma de tonel (15, 16), y el tamaño del torax está positivamente relacionado con los volúmenes pulmonares, lo que sugiere que esta morfología podría tener influencia sobre la eficiencia del sistema de transporte de oxígeno de los nativos de altura, mediante un incremento de la capacidad ventilatoria (17, 10). Los resultados del presente estudio dan poco apoyo a esta hipótesis. El tamaño del torax no está en relación con la eficiencia total del sistema de transporte de oxígeno, medido como $\dot{V}O_2$ durante el esfuerzo submáximo y máximo. También

después de haber comparado las diferencias interindividuales de peso y $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max, el único índice de capacidad ventilatoria que estuvo significativamente relacionado con el tamaño del torax, fué FR durante el esfuerzo submáximo.

En la tabla 3 se compara la capacidad máxima de trabajo de nuestros cargadores con la capacidad de un grupo de agricultores Quechua (examinados en cicloergómetro) residentes de Nuñoa, Perú, a una altura de alrededor de 4000 m (8). Como nuestros cargadores también eran agricultores, los dos grupos deberían ser comparables en su nivel de actividad física. FC max fué similar en las dos muestras indicando un nivel similar de esfuerzo. El $\dot{V}O_2$ max medio fue de 2.6 ml/kg/min mayor en el grupo Quechua que en el grupo Aymara (tabla 3). Si se toma en cuenta que los Quechua fueron examinados a una elevación un poco mayor y que el mismo individuo generalmente, aunque no siempre, tiene un $\dot{V}O_2$ max alrededor de 5-8% más alto en el tapiz rodante que en el cicloergómetro (18), la diferencia real de $\dot{V}O_2$ max entre estos dos grupos podría ser algo más grande. No cambia este hallazgo si se toman en cuenta solamente los cargadores mayores ($\dot{V}O_2$ max medio 46.9 ml/kg/min). Estos resultados podrían indicar una adaptación superior de los Quechua, pero la diferencia no parece ser lo suficientemente grande para tener importancia fisiológica.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio no hubiera sido posible sin la ayuda y el apoyo de las siguientes instituciones: Ministerio de Previsión Social y Salud Pública, Clínica Nacional del Deporte, Museo de Etnografía y Folklore.

Los autores desean expresar su reconocimiento en forma especial a las siguientes personas: Dr. L. Paredes Fernandez, Dr. Mario Paz Zamora, Dr. José Aguilar Dorado, Deborah Guzman, Javier Flores, Juan de Dios Yapita y Leocadia Calcina.

Se agradece al Dr. Enrique Vargas P., Jefe del Departamento Respiratorio del I.B.B.A. por sus valiosos consejos para la redacción del presente trabajo en español.

El presente estudio recibió apoyo financiero por el NSF Grant BNS 80-17467, y es un informe de investigación del US Agricultural Experimental Station, Division of Nutritional Sciences, Cornell University.

BIBLIOGRAFIA

1. - BAKER PT, Work performance of high altitude natives. En: "Man in the Andes: A Multidisciplinary Study of High Altitude Quechua" edited by P.T. Baker and M.A. Little (Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson and Ross), pp 300-314, 1976.
2. - BUSKIRK ER, Work capacity of high altitude natives. En: "The Biology of High-Altitude Peoples", edited by P.T. Baker (Cambridge: Cambridge University Press), pp 173-187, 1978.
3. - TAYLOR HL and ROWELL LB, Exercise and Metabolism. En: "Science and Medicine of Exercise and Sports", edited by W.R. Johnson and E.R. Buskirk (New York: Harper and Row), 2nd edition, pp 84-111, 1974.
4. - GREKSA LP, HAAS JD, LEATHERMAN TL, THOMAS RB, SPIELVOGEL H., and PAZ M., Maximal aerobic power, nutritional status and activity levels of Bolivian "aparapitas". American Journal of Physical Anthropology, 57, 194 (abstract). 1982.
5. - WEINER J., and LOURIE J., "Human Biology: A Guide to Field Methods". (Oxford: Blackwell Scientific Publications), 1969.
6. - JELLIFFE DB, "The assessment of the Nutritional Status of the Community". (Geneva: WHO), 1966.
7. - KOLLIAS J., BUSKIRK ER., AKERS RF., PROKOP EF., BAKER PT, and PICON-REATEQUI E., Work Capacity of long-time residents and newcomers to altitude. Journal of Applied Physiology, 24, 792-799, 1968.
8. - BAKER PT, Human adaptation to high altitude. Science 163, 1149-1156, 1969.
9. - NIE HH., HULL CH., JENKINS JG., STEINBRENNER K. and BENT DH, "SPSS: Statistical Package for the Social Sciences" (New York: MC Graw-Hill), 2nd edition, 1975.
10. - FRISANCHO AR, Growth, Physique and Pulmonary Function at High Altitude: A Field Study of a Peruvian Quechua Population, Ph.D. Dissertation, Pennsylvania State University, University Park, PA., 1969.
11. - STINSON S., The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children. American Journal of Physical Anthropology, 52, 377-385, 1980.
12. - HODGSON J., Age and Aerobic Capacity of Urban Midwestern Males, Ph. D. Dissertation, University of Minnesota, 1970.
13. - WEITZ CA., The Effects of Aging and habitual Activity Pattern on Exercise Performance among a High Altitude Nepalese Population, Ph.D. Dissertation, Pennsylvania State University, University Park, PA., 1973.
14. - MONTROYE HJ., Age and oxygen utilization during submaximal treadmill exercise in males. Journal of Gerontology, 37, 396-402, 1982.
15. - FRISANCHO AR., Growth and morphology at high altitude. En: "Man in the Andes: A Multidisciplinary Study of High-Altitude Quechua". Edited by PT Baker and MA Little (Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson and Ross), pp 180-202, 1976.
16. - BEALL CM., BAKER PT., BAKER TS and HAAS JD., The effects of high altitude on adolescent growth in Southern Peruvian Amerindians. Human Biology, 49, 109-124, 1977.
17. - MUELLER WH., YEN F., ROTHAMMER F. and SCHULL WJ., A multinational Andean genetic and health program. VII. Lung function and physical growth multivariate analysis in high -and -low - altitude populations. Aviation and Space Environmental Medicine, 49, 1188-1196, 1978.
18. - NAGLE FJ., Physiological assessment of maximal performance. En: "Exercise and Sport Sciences Review." VOL. 1, edited by JH Wilmore (New York: Academic Press), pp 313-338, 1973.