

Validez de ecuaciones antropométricas para predecir el peso corporal de niños escolares de moderada altitud

Validity of anthropometric equations to predict the body weight of school children of moderate altitude

Wilbert Juvenal Cossio Bolaños^{1,2,3,4}

¹ Unidad de Investigación del Centro Médico Naval "CMST", Lima, Perú.

² Facultad de Ciencias de la Salud-EAP Estomatología, Universidad Privada San Juan Bautista-UPSJB, Lima Perú.

³ Facultad de Obstetricia y Enfermería-FOE, Posgrado de la Universidad San Martín de Porres-USMP, Lima Perú.

⁴ Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Nacional de Educación-Enrique Guzmán y Valle-UNE, Lima, Perú.

RESUMEN

Objetivo: Validar ecuaciones de regresión antropométricas para predecir el peso corporal de niños de ambos géneros que viven a moderada altitud de 6 a 11 años.

Material y Métodos: Se estudió 796 niños de ambos sexos, siendo 402 niñas (14,2%) y 394 niños (14,1%). Los escolares estudiados Vivían a moderada altitud (2320msnm) del Perú (Arequipa). Se evaluó la edad, peso corporal, estatura, circunferencia del tórax, brazo relajado y pantorrilla media. El proceso de validación de las ecuaciones se llevó a cabo por la validez de criterio (cruzada). Los resultados se analizaron mediante la estadística descriptiva Para verificar la concordancia entre las ecuaciones predichas se utilizó el Plotaje de Bland y Altman con un intervalo de confianza al 95%.

Resultados: Se determinó altos valores de correlación entre la edad y las variables antropométricas. La edad, estatura, circunferencia del tórax, pantorrilla y brazo relajado mostraron ser buenos predictores del peso corporal en ambos grupos de edad (6-8 años y 9-11 años) y géneros. A través de las regresiones múltiples se obtuvo tres modelos matemáticos para cada grupo de edad y género. Los porcentajes de predicción del R2 ajustado muestran valores entre 61% a 81% en las niñas y 76% a 88% en los niños.

Conclusión: El peso corporal de niños escolares de moderada altitud puede ser inferido por medio de ecuaciones antropométricas, limitándose su aplicabilidad a condiciones precarias y emergenciales, sobre todo, en zonas marginales y rurales donde no existe instrumental adecuado para la evaluación antropométrica.

Palabras claves: Peso corporal, validez, ecuaciones, niños, altitud.

ABSTRACT

Objective: Validate anthropometric regression equations to predict the body weight of children of both genders who live at a moderate altitude of 6 to 11 years.

Material and Methods: We studied 796 children of both sexes, being 402 girls (14.2%) and 394 boys (14.1%). The students studied lived at moderate altitude (2320msnm) from Peru (Arequipa). Age, body weight, height, chest circumference, relaxed arm and middle calf were evaluated. The process of validation of the equations was carried out by criterion validity (crossed). The results were analyzed by means of descriptive statistics to verify the agreement between the predicted equations, the Plot of Bland and Altman with a 95% confidence interval was used.

Results: High correlation values between age and anthropometric variables were determined. Age, height, circumference of the thorax, calf and relaxed arm showed to be good predictors of body weight in both age groups (6-8 years and 9-11 years) and genders. Through the multiple regressions, three mathematical models were obtained for each age group and gender. The prediction percentages of adjusted R2 show values between 61% to 81% in girls and 76% to 88% in boys.

Conclusion: The body weight of school children of moderate altitude can be inferred by means of anthropometric equations, limiting their applicability to precarious and emergency conditions, especially in marginal and rural areas where there is no adequate instrument for anthropometric evaluation.

Key words: Body weight, validity, equations, children, altitude.

Recibido: 11-01-2018
Aceptado: 10-02-2018

Correspondencia:
Wilbert Cossio
E-mail:
wilbert_dam@yahoo.com

Introducción

La antropometría presenta importancia fundamental en el estudio del ser humano, desde las formas más arcaicas de atribuir medidas a los segmentos corporales¹, siendo utilizado para monitorizar el crecimiento físico a través de medidas antropométricas, como estatura, peso corporal, circunferencias, pliegues cutáneos y diámetros óseos².

Tales medidas son aceptadas como importantes instrumentos en el control de la salud y evaluación del estado nutricional de niños³, a su vez que permite evaluar el impacto de los factores ambientales y genéticos en la adaptación biológica de las poblaciones humanas⁴, tanto en el nivel del mar, como a moderadas y elevadas altitudes.

En este sentido, el patrón de crecimiento de los niños de elevadas altitudes es muy sensible en comparación con los del nivel del mar, ya que estudios tienen demostrado que los efectos de la hipoxia producen un retardo en el crecimiento lineal de los mismos^{5,6,7}, así como los fenómenos del estirón puberal, la maduración ósea y sexual parecen estar igualmente retrasados frente a las pautas de desarrollo general^{8,9,10}.

Estas evidencias conllevan a realizar investigaciones específicas para este tipo de poblaciones, ya que los estudios referenciales que abarcan grandes poblaciones fueron desarrolladas en el nivel del mar^{6,11,12} usando las normas internacionales como parámetro específico. Sin embargo, podemos destacar que el 93.8% de la población mundial viven debajo de los 1500msnm., y solo el 6% en poblaciones de altitud¹³. Esta pequeña proporción de habitantes presentan diversas características geográficas, sociales, culturales, económicas, étnicas, entre otras, y muchas veces son consideradas como heterogéneas, debido a los escasos recursos ecológicos, bajo nivel socioeconómico, prevalencia del medio rural y un importante grado de aislamiento que determina a su vez un menor grado de variabilidad genética, mayor endogamia y grado de etnicidad¹⁴.

Por lo tanto, es necesario estudiar a los niños y adolescentes de altitud respecto al comportamiento del crecimiento físico y composición corporal mediante propuestas específicas que permitan un real diagnóstico de este tipo de población.

De esa forma, podemos destacar que los centros escolares de zonas marginales y de zonas rurales de la región de Arequipa carecen de instrumentos de evaluación antropométrica para evaluar el peso corporal de la población escolar. Por lo que el procedimiento de evaluación antropométrica que se realiza a inicio y final de cada año escolar recae generalmente en manos de los profesores de educación física. Estos profesionales no cuentan muchas veces con básculas para evaluar el peso corporal de sus alumnos.

En consecuencia, es necesario desarrollar otras alternativas para predecir el peso corporal, como son el uso de nomogramas y ecuaciones de regresión, puesto

que el peso es un indicador del estado nutricional a corto plazo y debe ser evaluado constantemente sobre todo en poblaciones que se encuentran en proceso de crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, el objetivo del estudio es validar ecuaciones de regresión para predecir el peso corporal de niños de ambos géneros de moderada altitud de 6 a 11 años.

Metodología

Muestra

Para el estudio fueron seleccionados 796 niños de manera probabilística (estratificado) de un total de 5627 niños escolares. La selección de la muestra fue estratificada, seleccionándose 402 niñas (14,2%) y 394 niños (14,1%). Todos los niños al momento de realizar el muestreo se encontraban oficialmente matriculados en los 4 Centros Educativos en los que se realizó el estudio. Los escolares estudiados pertenecen a las escuelas públicas del sistema educativo peruano (nivel primario) y fueron considerados en el estudio los niños que nacieron en la provincia de Arequipa, ubicada a moderada altitud (2320msnm) y fueron excluidos los que habían nacido en otras regiones geográficas.

Los niños que frecuentan centros educativos escolares ubicados en zonas urbanas por lo general son considerados de condición socioeconómica media, y los que frecuentan centros escolares en zonas marginales pertenecen a la condición socioeconómica baja¹⁵. Todos los Padres y apoderados de los niños estudiados firmaron la ficha de consentimiento libre y aclarado para autorizar la realización de las mediciones antropométricas en concordancia con las pautas y sugerencias realizadas por el Comité de ética en investigación (Departamento Médico del Instituto del Deporte Universitario, IDUNSA).

Tipo de estudio

La investigación es de tipo descriptivo/explicativo^{16,17}. Puesto que engloba variables independientes y dependientes entre las medidas antropométricas.

Técnicas e instrumentos

Para la evaluación de las medidas antropométricas de masa corporal (kg), Estatura (m) y perímetro del tórax, pantorrilla y brazo relajado (cm) se utilizó protocolos estandarizados. Todas las variables antropométricas fueron evaluadas 2 veces por un único evaluador experimentado. Esto en razón de garantizar la calidad de las medidas realizadas. El procedimiento de confiabilidad adoptado fue de test re-test, efectuado a cada 10 sujetos, mostrando el ETM (Error Técnico de Medida) valores inferiores al 3%. Las variables antropométricas usadas en el estudio fueron:

- Masa corporal: El objetivo fue determinar la masa corporal total y se utilizó una balanza digital con una precisión de (200g) con una escala de (0 a 150 kg), siguiendo las recomendaciones de Gordon, Chumlea y Roche¹⁸ para niños de 5-10 años y de

- 10-15 años.
- Estatura: El objetivo fue determinar la estatura del individuo en posición ortostática, evaluándose mediante un estadiómetro de aluminio graduada en milímetros, presentando una escala de (0-2,50m), siguiendo los procedimientos de Jordan¹⁹, Gordon, Chumlea y Roche¹⁸.
- Circunferencias corporales: El objetivo fue evaluar las circunferencias del brazo derecho relajado, la circunferencia del tórax entre la inspiración y la expiración y la circunferencia de la pantorrilla derecha, siguiendo los procedimientos propuestos por Callaway, et.al²⁰ utilizando una cinta métrica de nylon milimetrada con una precisión de (0,1cm).

Validación de las ecuaciones

Para validar las ecuaciones se utilizó la validez de criterio (cruzada), sugerida por Lohman²¹. Donde Y_1 es el peso corporal medido y Y_2 es el peso estimado por ecuaciones de regresión: $[ET = \sqrt{\frac{\sum (y_1 - y_2)^2}{n}}]$. Para este proceso se utilizaron 200 niñas y 195 niños de 6 a 11 años, a través del cual se obtuvo 12 ecuaciones de regresión. La estimativa de reducción fue obtenida mediante la comparación del R^2 , utilizando la propuesta de Lohman²¹ $[EEE = s \sqrt{1 - R^2}]$.

Análisis estadístico

Para analizar los datos se utilizó la estadística

descriptiva de media aritmética (X) y desviación Estándar (DE). Para correlacionar las variables antropométricas se utilizó el coeficiente producto momento de Pearson (r) y para predecir los valores de Y (peso corporal) se utilizó la regresión múltiple (R^2), con una probabilidad de ($p < 0,001$), respectivamente. Para verificar la concordancia entre las ecuaciones predichas y los valores reales del peso corporal se utilizó el plotaje de Bland Altman²². Su precisión se evaluó con los intervalos de confianza al 95%.

Resultados

La tabla 1 muestra las variables antropométricas que caracterizan a la muestra estudiada. Todas las variables muestran un crecimiento físico ascendente en ambos géneros con el transcurso de la edad, desde los 6 hasta los 11 años, respectivamente.

Las correlaciones entre variables antropométricas para ambos géneros y grupos de edad pueden observarse en las tablas 2 y 3. Para el caso de las niñas se observan altos niveles de correlación en ambos grupos de edad entre el peso corporal, estatura, circunferencia del tórax, pantorrilla y brazo. Sin embargo, en el caso de los niños esta tendencia se observa en el primer grupo de edad (6-8 años), luego en el segundo grupo se limita a las variables de estatura y circunferencia del tórax, respectivamente.

Luego de verificar las correlaciones entre las variables antropométricas se procedió a realizar las

Tabla 1. Caracterización de la muestra estudiada.

Edad (años)	n	Peso Corporal (kg)	Estatura (m)	C. Tórax (cm)	C. Pantorrilla (cm)	C. Brazo (cm)
Mujeres						
6,00-6,90	80	22,48±2,61	1,19±0,05	59,56±3,38	23,26±1,22	17,00±1,10
7,00-7,90	61	24,62±3,44	1,23±0,04	61,61±3,83	24,06±0,98	17,40±1,50
8,00-8,90	63	26,57±3,03	1,26±0,06	64,67±3,33	24,51±1,53	17,64±1,07
9,00-9,90	58	30,38±4,61	1,32±0,06	66,03±5,04	25,69±1,89	18,59±1,81
10,00-10,90	63	37,21±5,37	1,40±0,04	69,13±4,63	27,40±2,59	19,54±1,83
11,00-11,90	77	38,99±5,94	1,44±0,05	72,01±5,61	28,26±3,94	20,46±2,48
Hombres						
6,00-6,90	56	21,81±2,23	1,14±0,05	59,63±2,51	23,10±2,41	16,70±1,08
7,00-7,90	67	22,91±3,91	1,18±0,05	61,89±4,43	23,35±1,68	17,23±1,37
8,00-8,90	68	25,88±3,54	1,25±0,04	63,14±3,37	24,21±1,94	17,49±1,42
9,00-9,90	73	29,58±3,79	1,28±0,04	69,22±2,77	25,63±1,52	18,07±1,26
10,00-10,90	59	33,25±4,04	1,36±0,06	69,33±3,97	27,73±4,15	19,03±1,05
11,00-11,90	71	37,01±4,82	1,43±0,05	69,48±4,97	27,74±3,93	19,91±2,28

Leyenda: C: Circunferencia

Tabla 2. Correlación entre variables antropométricas en niñas, según grupos de edad.

	Edad (años)	Peso Corporal (kg)	Estatura (m)	C. Tórax (cm)	C. Pantorrilla (cm)	C. Brazo (cm)
6-8 años						
Edad (años)	--					
Masa Corporal (kg)	0,52	--				
Estatura (m)	0,52	0,80*	--			
C. Tórax (cm)	0,51	0,77*	0,61	--		
C. Pantorrilla (cm)	0,43	0,72*	0,61	0,76*	--	
C. Brazo (cm)	0,25	0,75*	0,54	0,68*	0,69*	--
9-11 años						
Edad	--					
Masa Corporal (kg)	0,44	--				
Estatura (m)	0,48	0,74*	--			
C. Tórax (cm)	0,59	0,85*	0,65*	--		
C. Pantorrilla (cm)	0,27	0,72*	0,58	0,68*	--	
C. Brazo (cm)	0,27	0,75*	0,51	0,74*	0,53	--

Leyenda: C= circunferencia, *= p<0,001.

Tabla 3. Correlación entre variables antropométricas en niños, según grupos de edad.

	Edad (años)	Masa Corporal (kg)	Estatura (m)	C. Tórax (cm)	C. Pantorrilla (cm)	C. Brazo (cm)
6-8 años						
Edad (años)	--					
Masa Corporal (kg)	0,38	--				
Estatura (m)	0,60*	0,70*	--			
C. Tórax (cm)	0,34	0,74*	0,52	--		
C. Pantorrilla (cm)	0,21	0,61*	0,52	0,59	--	
C. Brazo (cm)	0,21	0,76*	0,43	0,74*	0,63*	--
9-11 años						
Edad	--					
Masa Corporal (kg)	0,57	--				
Estatura (m)	0,69*	0,80*	--			
C. Tórax (cm)	0,41	0,75*	0,62*	--		
C. Pantorrilla (cm)	0,23	0,18	0,20	0,17	--	
C. Brazo (cm)	0,43	0,48	0,40	0,33	0,54	--

Leyenda: C= circunferencia, * = p<0,001.

regresiones estadísticas múltiples. Este proceso permitió obtener tres modelos matemáticos para cada grupo de edad y género. En ambos casos (tabla 4 y 5) se observa que desde el modelo 1 hasta el modelo 3 aumentan los valores del R^2 en cada grupo de edad y para ambos géneros. Esto muestra que las ecuaciones generadas aumentan su capacidad de precisión a medida que se incrementa variables antropométricas. Por lo tanto, las ecuaciones que predicen el peso corporal en niños de ambos géneros muestran un alto poder de explicación, oscilando entre 61% a 81% en las niñas y de 76% a 88% en los niños.

Las figuras 1 y 2 muestran los niveles de concordancia representados a través del plotaje de Bland y Altman. Las diferencias de las medias muestran valores inferiores de $\pm 0,15\%$ para ambos grupos de edad y sexo, lo que permite afirmar que son altamente concordantes con la medición del peso real.

Discusión

Las regiones de altitud están asociadas

habitualmente a una climatología extrema de bajas temperaturas, escasa humedad relativa, alta radiación solar e hipoxia derivada de la baja presión atmosférica²³. Estas características demuestran que el efecto de la hipoxia es evidente entre las personas mayores, adolescentes y adultos jóvenes²⁴, ya que afecta la reproducción humana, la fisiología y el peso principalmente al nacer²⁵. En este sentido, los niños y adolescentes de estas regiones geográficas con frecuencia son bajos, ligeros y presentan dimensiones más grandes de tórax en relación a los niños del nivel del mar^{12,26}. Desde esa perspectiva, las variables antropométricas de nuestro estudio muestran una tendencia ascendente en función de la edad cronológica, tanto en el peso, estatura, circunferencia del tórax, brazo y pantorrilla.

Estas medidas muestran valores inferiores de estatura y similares valores de peso en relación a los estudios referenciales de la OMS²⁷, así como también los valores de la circunferencia del brazo son inferiores en relación a las referencias de Frisancho²⁸. Esto evidentemente muestra retraso en el crecimiento físico

Tabla 4. Ecuaciones de regresión para predecir el peso corporal de niñas.

Modelos	Ecuaciones	R	R ²	EEE
6-8 años				
1	Peso=-15,4+(0,670*E)+(0,567*CT)	0,79	0,61	2,18
2	Peso=-34,9+(0,0725*E)+(29,4*Est)+(0,369*CT)	0,87	0,76	1,72
3	Peso=-35,9+(0,342*E)+(24,3*Est)+(0,200*CT)+(0,911*CB)	0,91	0,81	1,52
9-11 años				
1	Peso=-41,7+(1,50*E)+(0,895*CT)	0,86	0,75	3,35
2	Peso=-56,4+(0,592*E)+(26,2*Est)+(0,717*CT)	0,88	0,77	3,08
3	Peso=-55,2+(0,547*E)+(25,2*Est)+(0,533*CT)+(0,676*CB)	0,89	0,80	2,92

Leyenda: E edad, Est Estatura, CT circunferencia del tórax, CB circunferencia del brazo.

Tabla 5. Ecuaciones de regresión para predecir el peso corporal de niños.

Modelos	Ecuaciones	r	R ²	EEE
6-8 años				
1	Peso=-22,0+(0,658*E)+(0,664*CT)	0,76	0,56	2,49
2	Peso=-37,2+(0,375*E)+(27,7*Est)+(0,494*CT)	0,83	0,69	2,11
3	Peso=-37,6+(0,166*E)+(24,6*Est)+(0,209*CT)+(1,18*CB)	0,88	0,76	1,83
9-11 años				
1	Peso=-34,3+(1,82*E)+(0,727*CT)	0,81	0,64	3,26
2	Peso=-46,4+(0,185*E)+(32,2*Est)+(0,484*CT)	0,87	0,74	2,75
3	Peso=-49,4+(0,0925*E)+(32,3*Est)+(0,458*CT)+(0,461*CB)	0,88	0,76	2,66

Leyenda: E edad, Est Estatura, CT circunferencia del tórax, CB circunferencia del brazo.

de los niños de ambos géneros de moderada altitud, como lo descrito en varios estudios al investigar variables de crecimiento físico en niños y adolescentes de poblaciones de altitud^{2,6,7}. Estos efectos son atribuidos por lo general a factores medio-ambientales e inclusive a

factores socioeconómicos. Otros estudios también destacan que las circunferencias del tórax y la pantorrilla, y la capacidad pulmonar son mayores en relación a los del nivel del mar^{5,29,30}. Estas características demuestran la particularidad de estas poblaciones sean

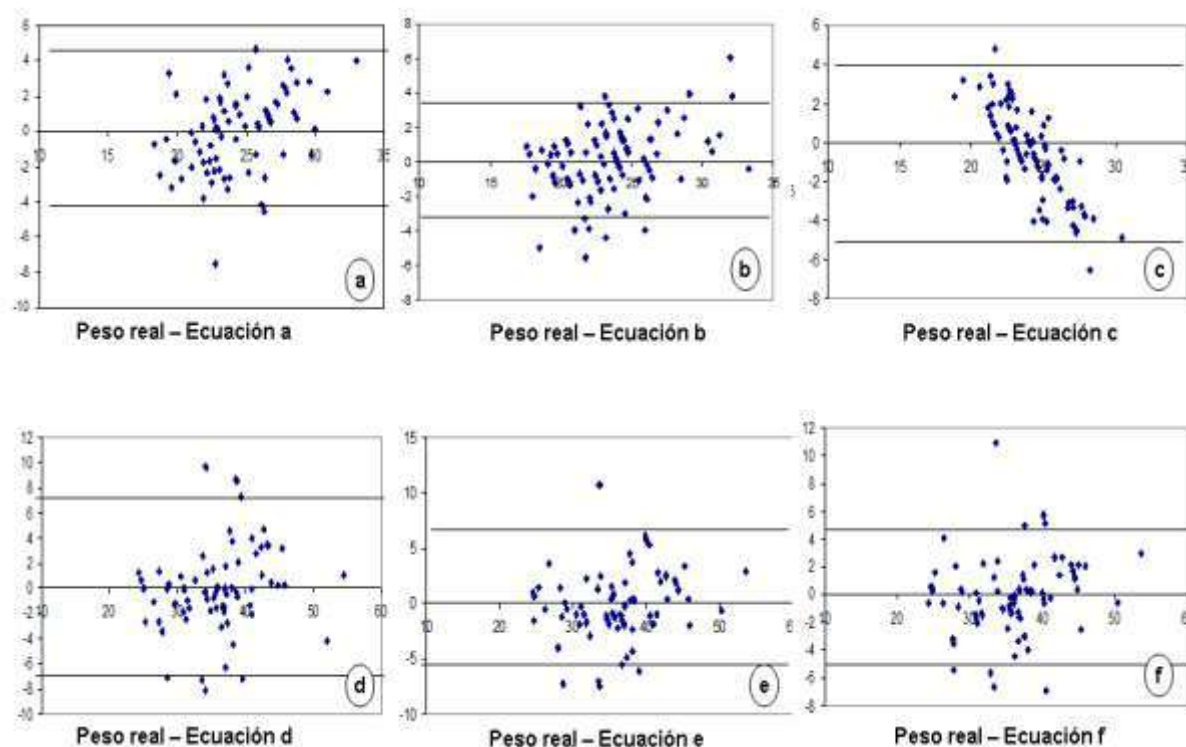


Figura 1. Concordancia entre el peso corporal real y modelos de predicción: Las figuras 1a, 2b y 2c muestran la concordancia para niñas de 6-8 años y las figuras 1d, 1e y 1f para niñas de 9-11 años.

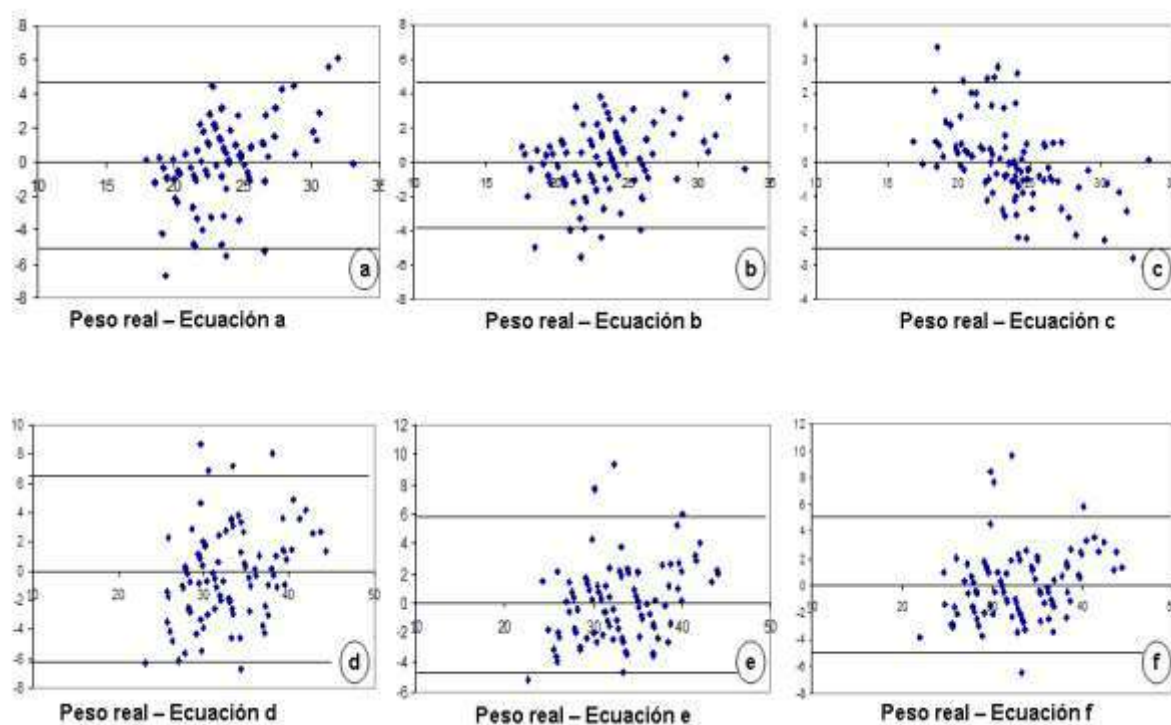


Figura 2. Concordancia entre el peso corporal real y modelos de predicción: Las figuras 1a, 2b y 2c muestran la concordancia para niños de 6-8 años y las figuras 1d, 1e y 1f para niños de 9-11 años.

específicas y merezcan mayor atención durante las investigaciones y sean analizados de forma particular.

De esa forma, el presente estudio tuvo como objetivo validar ecuaciones de regresión para predecir el peso corporal a partir de variables antropométricas. Los resultados muestran fuertes coeficientes de correlación entre las variables de la masa corporal con la edad, la circunferencia del tórax, pantorrilla y circunferencia del brazo. Así como las ecuaciones de regresión obtenidas presentan altos valores predictivos oscilando entre 61% a 81% en las niñas y de 76% a 88% en los niños, así como también el plotaje de Bland y Altman muestran concordancia entre las seis ecuaciones. Tales ecuaciones pueden ser aprovechadas como un método doblemente indirecto para predecir el peso corporal de niños en zonas de bajos recursos donde no exista instrumental para la evaluación antropométrica.

Por lo general el seguimiento del crecimiento físico y la evaluación del estado nutricional en niños y adolescentes deben ser monitorizados constantemente a través de variables clásicas de peso, estatura Índice de Masa corporal (IMC) sugeridas por varios estudios referenciales^{27,31}. Sin embargo, los centros escolares ubicados en zonas marginales de la región arequipa y zonas rurales no cuentan con adecuados servicios básicos y menos aún que dispongan de instrumental para evaluar variables antropométricas y de aptitud física. Esto en razón de que las regiones de altitud básicamente se caracterizan por presentar terreno irregular, bajo nivel socio económico, así como aislamiento de sus comunidades en relación a las ciudades³². Por lo tanto, la factibilidad de las ecuaciones propuestas implica el uso de una cinta métrica para evaluar las variables antropométricas sugeridas, requiriendo un mínimo de entrenabilidad para su medición.

De esta forma podemos destacar que el crecimiento infantil hoy en día es reconocido como de fundamental importancia en términos de salud y de bienestar³³, tanto en niños y adolescentes del nivel del mar, como de altitud y su seguimiento debe ser longitudinalmente a lo largo del proceso de crecimiento físico. A su vez, la antropometría, por su bondad y bajo costo, ha sido la técnica más utilizada hasta la fecha en estudios clínicos y epidemiológicos³⁴, los que han permitido caracterizar y diagnosticar a poblaciones de diferentes etnias, raza, sexo, condiciones económicas y regiones geográficas del mundo. Por lo tanto, su uso para poblaciones en pleno proceso de crecimiento es esencial para el diagnóstico y monitorización del crecimiento físico y el estado nutricional.

Finalmente, a través de los resultados obtenidos, podemos concluir que el peso corporal de niños escolares de moderada altitud puede ser inferido por medio de ecuaciones antropométricas que implican el uso de la edad, estatura, la circunferencia del tórax y del brazo. Su aplicabilidad se limita a condiciones precarias y emergenciales, sobre todo en zonas marginales y rurales donde no existe instrumental adecuado para la evaluación antropométrica. Destacamos también que es necesario desarrollar más estudios relacionados con la composición corporal que

permitan analizar el peso total en compartimientos corporales específicos, así como considerar en los estudios aspectos socioeconómicos, étnicos y de niveles de actividad física.

Conflicto de intereses:

No hay

Referencias

1. Martins M, Waltortt L.C. Antropometría: Uma revisão histórica. In: Petroski, E.L. Técnicas e padronizações. Editora Pallotti. Porto alegre, 1999, pp. 9-28.
2. Cossio-Bolaños, M.A, Arruda M, Gómez R. Crecimiento físico en niños de 6 a 12 años de media altura de Arequipa - Perú (3220msnm). Revista Internacional de Ciencias del Deporte.2009. 14(5), 32-44.
3. Onis M, Habicht J. D. Anthropometric reference data for international use; recommendations from a world health organization expert committee. Am, J, Clin., Nutr. 1996; v. 64, p.650-658
4. Crespo I, Valera J, Gonzalez G, Guerra-García, R. Crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes a diversas alturas sobre el nivel del mar. Acta Andina 1995; 4 (1): 53 - 64
5. Beall C.M., Baker P.T, Baker T.S, Hass, J.D.: The effects of high altitude on adolescent growth in Southern Peruvian Amerindians. Hum. Biol., 1977, 49: 109-124.
6. Stinson S. The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children. American Journal of Physical Anthropology 1989; 52, 377-385.
7. Pawsoon I, Huicho L, Muro M, Pacheco A. Growth of children in two economically diverse Peruvian high-altitude communities. American Journal of Physical Anthropology 2001; 13, P. 323-340.
8. Frisabcho A. R. Prenatal and postnatal growth and development at high altitude, en: In Human adaptation and accommodation. The University of Michigan Press 1993.
9. Leonard D W.R, Leatherman T.L, Carey J.W, Thomas R.B. Contributions of nutrition versus hypoxia to growth in rural Andean populations, en: Am. J Hum. Biol., 1990, 2: 613-626.
10. Lomaglio D.B, Marrodán M D, Verón J A, Díaz MC, Gallardo F, Alba JA, Moreno-Romero S. Peso al nacimiento en comunidades de altura de la Puna Argentina: Antofagasta de la Sierra (Catamarca), en: Antropo, 2005, 9, 61-70. www.didac.ehu.es/antropo.
11. Frisancho AR. Human growth and development among high altitude populations. In: The Biology of High Altitude Peoples, edited by P.T. Baker. International Biological 1978.
12. Mueller WH, Schull VN, Schull WJ, Soto P, Rothhammer R. A multinational Andean genetic and health program: growth and development in an hypoxic environment. Ann Hum Biol 1978, 5:329-352.
13. Ponce de León S. The WHO Multicentre growth reference study and altitude above sea level. An example of hyposometric bias. High altitude medicine & biology 2008; v 9, n 3.

14. Moreno Romero S, Madorrán Serrano MD, Bejarano I, Dipierri JE. Crecimiento longitudinal en poblaciones de altura andinas. ¿Existe un patrón propio de estos ecosistemas? *Observatorio Medioambiental*, 2006, núm. 9 155-169.
15. Cossio-Bolanos. Crescimento físico e desempenho motor em crianças de 6-12 anos de condição socioeconômica média da área urbana de Arequipa (perú). *Disertação de mestrado. Unicamp/FEF. Campinas*, 2004.
16. Bisquerra R. *Métodos de investigación*. Editora Morata, Madrid.
17. Thomas. J., Nelson. J. *Research Methods in Physical Activity*. Human Kinetics, 2002.
18. Gordon, C., Chumlea, W., Roche, A. Stature recumbent length and weight. In: Lohman, T., Roche, A. Martorell, R. *Anthropometric standarization reference manual*. Champaign, Human Kinetics, 1988 p.03-05.
19. Jordan RJ. Crecimiento y desarrollo del niño de Cuba. *Bol. Med. Hosp. Inf. México*, 1980, 37.
20. Callaway C.W, Chumlea C.W, Bouchard C., Himes J.H., Lohman T., Pollock M, Roche A, and Wilmore J. *Circunferencias*. In: Lohman, T., Roche, A, Martorell, R. *Anthropometric standarization reference manual*. Champaign, Human Kinetics, 1988, p.39-53.
21. Lohman, TG. *Advances in body composition assessment*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1922.
22. Bland, J.M. Altman, D.G. (1986). *Statistical methods assessing agreement between two methods of clinical measurement*. *Lancet*, 1, 307-310.
23. Frisancho, A. R. *Human Adaptation: A Functional Interpretation*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1981.
24. Weitz Ch, Garruto RM, Chen-Ting Ch, Ji-Chuan L, Rui-Ling L, HE X. *Morphological Growth of Han Boys and Girls Born and Raised Near Sea Level and at High Altitude in Western China*. *AMERICAN JOURNAL OF HUMAN BIOLOGY*, 2000; 12:665-681.
25. Cogswell, M. E. & Yip, R. *Semin. Perinatol* 1995. 19, 222-240.
26. Stinson S. *The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children*. *Am J Phys Anthropol*, 1980; 52: 377-385.
27. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Multicentre Growth Reference Study Group. Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study*. *Acta Paediatr Suppl*; 450:56-65, 2006.
28. Frisancho AR. *New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status*. *Am J Clin Nutr* 1981; 34:2540-5.
29. Frisancho A.R, Baker P.T: *Altitude and growth – A study of the pattern of physical growth of a high altitude Peruvian quechua population*. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1970; 32: 279-292.
30. Greksa L.P. *Developmental responses to high altitude hypoxia in Bolivian children of European ancestry: A test of the developmental adaptation hypothesis*. *Am. J. Hum. Biol* 1990, 2: 603-612.
31. Center for disease control and preventive, national center for health statistics. CDC, growth charts: United States, 2002. <http://www.ede.gov./growthcharts>.
32. Malhotra P, Singh PP, Singh SP, Sidhu LS. *Physical Growth of High Altitude Spitian Boys*. *J. Hum. Ecol.*, 2006; 20(2): 147-151.
33. Cameron, N. *Growth Patterns in Adverse Environments*. *American Journal of Human Biology*, 2007; 19:615-621.
34. Casanova Román M, Paul Torres S, Rico de Cos S, Gomar Morillo JL, Casanova Bellido M. *Análisis de los métodos antropométricos de estudio de la composición corporal*. *Arch Pediatr* 1999; 50: 98-103.