

Original

## Estudio del crecimiento físico de escolares a moderada altitud usando el área muscular del brazo por estatura y edad

M. A. Cossio-Bolaños<sup>a,b</sup>, R. Gómez Campos<sup>a</sup>, J. E. Hespanhol<sup>c</sup>, W. Cossio Bolaños<sup>d</sup>, M. de Arruda<sup>a</sup>, M. Castillo Retamal<sup>b</sup> y J. L. Lancho Alonso<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Educación Física. Unicamp, SP. Brasil.

<sup>b</sup>Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Universidad Católica del Maule. Talca. Chile.

<sup>c</sup>Facultad de Educación Física. Pontificia Universidad Católica de Campinas, SP. Brasil.

<sup>d</sup>Unidad de Consulta Externa del Centro Médico Naval "CMST" Lima. Perú

<sup>e</sup>Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

### Historia del artículo:

Recibido el 10 de septiembre de 2012

Aceptado el 27 de febrero de 2013

### Palabras clave:

Crecimiento.  
Escolares.  
Área muscular.  
Altitud.

### Key words:

Growth.  
School.  
Muscle area.  
Altitude.

### Correspondencia:

M. A. Cossio-Bolaños.  
Av. Erico Verissimo 701.  
Ciudad Universitaria CEP.  
13083-851. Campinas, S.P. Brasil.  
Correo electrónico: mcossio1972@hotmail.com

## RESUMEN

**Objetivo.** Comparar el crecimiento físico de escolares a moderada altitud con las normas de referencia propuestas por Frisancho y Tracer para el área muscular del brazo por estatura y de Frisancho para el área muscular del brazo por edad.

**Método.** Se realizó un estudio transversal en escolares de zonas urbanas de la provincia de Arequipa (Perú). La muestra se estratificó por edad y sexo, siendo 473 hombres y 482 mujeres con un rango de edad de 6 a 12 años, pertenecientes al nivel primario del sistema educativo peruano de condición socioeconómica media. Se evaluaron las variables antropométricas de peso, estatura, circunferencia del brazo y pliegue tricéptico, así como el área muscular del brazo para la estatura y para la edad. Los datos se compararon a través de escores Z y de acuerdo con la fracción:  $100 \log$  (percentil de la referencia/percentil calculado). Las diferencias entre la muestra estudiada y la referencia fueron analizadas por medio del test t para muestras apareadas con una significancia de  $p < 0,001$ .

**Resultados.** Los valores de la referencia de las áreas musculares del brazo en relación a la estatura y edad son superiores en comparación con los escolares de zonas con moderada altitud. Se observó 2 años de retraso en hombres y mujeres de acuerdo a la comparación con el área muscular por edad. Del mismo modo, utilizando el área muscular por estatura se verificó un atraso de 17cm en los hombres y de 20cm en las mujeres.

**Conclusión.** En general, los resultados sugieren retraso sobre el crecimiento físico lineal y muscular, atribuyéndose este fenómeno a factores medio-ambientales como la altitud.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## ABSTRACT

### Study of physical growth of students to moderate altitude using arm muscle area by height and age

**Objective.** To compare the physical growth of schoolchildren to moderate altitude with reference standards proposed by Frisancho and Tracer for arm muscle area by height and Frisancho for arm muscle area by age.

**Method.** A cross-sectional study of urban schoolchildren in the province of Arequipa (Perú). The sample was stratified by age and sex, with 473 men and 482 women ranging in age from 6 to 12 years for belonging to the education system at primary level socioeconomic status Peruvian media. Anthropometric variables were assessed weight, height, arm circumference and triceps skinfold and arm muscle area for height and age. Data were compared by Z scores according to the fraction:  $100 \log$  (percentile of the reference / percentile calculated). The differences between the sample and reference were analyzed by the paired t test with a significance of  $p < 0.001$ .

**Results.** The values of the reference arm muscle areas in relation to height and age are higher in comparison with students of moderate altitude. Was observed 2 years behind men and women according to the comparison with age-muscle area. Similarly, using the muscle area by height 17cm lag was observed in men and 20cm in women.

**Conclusions.** Overall, the results suggest the physical growth retardation and muscle linear, attributing this phenomenon to environmental factors such as altitude.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento humano es un proceso dinámico y complejo que comienza con la fertilización del óvulo y se completa con la fusión de las epífisis y las metáfisis de los huesos largos que caracteriza la terminación de la adolescencia<sup>1</sup>. Este proceso se produce en tres fases: la infancia, la niñez y la adolescencia<sup>2</sup>, terminando con el cierre de la senectud. En este sentido, muchas técnicas antropométricas se han utilizado para evaluar el crecimiento y el estado nutricional con el objetivo de obtener información acerca del estado de salud de una persona y una población específica<sup>3</sup>.

Para evaluar las desviaciones del crecimiento normal son necesarios patrones referenciales. A menudo estas referencias reflejan variables de masa corporal, estatura e índice de masa corporal. Aunque para una mejor interpretación del crecimiento y la composición corporal se sugiere el uso de las áreas del brazo y la utilización de índices corporales<sup>4</sup>, puesto que la valoración del estado nutricional a partir del peso y la estatura son ineficaces para distinguir la masa grasa y muscular<sup>5</sup>. De hecho, varios estudios fueron desarrollados en regiones geográficas de elevadas altitudes utilizando normas referenciales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y/o el Centro Nacional de Estadística de Salud (NCHS) basados en peso y estatura para estudiar el crecimiento físico de niños y adolescentes<sup>6-8</sup>. Sin embargo, el uso de la composición corporal por medio del área muscular del brazo no ha sido utilizado para monitorizar el crecimiento físico de escolares que viven a moderada altitud, a pesar de que varios estudios sugieren su aplicación para evaluar la reserva orgánica de proteína<sup>9-11</sup> independientemente de la región geográfica. De esa forma, el uso de normas y estándares internacionales es de suma importancia en la valoración de la salud y el diagnóstico de enfermedades<sup>12</sup> de poblaciones en proceso de crecimiento. Es por esta razón que es necesario contar con estudios de referencia para poder caracterizar el crecimiento físico de niños que viven a moderada altitud, ya que a partir de una altitud superior a los 2.500 msnm se considera que el organismo implica un consumo extra de energía<sup>13</sup>, lo que presumiblemente podría diferir de los valores referenciales del área muscular por estatura y edad propuestos para el nivel del mar. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue comparar el crecimiento físico de escolares de una zona con moderada altitud con las normas de referencia propuestas por Frisancho y Tracer<sup>5</sup> para el área muscular del brazo por estatura y las de Frisancho<sup>14</sup> para el área muscular del brazo por edad.

## MÉTODOS

La investigación corresponde a un diseño descriptivo transversal, a través del cual se estudiaron niños y adolescentes de ambos géneros de 6 a 12 años, pertenecientes al nivel primario de Educación Básica Regular del sistema educativo peruano. En el Perú, la educación Básica Regular comprende tres niveles: Inicial (entre 3-6 años), Primaria (entre 6-12 años) y Secundaria (entre 12-16 años). Todos los escolares se encontraban matriculados en cuatro escuelas públicas del área urbana del distrito de José Luis Bustamante y Rivero de la provincia de Arequipa, Perú. Esta ciudad está ubicada a 2.320 msnm, considerada como altitud<sup>15</sup> moderada.

### Muestra

El universo estuvo conformado por un total de 6.659 alumnos, siendo 3.300 hombres y 3.359 mujeres de condición socioeconómica media

(tabla 1). Para calcular el tamaño de la muestra se tomó la hipótesis más desfavorable (0,50), precisión de (0,05) para un intervalo de confianza (IC) del 95% y el tamaño óptimo fue de 955 sujetos (14,34%), 473 hombres y 482 mujeres, respectivamente.

La muestra se obtuvo a través del muestreo estratificado de tipo proporcional. La distribución se hace de acuerdo con el peso (tamaño) de la población en cada estrato (edad y sexo), en este sentido, a cada estrato le corresponde igual número de elementos muestrales.

### Condición socioeconómica

Los escolares evaluados pertenecen a la condición socioeconómica media. Se aplicó un cuestionario propuesto por Cossio-Bolaños<sup>16</sup>. Este instrumento incluye 7 preguntas, lo que permitió identificar a los escolares de condición socioeconómica media por medio de una escala que va de 12 a 75 puntos. Donde valores  $\leq 35$  puntos indican condición baja, valores entre 35-59 puntos indican condición media y  $\geq 60$  puntos especifican condición alta. En este sentido, por lo general en el Perú, los niños y adolescentes que frecuentan las escuelas de zonas urbano-marginales son de baja condición socioeconómica<sup>17</sup> y los que viven en zonas rurales de altitud son de clase muy baja<sup>18,19</sup>.

Fueron excluidos los escolares que nacieron en regiones geográficas a nivel del mar (0,5%) y fueron considerados en el estudio únicamente los niños que vivían en la región y zonas aledañas de altitud ubicadas a 2.320 msnm.

Respecto a la estructura étnica, la muestra es considerada mestiza, en razón al color de la piel y al idioma principal que utilizaban para la comunicación entre sus familias y su entorno social que fue el castellano. Estos datos fueron obtenidos dentro del cuestionario de condición socioeconómica en el que se creó un apartado de datos informativos (tabla 1).

### Procedimientos

Para la edad se utilizó el registro de nacimiento de cada alumno, que fue facilitado por cada Escuela, así como la autorización por parte de los Directores de cada Institución Educativa. En todos los casos se obtuvo el consentimiento libre y aclarado de los escolares, firmado por el tutor y/o padre responsable de ellos, autorizando las medidas antropométricas especificadas.

Para la evaluación de las variables antropométricas se adoptaron protocolos estandarizados a nivel internacional, siguiendo las normas y sugerencias realizadas por el "international working group of kineanthropometry" descrita por Ross y Marfell-Jones<sup>20</sup>. Las mediciones de la circunferencia del brazo y el pliegue tricípital fueron realizadas en el lado derecho y la parte superior del brazo. A continuación se describen cada una de las variables utilizadas para el estudio:

**Tabla 1**  
Composición estratificada de la muestra estudiada, según la edad y el sexo

Edad (años)	Hombres		Mujeres		Total
	Universo	Muestra	Universo	Muestra	
6,00-6,99	430	56	517	80	136
7,00-7,99	470	67	453	61	128
8,00-8,99	475	68	461	63	131
9,00-9,99	490	73	442	58	131
10,00-10,99	440	59	461	63	122
11,00-11,99	485	71	503	76	147
12,00-12,99	510	79	522	81	160
Total	3.300	473	3.359	482	955

1) Masa corporal (kg). Se evaluó descalzo y con la menor cantidad de ropa posible, utilizando una balanza digital con una precisión de (200 g) de marca Tanita con una escala de (0 a 150 kg).

2) Estatura (m). Se evaluó descalzo ubicado en el plano de Frankfurt, utilizando un estadiómetro de aluminio graduado en milímetros de marca Seca, presentando una escala de (0 - 2,50 m) con una precisión de (0,1 cm) respectivamente.

3) Circunferencia del brazo (cm). Se evaluó la circunferencia del brazo derecho relajado en el punto medio y/o en la unión del tercio superior con los dos tercios inferiores de la distancia que hay entre el acromion y olécranon. La medición se realizó a través de una cinta métrica de nylon (Seca), milimetrada y con una precisión de 0,1 cm.

4) Pliegue tricaptal (mm). Se evaluó de acuerdo a la línea de clivaje en la parte posterior del brazo, entre el acromion y el olécranon con un calibrador de grasa Harpenden, ejerciendo una presión constante de (10 g/mm<sup>2</sup>).

El área muscular del brazo (AMB) fue calculado por la técnica de medición sugerida por varios estudios<sup>12,14,21</sup> a través de la siguiente derivación matemática:  $(AMB = [(((PT*CB)/2) - (\pi*PT^2))/4])$ . Para el estudio utilizamos como referencia el área muscular del brazo por estatura (AMBH)<sup>5</sup> y por edad (AMBE)<sup>14</sup> para comparar con la muestra de niños de moderada altitud.

Con el objetivo de garantizar y dar una mayor calidad a las medidas antropométricas, se utilizó una doble medición a cada 10 sujetos en todas las variables. Todas las evaluaciones fueron realizadas por un mismo evaluador altamente entrenado. El error técnico de la medida intraevaluador oscila entre 2-3% y el coeficiente de reproductibilidad es mayor de 0,85. De esta forma se garantiza la fiabilidad de las medidas<sup>21</sup>.

### Aspectos éticos

El estudio contó con la respectiva aprobación del Comité de Ética del Departamento Médico del Instituto del Deporte Universitario de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (Perú). Por su parte los padres y tutores de los niños llenaron y firmaron la ficha de consentimiento para autorizar las evaluaciones antropométricas de sus hijos.

### Análisis estadístico

Los datos del área muscular del brazo por estatura (AMBH) y edad (AMBE) se transformaron a escores Z, según las encuestas Americanas I

y II (National Health and Nutrition Examination Survey) estudiadas por Frisancho y Tracer<sup>5</sup> y Frisancho<sup>14</sup>.

Para cada segmento de edad y género se elaboraron percentiles y se hallaron valores medios y desviaciones estándar. A su vez, los valores de las áreas (AMBH y AMBE) se distribuyeron en percentiles (p5, p10, p15, p25, p50, p75, p85, p90 y p95). Tales percentiles fueron comparados con el estudio referencial de acuerdo con la fracción: 100 log (percentil de la referencia/percentil calculado).

Se aplicó el test *t* para muestras apareadas con una significancia de ( $p < 0,001$ ) para verificar las diferencias entre los promedios de la referencia y los valores medios del presente estudio. Todos los datos fueron procesados mediante el programa Sigma Estat 8,0 y la distribución normal fue verificada a través de la prueba Shapiro Wilks.

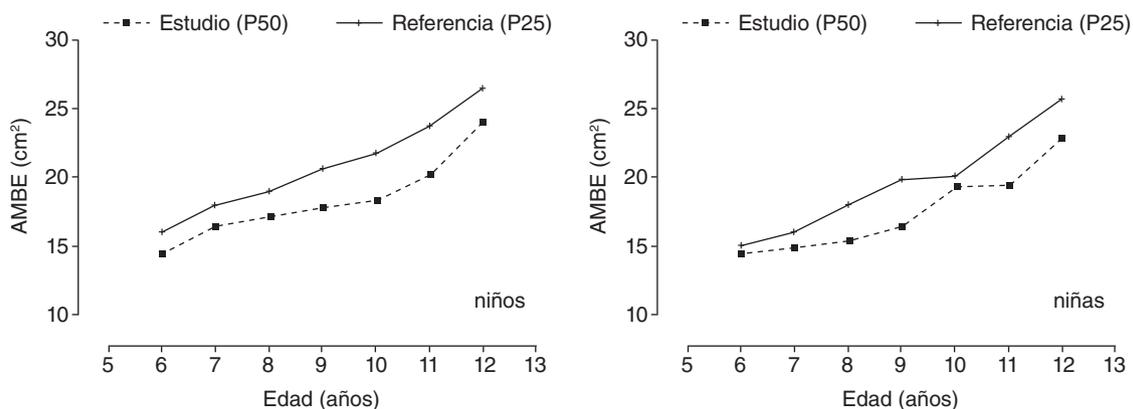
## RESULTADOS

La tabla 2 muestra las medidas antropométricas de ambos géneros. Todas las variables evaluadas se incrementan con el transcurso de la edad hasta los 12 años (fig. 1). Respecto a la comparación del AMBE entre ambos sexos, se verificaron diferencias significativas en las edades de 7, 8 y 12 años ( $p < 0,001$ ). Los hombres presentan valores medios superior-

**Tabla 2**  
Comparaciones entre medidas antropométricas, edades y género

Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (m)	Pliegue tricaptal (mm)	Circunferencia brazo (cm)	AMB (cm <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>
<b>Hombres (n = 473)</b>					
6 - 6,99	21,88 ± 2,38	1,14 ± 0,05	9,01 ± 1,99	16,67 ± 1,18	15,34 ± 2,53
7 - 7,99	22,91 ± 3,92	1,18 ± 0,05	9,03 ± 2,70	17,23 ± 1,37	16,58 ± 2,53 *
8 - 8,99	25,88 ± 3,55	1,25 ± 0,05	9,29 ± 2,50	17,49 ± 1,43	17,03 ± 2,84 *
9 - 9,99	29,38 ± 3,80	1,28 ± 0,04	9,55 ± 3,10	18,07 ± 1,27	18,17 ± 2,52
10 - 10,99	33,25 ± 4,05	1,36 ± 0,07	10,81 ± 2,22	19,03 ± 1,06	19,54 ± 2,64
11 - 11,99	37,01 ± 4,83	1,43 ± 0,06	11,58 ± 2,68	19,91 ± 2,29	21,50 ± 6,82
12 - 12,99	42,04 ± 6,32	1,47 ± 0,06	11,08 ± 3,69	21,18 ± 1,82	25,10 ± 4,37 *
<b>Mujeres (n = 482)</b>					
6 - 6,99	22,48 ± 2,62	1,19 ± 0,05	10,30 ± 2,22	17,00 ± 1,10	15,18 ± 2,69
7 - 7,99	24,62 ± 3,45	1,22 ± 0,04	11,38 ± 2,96	17,38 ± 1,51	15,30 ± 2,97
8 - 8,99	26,57 ± 3,04	1,26 ± 0,06	12,09 ± 2,08	17,7 ± 1,09	15,46 ± 2,34
9 - 9,99	30,36 ± 4,62	1,32 ± 0,06	13,10 ± 2,09	18,71 ± 1,85	17,16 ± 3,84
10 - 10,99	36,64 ± 5,47	1,40 ± 0,06	13,11 ± 3,15	19,49 ± 1,83	18,98 ± 3,76
11 - 11,99	38,91 ± 5,98	1,44 ± 0,05	13,56 ± 2,91	20,45 ± 2,50	21,22 ± 6,53
12 - 12,99	43,67 ± 5,12	1,51 ± 0,05	15,61 ± 3,26	21,84 ± 1,58	22,95 ± 3,29

<sup>a</sup>(AMB): área muscular del brazo; \*: diferencia entre ambos géneros ( $p < 0,001$ ).



**Fig. 1.** Curvas de crecimiento transversal del área muscular del brazo por edad (AMBE) para ambos géneros.

res en relación a las mujeres, sin embargo, cuando se comparó en relación al AMBH (tabla 3) se observó diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) en 8 rangos de estatura.

Las diferencias del AMBH se observan en la tabla 3. Los valores de la referencia son altamente superiores y significativos en relación a los promedios de la muestra del estudio ( $p < 0,001$ ) en ambos géneros. La curva de crecimiento del AMBH para ambos géneros son ascendentes con el transcurso de la edad (fig. 2).

Las comparaciones del AMBH y AMBE en función de la distribución percentilar de la muestra del estudio con la referencia de Frisancho y Tracer<sup>5</sup> y Frisancho<sup>14</sup> pueden observarse en las tablas 4 y 5. Los resultados de las comparaciones muestran discrepancia entre los percentiles regionales (estudio) con ambas referencias. Esto evidencia que la distribución percentilar de las curvas referenciales muestra altos valores po-

sitivos en todos los percentiles y en ambos sexos. Excepto en los percentiles del AMBH donde se observan valores negativos para el caso de los hombres en el p5 (-0,13) en los rangos de estatura de (108 - 10 cm); p90 (-7,46) y p95 (-15,17) en el rango de estatura de (135 - 137cm); y en las mujeres en el p5 (-0,35) y (-0,91) para las estaturas de (108 - 110cm) y (111-113cm), respectivamente.

## DISCUSIÓN

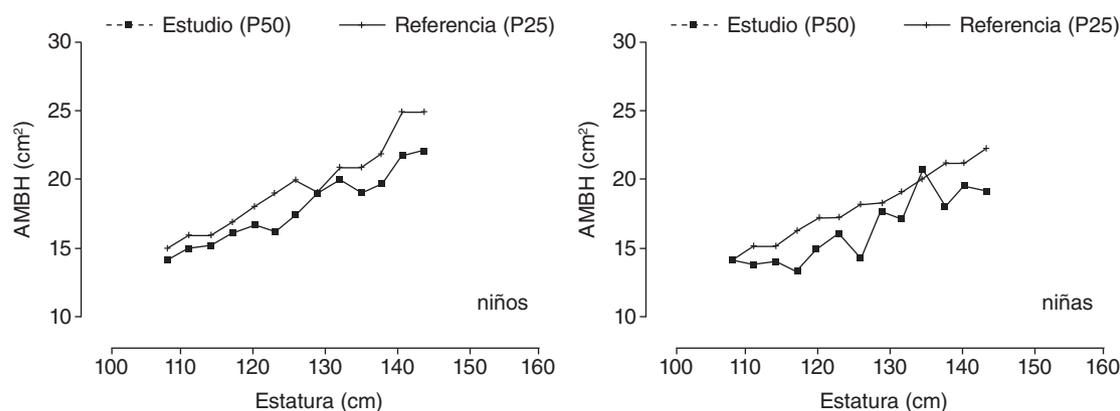
Las variables antropométricas evaluadas de peso, estatura, circunferencia del brazo relajado y pliegue tricípital muestran una curva ascendente con el transcurso de la edad en ambos géneros. Esta tendencia ha sido observada por otros estudios investigando escolares que viven en

**Tabla 3**

Comparación del área muscular del brazo por estatura (AMBH) entre la curva de referencia de Frisancho, Tracer<sup>5</sup> y la muestra del estudio

Estatura (cm)	Frisancho			Estudio			Score Z	t	P
	n	AMBH (cm <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	DE	n	AMBH (cm <sup>2</sup> )	DE			
<b>Hombres (n = 473)</b>									
108 - 110	209	17,10	3,50	16	15,19	2,07	0,92	2,15	0,0325
111 - 113	200	17,70	2,60	30	15,22	2,22	1,12	2,15	0,0325
114 - 116	155	18,30	3,40	30	14,87	3,15	1,09	2,15	0,0325
117 - 119	146	19,20	3,80	17	16,59	2,92	0,89	2,74	0,0069
120 - 122	129	19,70	3,50	34	16,6	2,15	1,44	4,92	0,0001
123 - 125	133	20,80	4,10	61	16,94	2,70	1,43	6,71	0,0001
126 - 128	132	22,00	4,70	39	17,44	3,52	1,30	5,61	0,0001
129 - 131	128	21,90	3,40	25	18,02	3,42	1,13	5,21	0,0001
132 - 134	134	23,20	3,50	37	20,83	3,77	0,63	3,59	0,0004
135 - 137	120	23,90	3,60	20	21,72	9,56	0,23	1,85	0,0660
138 - 140	117	25,20	5,10	41	20,11	3,23	1,58	5,98	0,0001
141 - 143	112	27,10	5,00	24	21,14	3,13	1,90	5,61	0,0001
14 - 146	83	27,80	3,90	35	22,83	3,60	1,38	6,47	0,0001
<b>Mujeres (n = 482)</b>									
108 - 110	224	16,20	3,0	8	13,87	2,05	1,14	2,18	0,0031
111 - 113	199	16,60	2,4	6	13,72	1,45	1,20	2,91	0,0039
114 - 116	159	17,20	2,8	18	13,75	1,83	1,88	5,11	0,0001
117 - 119	140	17,50	2,3	37	13,79	1,62	2,30	9,22	0,0001
120 - 122	144	18,40	2,8	54	14,98	2,99	1,14	7,51	0,0001
123 - 125	122	20,20	5,8	37	15,80	1,67	2,64	4,55	0,0001
126 - 128	126	19,50	2,9	42	15,01	1,99	2,26	9,39	0,0001
129 - 131	112	20,90	4,1	16	18,36	3,88	0,65	2,33	0,0213
132 - 134	106	21,90	4,3	33	18,03	2,64	1,47	4,88	0,0001
135 - 137	112	22,20	3,8	18	19,70	3,21	0,78	2,64	0,0093
138 - 140	87	23,50	3,3	59	18,13	3,10	1,73	9,89	0,0001
141 - 143	74	23,50	4,0	31	20,04	2,39	1,45	4,49	0,0001
144 - 146	44	25,60	6,3	19	19,62	3,48	1,72	3,88	0,0003

<sup>a</sup>AMB: área muscular del brazo; DE: desviación estándar.



**Fig. 2.** Curvas de crecimiento transversal del área muscular del brazo por estatura (AMBH) para ambos géneros.

**Tabla 4**  
Diferencias de la distribución percentilar del área muscular del brazo por estatura (AMBH) entre los valores de la referencia de Frisancho, Tracer<sup>5</sup> y la muestra del estudio

Estatura (cm)	P5	P10	P15	P25	P50	P75	p85	P90	P95
<b>Hombres (n = 409)</b>									
108 - 110	-0,13	2,02	0,98	3,98	8,00	5,41	4,84	4,48	4,15
111 - 113	3,90	2,31	2,97	4,35	7,92	4,50	5,74	6,26	5,94
114 - 116	7,46	10,09	11,48	7,92	7,29	8,21	7,09	6,12	7,26
117 - 119	6,88	8,92	7,19	7,36	7,15	4,15	4,77	6,36	7,44
120 - 122	7,84	9,33	5,18	5,71	5,60	7,00	6,70	8,49	8,68
123 - 125	7,72	8,19	10,30	10,18	9,38	9,55	6,19	7,81	6,06
126 - 128	4,52	8,53	7,51	8,99	10,10	8,24	8,27	7,65	7,63
129 - 131	15,48	9,47	6,42	4,10	6,31	7,32	8,27	9,85	10,69
132 - 134	3,12	4,41	6,03	6,67	6,07	2,75	2,38	1,35	1,57
135 - 137	7,51	9,73	10,89	8,45	8,30	6,97	1,46	-7,46	-15,17
138 - 140	6,38	6,72	8,16	9,77	8,60	9,63	9,85	7,98	9,61
141 - 143	17,06	14,93	14,81	7,96	7,69	8,26	11,16	11,16	13,33
144 - 146	9,98	9,76	8,89	6,29	8,73	10,58	9,79	7,72	6,53
<b>Mujeres (n = 378)</b>									
108 - 110	-0,35	3,13	6,34	6,34	6,20	3,61	8,44	10,67	12,79
111 - 113	-0,91	2,31	2,31	5,03	7,02	10,58	12,42	12,42	14,65
114 - 116	6,51	9,73	9,74	7,00	8,65	13,48	12,92	10,58	11,70
117 - 119	7,14	10,04	10,04	10,86	11,13	11,08	11,32	9,25	12,54
120 - 122	11,93	10,09	11,56	11,09	8,43	9,38	8,77	9,43	3,75
123 - 125	6,50	7,72	5,64	6,89	7,73	10,35	11,91	13,28	14,28
126 - 128	9,37	8,50	11,13	13,03	13,06	9,75	9,82	9,76	11,05
129 - 131	6,87	7,42	5,43	7,21	5,92	2,92	1,59	0,87	3,63
132 - 134	5,27	6,71	5,16	7,51	9,26	8,52	7,34	8,26	10,41
135 - 137	11,13	6,94	6,72	4,56	3,02	3,91	6,44	6,96	9,84
138 - 140	13,22	11,31	12,92	12,64	11,17	10,74	12,38	12,37	8,61
141 - 143	1,54	5,26	4,14	3,83	9,31	11,30	8,18	7,09	9,41
144 - 146	8,74	10,96	9,88	10,60	12,12	12,27	11,51	10,43	9,07

\*Diferencias entre percentiles: 100 log (percentil de la referencia/percentil calculado).

**Tabla 5**  
Diferencias de la distribución percentilar del área muscular del brazo por edad (AMBE) entre los valores de la referencia de Frisancho<sup>14</sup> y la muestra del estudio

Edad (años)	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
<b>Hombres (n = 473)</b>							
6 - 6,9	9,67	5,48	7,38	9,74	9,11	8,10	10,37
7 - 7,9	10,04	4,01	7,71	8,82	11,07	8,43	13,73
8 - 8,9	11,88	8,38	9,27	8,41	9,88	9,85	8,07
9 - 9,9	13,08	9,34	10,88	10,76	12,67	16,29	16,49
10 - 10,9	8,19	7,79	9,37	14,54	14,25	18,32	20,26
11 - 11,9	14,11	13,08	13,22	11,82	12,56	4,35	9,47
12 - 12,9	10,16	4,23	8,33	9,80	10,69	12,23	16,40
<b>Mujeres (n = 482)</b>							
6 - 6,9	8,15	5,70	4,51	6,59	5,36	6,13	4,41
7 - 7,9	5,23	7,46	8,50	8,76	8,56	9,79	2,83
8 - 8,9	18,03	8,54	10,97	11,79	13,57	15,72	18,40
9 - 9,9	18,77	15,12	16,60	13,50	8,86	13,46	12,88
10 - 10,9	12,14	8,24	10,17	7,78	10,02	8,16	4,38
11 - 11,9	7,25	7,65	11,74	12,95	16,57	16,00	6,39
12 - 12,9	12,88	4,66	10,09	10,21	12,01	12,90	12,71

\*Diferencias entre percentiles: 100 log (percentil de la referencia/percentil calculado)

bajas altitudes<sup>21-23</sup> y a elevadas latitudes<sup>6</sup>, por lo que los resultados sugieren valores relativamente similares en ambos géneros con una tendencia a diferenciarse en la adolescencia, como se describe en la literatura<sup>22,24</sup>.

Respecto a la comparación del crecimiento físico de escolares que viven en zonas de altitud, Pawson et al<sup>8</sup> destacan que los niños que viven a gran altitud han sido durante mucho tiempo foco para los investigadores que tratan de comprender los vínculos entre el entorno físico y los estándares de cultura física y variación humana. De hecho, estudios clásicos que investigaron el efecto de las condiciones medio-ambientales como la altitud verificaron retardo en el crecimiento físico de niños y

adolescentes<sup>6,25,26</sup>. Tales estudios utilizaron variables de peso y estatura para investigar el impacto de la altitud sobre el tamaño corporal; sin embargo, en el presente estudio se buscó dar otro enfoque para estudiar el comportamiento del crecimiento físico de escolares que vivían a moderada altitud. Pues de hecho, a nuestro entender, el uso de las áreas musculares no fue utilizado previamente para estudiar el crecimiento físico de escolares que viven a moderada altitud.

En este sentido, los resultados del presente estudio expresados a través de escores Z y distribución percentilar, muestran valores inferiores de AMBH y AMBE en ambos géneros y en todas las series de edades en relación a las referencias americanas de Frisancho y Tracer<sup>5</sup> y Frisan-

cho<sup>14</sup>. Esto evidentemente muestra un retardo en el crecimiento físico de escolares que viven en una altitud moderada, verificándose un atraso de 2 años aproximadamente para ambos sexos, tras la comparación realizada con el percentil 50 del AMBE de los estándares americanos. Este fenómeno también fue observado en niños bolivianos en zonas de altitudes elevadas (3.900 msnm) identificándose un atraso de 2 años aproximadamente<sup>27</sup>. A su vez, cuando se comparó con el percentil 50 del AMBH de la referencia, se observó un atraso aproximados de 17 cm en los hombres y de 20 cm en las mujeres.

En general nuestros hallazgos son coincidentes con otros estudios realizados a elevadas altitudes<sup>6,8,28</sup>, en el que sugieren retardo en el crecimiento físico tras la comparación realizada a través de variables antropométricas como el peso y la estatura. Sin embargo, la relevancia de nuestro estudio radica en que los escolares de Arequipa además de evidenciar baja estatura como los anteriores estudios, estos mostraron bajos valores de área muscular en todas las edades y en ambos sexos, con lo que queda en evidencia que a moderada altitud también se produce un lento crecimiento lineal y a su vez muscular, independientemente de la condición socioeconómica. En este sentido, los bajos valores de masa muscular podrían estar vinculados con el consumo extra de energía observados a 2.320 msnm, a pesar de que la teoría define el nivel crítico de respuesta compensatoria en 2.500 msnm<sup>13</sup> y 3.000 msnm<sup>29-31</sup>, aunque algunos estudios efectuados a bajas altitudes los atribuyen al consumo de dietas bajas en proteínas<sup>32,33</sup>, sobre todo si existe un desbalance energético y un patrón dietético inadecuado. Sin embargo, el tipo de alimentación no fue contralado en el estudio. Por lo tanto, el uso de las áreas musculares del brazo en niños podría ser relevante, no solamente para verificar el impacto de la altitud sobre el crecimiento lineal, sino también para monitorizar el crecimiento, el estado nutricional y la composición corporal en condiciones de altitud. A su vez, el AMBE y AMBH son ampliamente aceptados y considerados clínicamente métodos prácticos, no invasivos y que se utilizan con frecuencia por su simplicidad y bajo coste<sup>34</sup>. Además son herramientas que sirven básicamente para determinar la masa grasa y muscular<sup>5</sup>, puesto que a través de la valoración del peso total y de indicadores como el índice de masa corporal no se consigue distinguir tales comportamientos corporales.

Respecto a las limitaciones más relevantes del estudio, resaltamos la falta de control de variables como el tipo de alimentación y el nivel de actividad física. Tales variables de cualquier forma hubieran permitido un mejor análisis de los resultados, puesto que hay una estrecha relación entre el tamaño corporal, composición corporal, masa muscular y actividad física<sup>35</sup>, respectivamente.

De esa forma, sugerimos futuros estudios abarcando niños y adolescentes de otros estratos sociales y niveles de altitud, a fin de ajustar estos resultados y lograr una visión más objetiva de los niños y adolescentes que viven en regiones urbanas de moderada altitud, inclusive se deben desarrollar curvas referenciales para este tipo de poblaciones<sup>3</sup>. Por lo tanto, cualquier generalización en relación al crecimiento físico en muestras de moderadas y elevadas altitudes debe ser analizada con cautela y precaución, a pesar de que el estudio muestra una selección probabilística y representativa, cuyo tipo de investigación apoya a la validación externa.

Por lo tanto, se concluye que este estudio es uno de los primeros en mostrar el perfil del crecimiento físico a partir de las áreas musculares de escolares peruanos que viven a moderada altitud (Arequipa). En general, los resultados sugieren retraso sobre el crecimiento físico lineal y muscular, atribuyéndose este fenómeno a factores medio-ambientales como la altitud.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Rosenbloom A. Fisiología del crecimiento. *Ann Nestlé [Esp]*. 2007;65:99-110.
- Cameron N. Growth Patterns in Adverse Environments. *Am J Hum Biol* 2007;19:615-621.
- Cossio-Bolaños MA, Arruda M, Núñez Álvarez V, Lancho Alonso JL. Efectos de la altitud sobre el crecimiento físico en niños y adolescentes. *Rev Andal Med Deporte*. 2011;4(2):71-6.
- Malina R, Bouchard C, Beunen G. Human growth: selected aspects of current research on well-nourished children. *Annual Review of Anthropology*. 1988;17:187-219.
- Frisancho AR, Tracer D. Standards of arm muscle by stature for assessment of nutritional status of children. *Am J Phys Anthropol*. 1987;73:469-75.
- Frisancho AR, Baker PT. Altitude and growth - A study of the pattern of physical growth of a high altitude Peruvian Quechua population. *Am J Phys Anthropol* 1970;32:279-92.
- Stinson S. The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children. *Am J Phys Anthropol*. 1980;52(3):377-85.
- Pawson I, Huicho L, Muro M, Pacheco A. Growth of children in two economically diverse Peruvian high-altitude communities. *American journal of Human Biology*. 2001;13(3):323-40.
- Frisancho AR. Triceps skinfold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1974;27(10):1052-8.
- Daley B, Maliakal R, Dressen E, Driscoll D, Bristrian B. Rapid clinical assessment of kidney function based on arm muscle circumference and serum creatinine. *Nutrition*. 1994;10:128-31.
- Erfan M, El Ruby M, Monir Z, Anwar Z. Upper arm muscle area by height: an indicator for growth and nutritional status of Egyptian children and adolescents. *Egypt Med J*. 2003;2:139-53.
- Frisancho AR. Anthropometric standardization for the Assessment of Growth and Nutritional status. The University of Michigan Press Ann Arbor, Michigan. 1990.
- Ramírez A. Exposición toxicológica en las grandes alturas: ¿es necesario corregir los valores límite umbral de exposición de tóxicos? *An Fac Med*. 2011;72(1):61-7.
- Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr*. 1981;34: 2540-5.
- Bartsch P, Saltin B, Dvorak J. Consensus statement on playing football at different altitude. *Scand J Med Sports*. 2008;18(suppl.1):96-99.
- Cossio-Bolaños MA. Crecimiento físico e desempenho motor em crianças de 6-12 anos de condição socioeconômica média da área urbana de Arequipa (Perú). Dissertação de mestrado, 2004. Unicamp/FEF. Campinas.
- Bustamante A, Seabra A, Garganta R, Maia J. Efectos de la actividad física y el nivel socioeconómico en el sobrepeso y obesidad de escolares, Lima Este, 2005. *Rev Perú Med Exp Salud Pública*. 2007;24(2):121-8.
- Gonzales G, Crespo-Retes I, Guerra-García R. Secular change in growth of native children and adolescent at high altitude I. Puno, Perú (3800 meters). *American Journal of physical anthropology*. 1982;58:191-5.
- Gonzales GF, Villena A. Body mass index and age at menarche in Peruvian Children living at high altitude and at sea level. *Human Biology*. 1996;68(2):265-71.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Geen HJ editors. *Physiological testing of elite athlete*. London: Human Kinetics;1991. p. 223-308.
- Bolzan, Guimarey L, Frisancho AR. Study of growth in rural school children from Buenos Aires, Argentina using upper arm muscle area by height and other anthropometric dimensions of body composition. *Ann Hum Biol*. 1999;26(2):185-93.
- Malina RM, Bouchard C. Growth maturation and physical activity Campaign. *Human Kinetics*. 1991.
- Chowdhury SD, Ghosh T. The upper arm muscle and fat area of Santal children: an evaluation of nutritional status. *Acta Paediatrica*. 2009; 98:103-10.
- Forbes GB. *Human body composition: Growth, aging, nutrition and activity*. New York: Springer Verlag; 1987.
- Hass JD, Baker PT, Hunt EE. The effects of high altitude on body size and composition of the newborn infant in southern Peru. *Am J Phys Anthropol*. 1982;59:251-62.
- Dang S, Yan H, Yamamoto S. High altitude and early childhood growth retardation: new evidence from Tibet. *Eur J Clin Nutr*. 2008;62:342-8.
- Obbert P, Fellmanni G, Falgairrette M, Bedu E, Van Praagh H, Kempers B, et al. The important of socioeconomic and nutritional conditions rather than

- altitude on the physical growth of pre-pubertal Andean highland boys. *Annals of Human Biology*. 1994;21:145-54.
28. Stinson S. The effect of high altitude on the growth of children of high socioeconomic status in Bolivia. *American Journal of Physical Anthropology*. 1982;59:61-71.
  29. Hackett PH, Oelz O. The Lake Louise Consensus on the definition and quantification of altitude illness. En: Sutton JR, Coates G, Houston CS. editors. *Hypoxia and Mountain Medicine*. Burlington. USA: Queen City Printers; 1992.
  30. Chiodi H. Respiratory adaptations to chronic high altitude hypoxia. *J Appl Physiol*. 1957;10:81-7.
  31. Åstrand PO, Rodahl K. *Fisiología del trabajo físico*. Bs. As., Argentina: Ed. Panamericana; 1995.
  32. Zavaleta AN, Malina RM. Growth, fatness, and leanness in Mexican-American children. *Am J Clin Nutr*. 1980;33:2008-20.
  33. Aguirre P. Aspectos socio antropológicos de la obesidad en la pobreza. En: Peña M, Bacallao J, editores. *La obesidad en la pobreza: un nuevo reto para la salud pública*. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud; 2000. p. 13-25.
  34. Boye KR, Dimitriou T, Manz F, Schoenau E, Neu C, Wudy S, et al. Anthropometric assessment of muscularity during growth: estimating fat-free mass with 2 skin fold-thickness measurements is superior to measuring mid upper arm muscle area in healthy pre-pubertal children. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:628-32.
  35. Malina R. Anthropometry, strength and motor fitness. En: Ulijaszek S, Mascie-Taylor C, editors. *Anthropometry: The individual and the population*. Cambridge: Cambridge University Press; 1994. p. 160-177.