

ORIGINAL

Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 18 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal

M.D. Marrodán Serrano^{a,*}, J.F. Romero Collazos^b, S. Moreno Romero^a,
M.S. Mesa Santurino^a, M.D. Cabañas Armesilla^c,
J.L. Pacheco del Cerro^d y M. González-Montero de Espinosa^e

^aDepartamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

^bCentro Médico Deportivo SATA, Coslada, Madrid, España

^cDepartamento de Anatomía y Embriología II, Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

^dDepartamento de Enfermería y Podología, Escuela de Enfermería, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

^eInstituto de Enseñanza Secundaria Santa Eugenia, Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Madrid, España

Recibido el 19 de septiembre de 2008; aceptado el 14 de noviembre de 2008

Disponible en Internet el 5 de marzo de 2009

PALABRAS CLAVE

Dinamometría manual;
Estándares dinámométricos;
Composición corporal;
Población infantil y juvenil española

Resumen

Introducción: la dinamometría es una prueba importante para evaluar el rendimiento físico y la condición nutricional de los sujetos. El objetivo de este trabajo fue elaborar un estándar de referencia para la fuerza muscular estática de la mano, aplicable a la población española de ambos sexos de entre 6 y 18 años. Al mismo tiempo, profundizar en el conocimiento de la variación normal de esta característica en función de la edad, el sexo, el tamaño y la composición corporal.

Material y métodos: la muestra se compuso de 2.125 sujetos de entre 6 y 18 años (1.176 varones y 949 mujeres). La fuerza de presión de ambas manos se tomó con un dinamómetro ajustable digital. Se midió el peso, la talla, el perímetro del brazo y los pliegues adiposos subcutáneos. Se estimó el índice de masa corporal (IMC), el peso magro (PM), o libre de grasa, el porcentaje de grasa corporal y las áreas mesobraquiales. Se analizó la variabilidad ontogénica y sexual, y se elaboraron los correspondientes estándares con la media, la desviación estándar y la distribución percentilar para cada mano según sexo y edad. El análisis de correlación múltiple estableció la asociación entre fuerza manual, IMC y variables de composición corporal.

Resultados y conclusiones: se observó un incremento de la dinamometría con la edad y un dimorfismo sexual significativo a partir de los 12 años. Se aportan tablas con valores obtenidos en niños y jóvenes españoles sanos para su uso como patrón de referencia. Del análisis efectuado se deduce que la fuerza estática de la mano se correlaciona más

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: marrodan@bio.ucm.es (M.D. Marrodán Serrano).

fuertemente con el PM y el área muscular del brazo que con las variables directas de tamaño o IMC.

© 2008 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Handgrip strength;
Dynamometric standards;
Body composition;
Spanish children and teenage population

Handgrip strength in children and teenagers aged from 6 to 18 years: Reference values and relationship with size and body composition

Abstract

Introduction: Handgrip strength is an important test to evaluate physical fitness and nutritional status. The main objective of this research is to prepare a reference standard applicable to the Spanish population of both sexes between 6 and 18 years old. At the same time, to extend our knowledge of normal variation of this characteristic with age, gender, size and body composition.

Materials and methods: The sample consisted of 2125 subjects between the 6 and 18 years (1176 boys and 949 girls). The handgrip strength of both hands was taken with a digital adjustable dynamometer. Weight, height, forearm circumference and skin fold thickness were measured mass index, fat free. Body mass, percentage of fat and total, muscle and fat forearm areas were estimated. Ontogenetic and sexual variability of dynamometric force was analysed and a table was produced with the mean, standard deviation and percentile distribution, by hand, age and gender. Multiple correlation analysis was applied to establish the relationship between handgrip dynamometric force, body mass index and body composition variables.

Results and conclusion: Handgrip strength increases with age and a significant sexual dimorphism from the age of 12 years is observed. Growth charts with normal values obtained in healthy Spanish children and teenagers could be used as a reference pattern. The correlation between hand static force and fat free mass or arm muscle area is stronger than with direct size variables or body mass index.

© 2008 Asociación Española de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La dinamometría de presión manual es un parámetro que mide la fuerza muscular estática máxima. Se considera una característica interesante para valorar el rendimiento físico¹⁻³ y se incluye entre las pruebas funcionales para la evaluación de la condición nutricional⁴⁻⁷. Durante el crecimiento se experimentan cambios con la edad y el sexo que se asocian tanto al incremento de la masa corporal como al entrenamiento y el ejercicio físico desempeñado. Sin embargo, estudios recientes que relacionan la fuerza muscular en la etapa adulta con la longitud y el peso al nacimiento^{8,9} han llamado la atención sobre la influencia que presenta la formación de fibras musculares durante el desarrollo intrauterino.

Los estudios en adultos han permitido conocer la evolución ontogénica normal y el deterioro que se produce durante el envejecimiento¹⁰⁻¹² o como resultado de diversas enfermedades neurológicas, pulmonares y cardiovasculares, entre otras¹³⁻¹⁵. En niños y adolescentes también se ha constatado que la fuerza muscular se ve afectada en enfermedades de diversa índole, como miopatías, espina bífida, parálisis cerebral, lesiones traumáticas y quemaduras¹⁶⁻¹⁸. Esto remarca la necesidad de conocer con detalle el patrón de desarrollo de la dinamometría en niños sanos para evaluar, por comparación con los estándares, tanto la posible discapacidad como la eficacia de una rehabilitación

o tratamiento, máxime cuando se trata de una prueba diagnóstica reproducible y válida a partir de los 4 años¹⁶.

Se han publicado datos normativos actualizados para adultos españoles de ambos sexos^{19,20}, pero los artículos que en los últimos 20 años aportan valores de dinamometría en edad pediátrica y juvenil son limitados en lo que respecta a las edades contempladas, pues se centran en la adolescencia o no se expresan en forma de tablas que permitan su fácil utilización en la práctica clínica²¹⁻²⁴. La comparación de un parámetro individual con los valores que corresponden a la población propia permite saber si el sujeto se encuentra dentro de los límites apropiados y, en caso contrario, valorar el grado de discapacidad que manifiesta. La finalidad de este trabajo es, por tanto, ofrecer valores referenciales de la fuerza muscular estática de la mano para la población infantil y juvenil de ambos sexos, de entre 6 y 18 años, residente en Madrid. Al mismo tiempo, profundizar en el conocimiento de la variación normal de esta característica con la edad y en función del sexo, el tamaño y la composición corporal.

Material y métodos

La muestra se compuso de un total de 2.125 sujetos residentes en la ciudad de Madrid con edades comprendidas entre los 6 y los 18 años (1.176 varones y 949 mujeres). Eran

alumnos del Centro Escolar de Infantil y Primaria Ciudad de Valencia, del Instituto de Enseñanza Secundaria Santa Eugenia y de las Facultades de Biología y Medicina de la Universidad Complutense. Cada uno de los participantes mayores de edad así como los padres de los menores dieron su consentimiento informado para participar en el estudio. Aunque el 90% de los niños y los jóvenes analizados había nacido en Madrid, en el 62% de los casos los 4 abuelos procedían de otras regiones españolas, motivo que, desde el punto de vista de su ascendencia, refleja la heterogeneidad en la composición de la población madrileña, en su mayoría con origen en la España central.

Como parte de un proyecto de mayor amplitud iniciado en el año 2006 (CGL2005-03752), de cada individuo se recogieron numerosas medidas antropométricas de las que en el presente trabajo se utilizaron, junto con la dinamometría de ambas manos, el peso (kg), la estatura (cm), el perímetro del brazo (cm) y los pliegues de grasa subcutánea (mm) tricipital, bicipital, subescapular y suprailíaco. Las citadas dimensiones se tomaron con aparatos homologados y de acuerdo con las normas del Programa Biológico Internacional, elaborado por el International Council of Scientific Unions y que recoge los procedimientos esenciales para el estudio biológico de las poblaciones humanas^{25,26}. Para medir la dinamometría, en concreto, se utilizó un dinamómetro digital (Takei Ltd.) con precisión de 100 g y ajustable al tamaño de la mano. El sujeto con el brazo extendido y paralelo al tronco, sujetaba el aparato y ejercía la fuerza máxima. Tras un intento de prueba y un tiempo de recuperación de un minuto, la maniobra se repitió 2 veces alternando la mano derecha y la mano izquierda. Como medida válida se anotó el mejor de los 2 intentos efectuados con cada extremidad. Asimismo, se apuntó si el sujeto era diestro o zurdo a fin de conocer cuál era su mano dominante; en el 96% de los casos resultó ser la mano derecha.

Como variable derivada se calculó el índice de masa corporal (IMC) (peso [kg]/talla² [m²]). También se estimó la densidad, el peso magro (PM), o libre de grasa, y el porcentaje de grasa corporal (%G) empleando las ecuaciones de Durnin y Womersley²⁷ y Siri²⁸, cuyas expresiones matemáticas completas se encuentran en un artículo precedente que los autores publicaron en esta revista²⁹. Para calcular la composición corporal en la zona mesobraquial se aplicaron las expresiones de Gurney y Jelliffe³⁰:

$$\text{Área total del brazo (ATB)} = C^2 / (4\pi)$$

$$\text{Área muscular del brazo (AMB)} = [C - (Ts\pi)]^2 / (4\pi)$$

$$\text{Área grasa del brazo (AGB)} = \text{ATB} - \text{AMB}$$

Donde C es el perímetro del brazo en extensión (cm) y Ts es el pliegue tricipital (cm).

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS 14.0. Para analizar la variabilidad ontogénica y sexual se efectuaron previamente pruebas de normalidad mediante los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, y con posterioridad se aplicaron los test de la U de Mann-Whitney. Las curvas se suavizaron mediante el método de la mínima mediana de los cuadrados, y los estándares para varones y mujeres se construyeron aportando el valor de la media y la desviación estándar (DE) así como la distribución percentilar por clase de edad (años cumplidos). El grado de asociación entre la dinamometría de la mano, el IMC y las medidas de

tamaño y composición corporal se analizó mediante el coeficiente de correlación de Spearman.

Resultados y discusión

Como se refleja en las figuras 1 y 2, durante el período estudiado la fuerza de presión de ambas manos fue aumentando progresiva y significativamente con la edad, aunque con distinto ritmo en cada uno de los sexos (especialmente desde las edades peripuberales). A pesar de que el carácter transversal del estudio implica ciertas limitaciones con relación al cálculo de ritmos o tasas de variación respecto al tiempo, el tamaño muestral con el que se trabajó permitió obtener resultados coherentes. De esta forma, puede observarse que los mayores incrementos se produjeron entre los 9 y los 11 años en las niñas y más tarde, entre los 13 y los 14 años, en los varones, en los que se

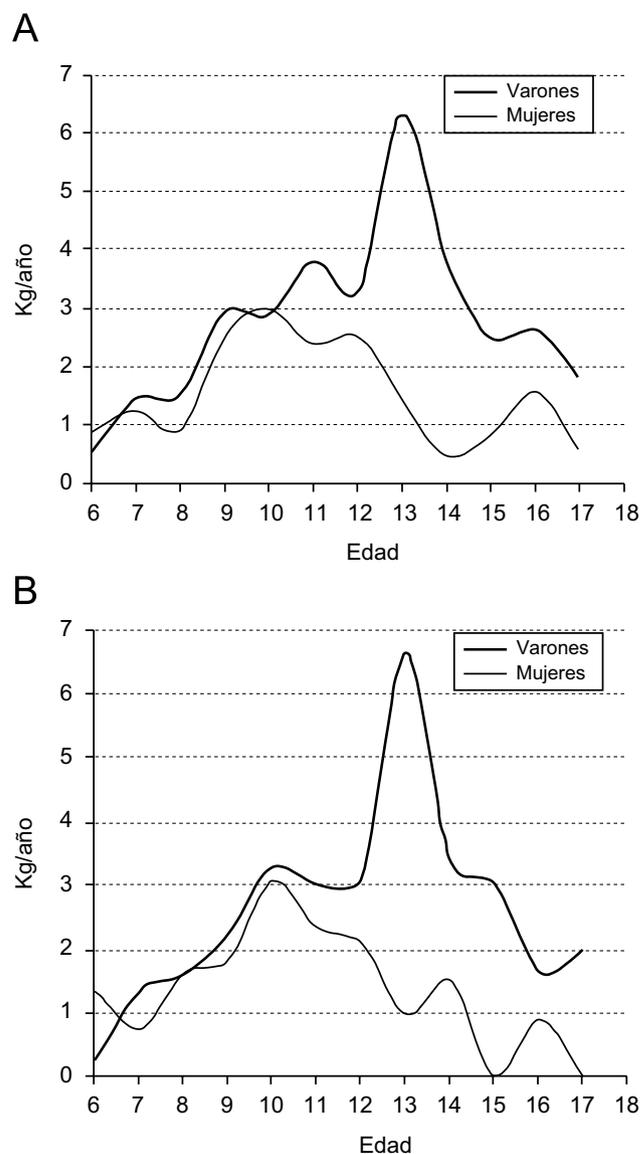


Figura 1 Ritmo de crecimiento de la dinamometría de presión manual. (A) Mano derecha; (B) Mano izquierda.

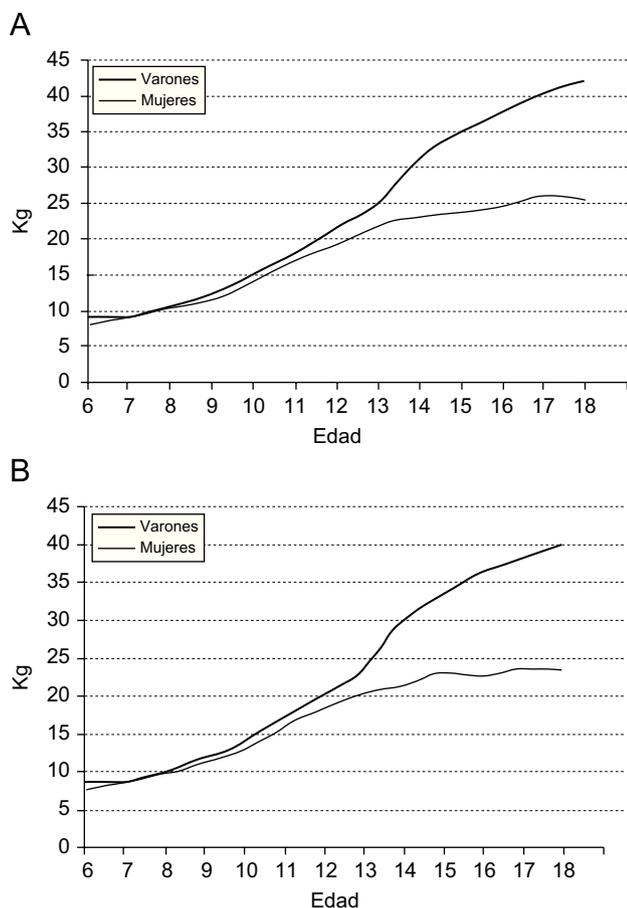


Figura 2 Evolución con la edad y dimorfismo sexual de la dinamometría de presión manual. (A) Mano derecha; (B) Mano izquierda.

aprecia con gran claridad el «pico» de máxima aceleración del estirón prepuberal. La velocidad de crecimiento sigue en ambas manos una pauta semejante al modelo general propio de la estatura y las dimensiones longitudinales en su conjunto^{31,32}. Como consecuencia de los mayores incrementos anuales en la serie masculina, el dimorfismo sexual comienza a ser estadísticamente significativo a partir de los 12 años (test de la U de Mann-Whitney; $p < 0,05$), cuando las diferencias entre los promedios masculino y femenino se acentúan, y alcanza el máximo en las 5 últimas clases de edad ($p < 0,001$). En líneas generales y para los tramos de edad que han podido compararse, ya que no se han encontrado investigaciones que abarquen la totalidad del período, el patrón descrito coincide con lo observado en niños estadounidenses, belgas y cubanos³³⁻³⁵.

Los estándares de dinamometría para ambos sexos y manos se muestran en las tablas 1 y 2, e incluyen para cada categoría de edad el valor de la media, de la DE y la distribución del percentil (P5, P25, P50, P75, P90 y P99). Cabe precisar que en los patrones confeccionados para adultos se suele incorporar el valor del 85% de la media como límite de la normalidad³⁶⁻³⁸. En realidad, como se ha comprobado al revisar la bibliografía, tal punto de corte resulta objetivo sólo para la predicción de complicaciones derivadas de intervenciones quirúrgicas³⁹ y, en cualquier caso, no tiene utilidad demostrada en niños o en

adolescentes. Por esto no se ha considerado oportuno incluir aquí este parámetro y sí seguir las recomendaciones de las normas construidas para uso pediátrico, que abogan por el habitual tratamiento de la distribución en percentiles como los aquí establecidos^{24,35}.

Los valores que reportan los estándares permiten comprobar con mayor detalle las características del modelo de desarrollo que corresponde a la dinamometría de presión manual en la población objeto de estudio. Tanto la variabilidad interindividual, que se refleja en las cifras de la DE, como las diferencias entre manos tienden a incrementarse ligeramente en chicos y chicas a lo largo del período analizado, lo que reflejaría preferentemente el efecto del entrenamiento o la mejor coordinación muscular resultante de la lateralidad o la dominancia⁴⁰. Cabe precisar que en la última clase de edad, la diferencia entre la fuerza de la mano derecha e izquierda es prácticamente idéntica en ambos sexos: 1,99 kg para la serie masculina y 2,01 kg para la serie femenina. El mismo fenómeno se reporta en los estándares que en el 2008 se han publicado para la población brasileña a partir de un amplio estudio poblacional con una muestra superior a los 4.000 individuos y que comienza precisamente a los 20 años³⁸. Los autores reportan para los jóvenes brasileños de la misma edad diferencias entre una y otra mano de 1,5 kg para los varones y de 1,6 kg para las mujeres. En términos generales, en la población española parece observarse una cierta tendencia a la disminución de la forma física que se refleja a través de la fuerza dinamométrica máxima cuando se comparan estudios llevados a cabo en las décadas de 1980 y 1990^{1,23} frente a los más recientes, entre los que se incluye el presente. La trascendencia de este cambio lleva a considerar en profundidad este tema en un próximo trabajo.

En las tablas 3 a 5 se reflejan las estadísticas descriptivas para el resto de las variables antropométricas. Por lo que respecta a la estatura, peso e IMC, tanto en la serie masculina como en la serie femenina, los promedios obtenidos para todos los grupos de edad son muy cercanos a los publicados en el estudio transversal español de crecimiento del 2008⁴¹. Tal situación refrenda que también de acuerdo con el tamaño corporal, la muestra aquí analizada puede considerarse representativa de la población española actual. La superior muscularidad de los varones se refleja en los valores del PM y del AMB, mientras que la mayor adiposidad relativa de las mujeres queda patente en las cifras del %G total y del AGB. A la vista de los resultados precedentes, se evidencia la influencia de la edad y del género sobre la fuerza muscular de la mano en términos absolutos. Sin embargo, ya que los cambios de tamaño y composición corporal durante el crecimiento son notablemente diferentes entre varones y mujeres, tiene interés analizar la evolución de la dinamometría en función de éstos.

Con el propósito anterior, se efectuó un análisis de correlación múltiple en el que, junto con la dinamometría, se incluyeron en principio la edad y otras dimensiones antropométricas directas y derivadas (tabla 6). Dado que los resultados obtenidos para ambas manos fueron prácticamente idénticos, los valores reflejados en esta tabla corresponden a la mano derecha. El primer paso efectuado puso de manifiesto que la fuerza manual se asocia positiva y significativamente a todas las variables consideradas ($p < 0,001$). En ambos sexos lo hace más fuertemente con

Tabla 1 Dinamometría de presión manual. Varones

Varones		Mano izquierda								Mano derecha							
Edad	n	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P90	P99	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95	P99
6	91	8,6	2,0	5,7	6,8	8,6	8,9	11,9	14,3	9,0	2,1	6,1	7,5	8,6	10,7	12,7	16,0
7	103	8,8	1,9	6,0	7,5	8,9	10,1	12,0	13,5	9,1	2,1	5,8	7,6	9,2	10,4	12,8	13,6
8	104	10,1	2,8	5,7	8,2	9,9	11,5	16,1	17,6	10,6	2,9	6,1	8,3	10,6	12,6	15,6	17,9
9	93	11,7	3,0	6,2	9,9	11,7	13,5	17,0	20,4	12,0	2,8	7,3	10,5	12,0	13,9	17,2	19,0
10	94	14,0	3,3	8,3	11,7	14,1	16,1	19,8	22,6	15,0	3,2	9,7	12,6	14,7	17,7	20,3	22,1
11	99	17,3	3,0	12,3	15,3	17,0	19,1	23,4	26,5	17,9	3,3	12,5	15,6	17,6	20,3	23,7	27,3
12	111	20,3	5,4	13,2	16,8	20,2	22,6	31,3	37,0	21,7	5,1	14,5	18,7	20,9	24,2	31,2	37,2
13	117	23,4	5,5	15,2	19,6	23,3	27,0	32,6	35,5	24,9	5,7	16,5	20,8	24,4	28,5	35,7	36,7
14	80	30,0	8,1	17,5	24,0	29,1	35,5	45,1	48,0	31,3	6,3	19,3	24,5	31,6	37,0	44,3	54,8
15	88	33,4	7,3	21,2	28,5	33,7	38,7	45,2	50,0	35,1	6,9	23,8	30,3	34,9	40,4	46,6	49,0
16	90	36,4	6,4	26,0	32,0	36,5	41,8	46,0	52,5	37,6	7,3	27,3	32,4	36,5	42,1	51,5	57,0
17	67	38,1	7,2	27,0	32,9	38,1	43,0	50,0	56,9	40,2	9,0	27,2	34,6	40,4	46,5	55,5	63,9
18	39	40,0	6,6	29,1	35,8	39,5	45,4	52,0	54,2	42,1	7,9	26,6	38,2	41,7	48,0	53,0	61,8

DE: desviación estándar; P: percentil.

Tabla 2 Dinamometría de presión manual. Mujeres

Mujeres		Mano izquierda								Mano derecha							
Edad	n	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P90	P99	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95	P99
6	66	7,5	1,9	5,0	6,0	6,9	8,6	11,5	12,5	8,0	1,9	5,6	6,5	7,4	9,4	11,9	12,8
7	77	8,8	2,1	5,3	7,2	8,9	10,3	12,6	13,9	8,9	2,1	5,6	7,3	8,7	10,8	12,5	13,8
8	54	9,6	2,5	5,4	7,8	9,3	11,3	13,9	16,0	10,1	2,5	5,5	8,2	10,4	11,9	14,6	16,4
9	74	11,2	2,6	6,0	9,4	11,4	13,0	15,8	16,8	11,4	3,0	6,8	9,2	11,2	13,4	17,2	21,3
10	83	13,0	3,4	8,2	10,7	12,5	15,3	18,4	25,0	13,9	3,2	8,9	12,2	13,6	15,8	20,9	22,7
11	110	16,1	3,8	10,2	13,6	16,1	18,6	22,3	25,3	16,9	3,9	11,5	13,9	16,5	19,1	24,3	26,1
12	88	18,4	4,1	11,8	15,8	18,4	20,9	25,6	29,9	19,3	4,5	12,2	15,9	19,4	22,3	25,4	34,1
13	103	20,5	3,8	15,6	17,7	20,3	22,8	27,0	28,9	21,8	3,8	16,3	19,0	21,5	24,2	28,0	31,6
14	75	21,5	4,1	16,3	18,9	22,0	24,2	28,4	30,4	23,2	4,4	16,3	20,3	22,7	26,5	30,8	34,7
15	71	23,0	4,5	16,3	19,7	22,9	26,0	31,1	35,3	23,6	4,0	16,3	20,7	23,6	25,9	31,0	36,0
16	69	22,7	4,8	14,3	20,1	22,7	25,5	31,5	36,0	24,4	4,8	15,8	21,5	23,9	27,0	33,5	35,0
17	47	23,7	4,8	16,7	20,0	23,5	26,2	31,3	41,0	26,0	5,2	18,2	22,2	24,6	30,0	34,4	40,9
18	32	23,4	4,3	15,8	21,1	23,2	27,3	29,5	30,8	25,5	4,9	15,8	23,3	25,7	28,8	33,2	35,2

DE: desviación estándar; P: percentil.

la edad y con la estatura. En segundo lugar, la dinamometría se correlaciona más estrechamente con el PM que con el peso total o el IMC. También fueron elevados los coeficientes que corresponden al perímetro del brazo y a su ATB y AMB. Los coeficientes de menor rango corresponden a todos los indicadores de adiposidad introducidos en la exploración estadística: AGB, pliegue tricaptal y %G.

En un segundo y tercer paso, se repitió el análisis tomando como variables de control la edad y la estatura; al eliminar el efecto de la edad, se apreció con mayor claridad la influencia de la composición corporal sobre la fuerza. Aunque todos los valores del coeficiente de correlación de Spearman (Rho de Spearman) se reducen, el máximo se constata ahora entre la dinamometría y el PM, seguido del peso total y del AMB. La correlación con los indicadores de adiposidad se hace negativa y pierde la significación.

Si finalmente se normaliza también para la talla, se advierte que el PM y el AMB son, con independencia de la edad y la estatura, las variables con mayor influencia sobre la fuerza de presión máxima de la mano. Aunque el modelo que se ha explicado es igual en ambos sexos, la asociación de la dinamometría con las variables más informativas del tamaño corporal (peso y talla) y de la cantidad de masa muscular (AMB y PM) resultó más estrecha en los varones, como se manifiesta por el mayor valor de los correspondientes coeficientes.

Sin duda, el crecimiento óseo longitudinal favorece el desarrollo de la dinamometría. Según explica Shepard⁴², mientras el cúbito y el radio crecen, las fibras musculares se alargan y se añaden unidades contráctiles a la unión entre músculo y tendón, lo que favorece la ganancia en fuerza de agarre o presión. Este fenómeno justifica que en

Tabla 3 Parámetros descriptivos de las dimensiones antropométricas directas

Edad	Varones								Mujeres							
	Estatura		Peso		Perímetro brazo		Pliegue tricipital		Estatura		Peso		Perímetro brazo		Pliegue tricipital	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
6	122,5	4,43	25,3	4,78	19,1	2,18	10,7	3,28	122,0	4,40	24,4	3,87	18,6	1,90	8,9	2,78
7	126,7	6,04	27,9	5,80	19,6	2,16	11,4	3,28	125,7	6,02	26,8	4,95	19,2	2,12	10,2	3,16
8	132,4	5,67	31,1	5,77	20,8	2,79	12,0	3,84	131,2	6,45	29,8	6,13	19,7	2,60	10,0	3,83
9	137,7	6,40	34,4	7,25	21,3	3,04	11,5	4,52	138,2	5,76	35,2	6,92	21,3	2,84	10,9	4,36
10	142,6	7,43	38,4	7,66	21,3	2,70	11,8	4,19	143,2	6,73	39,5	8,19	21,9	2,84	11,7	4,19
11	149,4	7,37	42,2	8,75	22,4	2,60	12,2	3,54	148,9	6,32	43,8	8,33	22,6	2,93	12,1	4,19
12	154,0	7,44	46,9	9,65	22,8	2,74	14,4	4,88	153,7	7,73	49,1	9,56	23,6	3,35	12,7	5,68
13	158,0	6,48	50,9	8,16	22,7	2,58	15,3	4,64	160,3	8,40	53,8	9,35	24,2	3,09	12,1	5,81
14	161,2	6,58	54,7	9,33	24,5	2,02	15,5	5,22	167,1	7,90	58,9	10,91	24,5	2,51	11,0	5,16
15	160,5	6,87	54,0	6,76	25,3	1,90	16,2	5,88	170,3	7,34	62,6	8,65	25,9	3,90	12,6	6,84
16	164,3	6,86	55,2	8,41	25,3	1,74	17,0	3,83	176,3	6,74	67,2	9,47	27,3	3,13	12,3	5,41
17	162,7	6,28	56,3	6,58	25,6	2,26	17,5	5,02	176,3	7,12	70,9	8,89	28,2	3,26	11,6	3,53
18	164,9	6,36	58,3	10,89	25,3	2,85	17,0	5,88	176,9	7,11	71,5	9,58	29,0	2,99	11,1	2,47

DE: desviación estándar.

Tabla 4 Parámetros descriptivos de las dimensiones antropométricas derivadas. Varones

Edad	IMC		Peso magro		%G		ATB		AMB		AGB	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
6	16,3	1,96	20,1	2,27	17,4	4,54	27,7	6,02	19,9	3,46	7,7	3,59
7	16,8	2,19	21,5	2,95	17,2	5,15	29,4	6,70	20,6	3,62	9,1	3,69
8	17,2	2,52	23,9	3,65	18,7	5,8	31,5	8,56	22,1	4,60	9,4	4,60
9	18,1	3,56	27,3	3,23	20,3	6,78	36,8	10,01	25,7	5,73	11,1	5,66
10	19,1	2,95	30,5	4,49	22,3	6,81	38,5	10,23	26,7	5,73	12,0	5,47
11	19,4	3,45	33,6	4,34	22,8	6,72	41,2	9,62	28,5	6,11	13,1	5,58
12	20,7	3,30	38,6	6,44	20,7	5,80	45,2	12,12	31,2	8,09	14,2	7,47
13	20,8	2,98	43,0	6,37	19,9	5,93	47,2	11,92	33,5	7,52	13,9	7,49
14	20,9	2,96	47,9	6,98	18,5	5,06	48,3	9,99	35,4	7,81	12,7	6,31
15	21,5	2,37	48,5	1,48	17,6	2,13	54,5	15,38	39,2	12,36	15,2	8,34
16	21,7	2,70	57,0	7,56	16,0	6,54	56,1	9,41	40,6	6,78	15,6	8,24
17	22,8	2,60	57,6	6,47	17,0	5,93	60,9	8,52	45,9	6,72	15,0	4,76
18	22,8	2,13	59,9	7,23	17,2	6,13	60,4	10,68	47,1	7,07	13,3	7,09

AGB: área grasa del brazo; AMB: área muscular del brazo; ATB: área total del brazo; DE: desviación estándar; %G: porcentaje de grasa corporal; IMC: índice de masa corporal.

investigaciones precedentes se haya observado que la influencia de la estatura sobre la fuerza es especialmente buena para ambos sexos en individuos con edad inferior a los 18 años⁴³. En un estudio llevado a cabo en el Instituto Auxológico Italiano sobre una muestra de escolares de entre 5 y 15 años, se concluyó que el impacto del PM sobre los valores dinamométricos era de mayor importancia que el del IMC⁴⁴.

En el presente estudio se contó con un efectivo muestral más grande y un intervalo de edad más amplio, se corroboraron tales hipótesis y se pusieron de manifiesto que no sólo la muscularidad total sino también la mesobraquial se encuentran más asociadas a la fuerza

isométrica de presión manual que las dimensiones clásicas de tamaño. Así puede decirse que entre los 6 y los 18 años y para una misma estatura, la fuerza de agarre depende más del PM o del AMB que del peso total del individuo o de su robustez. Desde el punto de vista práctico, este conocimiento es útil porque aporta una mayor información sobre el pronóstico de la capacidad funcional durante el crecimiento. En particular, en el caso de los niños y jóvenes con sobrepeso u obesidad donde un incremento de la masa corporal total no repercute necesariamente en una mayor capacidad dinamométrica. Las ecuaciones de predicción de la fuerza manual a partir del PM o del AMB, así como los estándares construidos en

Tabla 5 Parámetros descriptivos de las dimensiones antropométricas derivadas. Mujeres

Edad	IMC		Peso magro		%G		ATB		AMB		AGB	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
6	16,8	2,45	20,5	2,58	18,3	6,51	29,9	3,27	20,2	3,97	9,4	3,67
7	17,2	2,52	22,4	3,10	18,5	6,80	31,1	7,03	21,3	3,62	10,3	3,93
8	17,6	2,51	24,5	2,91	20,3	7,64	35,2	9,50	23,5	5,76	11,6	4,73
9	17,8	3,71	27,0	3,92	18,9	8,03	36,9	10,60	25,2	5,63	11,6	5,93
10	18,7	2,81	29,4	4,26	20,9	6,97	36,9	9,55	25,3	5,34	11,8	5,30
11	18,6	3,34	33,4	4,69	20,9	6,42	40,3	8,90	27,8	6,17	12,7	4,52
12	19,7	3,20	35,0	5,55	25,8	4,20	41,9	9,50	27,3	5,64	15,0	5,90
13	20,3	2,88	36,8	4,68	25,6	3,99	41,6	9,34	28,5	5,55	14,0	5,91
14	21,0	3,33	42,9	6,12	25,2	6,45	48,0	8,06	30,6	4,25	17,3	6,43
15	21,2	4,23	45,9	6,54	24,7	7,14	51,3	7,60	30,8	3,75	21,4	6,63
16	20,8	2,73	43,1	7,15	25,8	6,89	51,2	7,05	30,7	4,70	20,4	7,12
17	21,4	2,44	43,0	6,77	26,0	6,44	52,6	7,17	31,4	4,50	20,5	2,16
18	21,3	3,86	42,9	8,45	26,7	6,55	52,3	7,34	31,7	6,56	20,8	2,89

AGB: área grasa del brazo; AMB: área muscular del brazo; ATB: área total del brazo; DE: desviación estándar; %G: porcentaje de grasa corporal; IMC: índice de masa corporal.

Tabla 6 Coeficientes de correlación de Spearman (rho de Spearman) entre la dinamometría (mano derecha) y las dimensiones de tamaño y composición corporal

	Varones ^a	Mujeres ^a	Varones ^b	Mujeres ^b	Varones ^c	Mujeres ^c
Edad	0,906	0,874	–	–		
Talla	0,881	0,860	0,327	0,413	–	–
Peso	0,812	0,810	0,368	0,461	0,246	
IMC	0,664	0,533	0,289	0,277	0,113	
C	0,719	0,560	0,199	0,260	0,108	0,155
Ts	0,192	0,317	–0,077	0,138	–0,173	–0,080
PM	0,891	0,845	0,602	0,516	0,443	0,345
%G	0,200	0,420	0,040	0,102	–0,087	–0,076
ATB	0,729	0,560	0,211	0,255	0,138	0,165
AMB	0,788	0,570	0,353	0,261	0,336	0,269
AGB	0,401	0,418	–0,018	0,177	–0,109	0,012

En negrita se expresa una $p < 0,001$; en tipo normal una $p < 0,05$, y en cursiva una p no significativa.

AGB: área grasa del brazo; AMB: área muscular del brazo; ATB: área total del brazo; C: perímetro del brazo en extensión; %G: porcentaje de grasa; IMC: índice de masa corporal; PM: peso magro o libre de grasa; Ts: pliegue tricipital.

^ase incluye la edad en el análisis.

^bse elimina el efecto de la edad.

^cse elimina el efecto de la edad y la estatura.

función de estas variables, pueden ser objeto de un próximo trabajo.

En conclusión, la fuerza estática de la mano evaluada por dinamometría se incrementa con la edad y presenta un dimorfismo sexual significativo a partir de los 12 años. Se aportan tablas con valores obtenidos en niños y jóvenes sanos que pueden ser utilizados como patrón de referencia para la valoración del desarrollo funcional o el diagnóstico clínico de la discapacidad. Se corrobora el impacto del género y la edad sobre esta característica y se comprueba que la fuerza estática de la mano se correlaciona más fuertemente con el PM o el AMB que con las variables

directas de tamaño y con el IMC, situación aún más evidente cuando se normaliza para la edad y la estatura.

Financiación

Este trabajo está incluido en los proyectos «Condición Nutricional y Biodiversidad de las Poblaciones Humanas» financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia (Ref: GCL2004-03157 y GCL2005-03572). Todos los autores pertenecen al Grupo de Investigación Acreditado UCM 920325 «Condición nutricional en las poblaciones humanas:

aplicaciones clínicas, epidemiológicas y de promoción de la salud».

Bibliografía

- Prat JA. Batería Eurofit. En: Grosser M y Starischka S. Test de la condición física. Barcelona: Martínez-Roca S.A; 1988.
- García Avendaño P. Introducción a la investigación bioantropológica en actividad física, deporte y salud. Caracas: UCV. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico; 2006. Colección Monografías; 87.
- Jiménez Gutiérrez A. La valoración de la actividad física y su relación con la salud. *J Hum Sport Exerc.* 2007;2:53–71.
- Vaz M, Thangam S, Prabhu A, Shetty PS. Maximal voluntary contraction as functional indicator of adult chronic undernutrition. *BJN.* 1996;76:9–15.
- Pieterse S, Manandhar M, Ismael S. The association between nutritional status and handgrip strength in older Rwandan refugees. *EJCN.* 2002;56:933–9.
- Marrodán, MD, González-Montero M, Prado, C. Antropología de la nutrición. Métodos, técnicas y aplicaciones. Madrid: 2.ª ed. Ed. Noesis; 2003.
- Mateo Lázaro ML, Penacho Lázaro MA, Carot Gil MT, Berisa Losantos F, Torralba Allue JC, Prieto Andrés P. Estado nutricional y supervivencia en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Arch Bronconeumol.* 2006;46:38.
- Kuh D, Bassey J, Hardy R, Aihie Sayer A, Wadsworth M, Cooper C. Birth weight, childhood size, and muscle strength in adult life: Evidence from a birth cohort study. *Am J Epidemiol.* 2002;156:627–33.
- Inskip HM, Godfrey KM, Martin HJ, Simmonds SJ, Cooper C, Sayer AA. Size at birth and its relation to muscle strength in young adult women. *J Inter Med.* 2007;262:368–74.
- Andrews A, Thomas MW, Bohannon R. Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther.* 1996;76:248–59.
- Bowen J, Mendoza de Sosa D. Valores de la fuerza de la mano en adultos sanos. *Boletín Médico de Postgrado.* 2001;17:57–68.
- Schlüssel MM, Anjos LA, Teixeira M, De Vasconcellos L, Kac G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: A population-based study. *Clin Nutr.* 2008;27:601–7.
- Merlini L, Mazzone ES, Solari A, Morandi L. Reliability of hand-held dynamometry in spinal muscular atrophy. *Muscle Nerve.* 2002;26:64–70.
- O'Shea SD, Taylor NF, Partas JD. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: Retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88:32–6.
- Pierson LM, Miller LE, Pierson ME, Herbert WG, Cook JW. Validity of hand-held dynamometry for strength assessment in cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil.* 2005;25:266–9.
- Van der Beld WA, Van der Sanden GA, Sengers RC, Verbeek AL, Gabreëls FJ. Validity and reproducibility of hand-held dynamometry in children aged 4–11 years. *J Rehabil Med.* 2006;38:57–64.
- Crompton J, Galea MP, Phillips B. Hand-held dynamometry for muscle strength measurement in children with cerebral palsy. *Develop Med Child Neurol.* 2007;49:106–11.
- Alloju SM, Herndon DN, McEntire SJ, Suman OE. Assessment of muscle function in severely burned children. *Burns.* 2008;34:452–9.
- Luna Heredia E, Martín Peña G, Ruiz Galiana J. Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr.* 2005;24:250–8.
- Mateo Lázaro ML, Penacho Lázaro MA, Berisa Lozanitos F, Plaza Bayo A. Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel. *Nutr Hosp.* 2008;23:35–40.
- Marrodán Serrano MD, Callejo Gea L, Moreno Heras E, González-Montero De Espinosa M, Mesa Santurino MS, Gordón Ramos PM, et al. Antropometría nutricional y aptitud física en adolescentes urbanos de Madrid. *An Esp Pediatr.* 1999;51:9–15.
- Buces del Castillo M, Moreno-Heras E, Callejo ML, Marrodán MD, Gordón PM, Mesa MS, et al. Aptitud física durante la adolescencia: análisis semilongitudinal en una población urbana. *Habilidad Motriz.* 2000;16:52–60.
- Ortega F, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno L, González-Gross M, Wärnbergd J, et al. Bajo nivel de forma física en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura. *Rev Esp Cardiol.* 2005;58:898–909.
- García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, et al. Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA Study). *Rev Esp Cardiol.* 2007;60:581–8.
- Weiner JS, Lourie JA. Practical human biology. Londres: Academic Press; 1981.
- Lohman JG, Slaughter MH, Boileau RA, Bunt J, Lussier L. Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youths and adults. *Hum Biol.* 1984;56:667–9.
- Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32:77–97.
- Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. En: Brozek J, Henschel A. editores. Techniques for measuring body composition. Washington: National Academy of Sciences; 1961.
- Marrodán Serrano MD, Mesa Santurino MS, Alba Díaz JA, Ambrosio Soblechero B, Barrio Caballero PA, Drak Hernández L, et al. Diagnóstico de la obesidad: actualización de criterios y su validez clínica y poblacional. *An Pediatr (Barc).* 2006;65:5–14.
- Gurney JM, Jelliffe DB. Arm anthropometry in nutritional assessment: Normogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle areas. *Am J Clin Nutr.* 1974;26:912–5.
- Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. The Cambridge encyclopedia of human growth and development. Cambridge University Press; 1998.
- Bogin B. Patterns of human growth. 2nd ed. Cambridge University Press; 1999.
- Montoye HJ, Lamphiear DE. Grip and arm strength in males and females, age 10 to 69. *Res Q.* 1977;48:109–19.
- Beunen G, Malina RM, Van't Hof MA, Simons J, Ostyn M, Renson R, et al. Adolescent growth and motor performance: A longitudinal study of Belgian boys. Champaign. Illinois: Human Kinetics Books; 1988.
- Milanes Chavez A, Castro Gil N, Cumba Abreu C, Ceballos Martínez I, Aguilar Valdes J, Clua Calderin A, et al. Dinamometría manual y espinal en escolares cubanos de 5 a 16 años. *Rev Cuba Pediatr.* 1994;3:170–4.
- Luna Heredia E, Martín Peña G, Ruiz Galiana J. Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría. *Nutr Hosp.* 2004;80.
- Arroyo P, Lera L, Sánchez H, Bunout D, Santos JL, Albala A. Indicadores antropométricos, composición corporal y limitaciones funcionales en ancianos. *Rev Med Chile.* 2007;135:846–54.
- Schlüssel MM, Dos Anjos LA, Teixeira M, Vasconcellos L, Kac G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: A population-based study. *Clin Nutr.* 2008;27:601–7.
- Klidjian AM, Foster KJ, Kammerling RM, Cooper A, Karran SJ. Relation of anthropometric and dynamometric variables to serious postoperative complications. *BMJ.* 1980;281:899–901.
- Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation, and physical activity, vol. 12. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1991. p. 187–204.

41. Carrascosa Lezcano A, Fernández García JM, Fernández Ramos C, Ferrández Longás A, López-Siguero JP, Sánchez González Sobradillo Ruiz B, et al. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *An Pediatr (Barc)*. 2008;68:552–69.
42. Shephard R.J. *Physical activity and growth*. London, UK: Year Book Medical Publishers; 1982. p. 85.
43. Vaz M, Hunsberger S, Diffey B. Prediction equations for handgrip strength in healthy Indian male and female subjects encompassing a wide age range. *Ann Hum Biol*. 2002;29:131–41.
44. Sartorio A, Lafortuna CL, Pogliaghi S, Trecate L. The impact of gender, body dimension and body composition on hand-grip strength in healthy children. *J Endocrinol Invest*. 2002;25:431–5.