

La fuerza dinamométrica en adolescentes: revisión sistemática y percentiles normativos

F. Reig¹, A. Planas¹, L. Rosselló², F. Pifarré³, J. Ticó¹, N. Sans⁴, J.A. Prat⁵

¹INEFC. Lleida. ²Hospital Universitari Santa Maria de Lleida. ³Centre de Medicina de l'Esport de Lleida. Consell Català de l'Esport. ⁴Hospital Universitari Arnau de Vilanova. Lleida. ⁵Fundación Andrómeda

Resumen

Introducción: El objetivo de este trabajo fue establecer una tabla de referencia internacional de la prueba de dinamometría manual, según la edad y el sexo, en adolescentes de 12-16 años de edad, proponiendo una categorización por niveles según el percentil obtenido.

Material y métodos: Se llevó a cabo una revisión sistemática de los artículos que aportaban datos relativos a la dinamometría manual de la mano dominante, en varones y mujeres de 12-16 años. Para una correcta estandarización, los protocolos de la prueba debían ser idénticos y se convirtieron todos los valores a kg.

Resultados: En primer lugar, se obtuvieron los datos respecto a la media, la mediana y la desviación estándar, en la revisión sistemática por país, región, edad y sexo, que agrupaba a un total de 22.237 adolescentes de 12-16 años. En segundo lugar, se estableció una puntuación normalizada en escala (z), con un intervalo de confianza del 95%. A continuación se aplicó la modelización mediante la simulación de Monte Carlo, generando las tablas de percentiles internacionales de 12-16 años y sexo.

Conclusiones: El presente estudio aporta una tabla comprensiva internacional para varones y mujeres de raza caucásica y países desarrollados, cuya utilidad es valorar la fuerza muscular de la mano en la adolescencia, lo que permite clasificar a cada sujeto y detectar los valores bajos para llevar a cabo la profilaxis compensatoria.

©2019 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados.

Palabras clave

Dinamometría manual, fuerza muscular, fuerza manual

Abstract

Title: The handgrip strength dynamometer in adolescents 12-16 years old. A systematic review and the normative centiles

Introduction: The objective is to establish an international reference table of the manual dynamometry test, according to age and gender in adolescents aged from 12 to 16 years old, suggesting a categorization by levels according to the obtained percentile.

Material and methods: A systematic review was carried out whose articles provided data regarding the manual dynamometry of the dominant hand, in men and women aged 12 to 16. For correct standardization, the test protocols had to be identical and all values were converted to kg.

Results: First of all, means, median and standard deviations data were obtained in the systematic review by country, region, age and gender, which grouped a total of 22,237 adolescents from 12 to 16 years old. Secondly, a normalized scale score (z) was established with a 95% CI. The modeling was then applied by means of the Monte Carlo program generating the tables of international percentiles from 12 to 16 years old and gender.

Conclusions: The present study provides a comprehensive international table for Caucasian men and women and developed countries, whose utility is to assess the muscular strength of the hand in adolescence, allowing each subject to be classified and detecting low values in order to carry out compensatory prophylaxis.

©2019 Ediciones Mayo, S.A. All rights reserved.

Keywords

Handgrip dynamometer, muscular strength, handgrip strength

Introducción

La fuerza que se aplica a un dinamómetro mide la fuerza de prensión, o presión de la mano, y se usa fundamentalmente como medida relevante en la evaluación de la salud clínica

general¹, de la función motora de los músculos flexores de los dedos, los músculos de las zonas hipotenar y tenar, y también de los músculos intrínsecos de la mano^{2,3}. Por tanto, es habitual registrar esta medida en pacientes con una amplia gama de patologías que normalmente necesitan terapia

(artritis reumatoide, osteoartritis, distrofia muscular, tenosinovitis, accidente cerebrovascular y malformaciones congénitas)⁴. Algunos estudios recientes han reforzado la relación concurrente de la fuerza de agarre de la mano con las medidas del estado nutricional o la masa muscular y las medidas de función y estado de salud. Estos han confirmado el valor de la fuerza de agarre de la mano como un predictor de la mortalidad, la duración de la estancia hospitalaria de un paciente y su nivel de condición física funcional⁵. También se usa como medida descriptiva del nivel de la fuerza en general en las distintas poblaciones, según la edad y el sexo, estableciendo las zonas de beneficio para la salud en adolescentes, adultos y adultos mayores⁶.

No obstante, cada país, estado, región o provincia publica datos de poblaciones de diferentes edades y sexos, con sus respectivas escalas de percentiles, y comparativamente se observan diferencias importantes entre los índices expuestos.

La evolución de la fuerza de prensión de la mano en varones y mujeres sigue un aumento lineal, con un fuerte crecimiento en la adolescencia en los varones y menos pronunciado en las mujeres, mientras que en los adultos se trata de una función cuadrática que disminuye con la edad, cuyo nivel máximo se produce entre los 30 y los 39 años para ambos sexos, aunque el valor absoluto es superior en el sexo masculino que en el femenino⁶. No obstante, otros estudios muestran que el nivel de fuerza máxima para hombres se sitúa entre los 35 y los 45 años, mientras que en las mujeres los valores máximos se consiguen entre los 30 y los 50 años, y posteriormente se produce una disminución⁷.

Cuando se valoran poblaciones muy grandes, el test de fuerza de prensión de la mano se suele aplicar en la posición de bipedestación, con el codo extendido y el brazo ligeramente separado del cuerpo. Las diferencias que se observan respecto a la mano no dominante no son significativas⁸.

Uno de los problemas que se plantean al comparar estudios transversales es el instrumento de valoración, dada la variedad de dinamómetros existentes en el mercado: mecánicos, hidráulicos, digitales y electrónicos. Los más frecuentemente utilizados son los dinamómetros Jamar y TKK. No existe un criterio unánime al respecto, y las posibles diferencias pueden atribuirse a la forma de las empuñaduras para el agarre de la mano: Amaral et al.² y Shechtman et al.⁹ obtienen mejores resultados con el modelo Jamar, y Cadenas-Sánchez et al.¹⁰ con el modelo TKK, mientras que Mathiowetz¹¹ no encontró diferencias significativas.

Analizando el incremento de la fuerza isométrica de la mano dominante y su evolución en kg por año, se puede estudiar el factor de crecimiento en adolescentes cuando llegan a la madurez sexual. En el estudio Eurofit, llevado a cabo por Prat et al.¹², en los varones se observa claramente que el pico máximo de fuerza se producía a los 14 años, mientras que en el estudio realizado por Perna et al.⁶ en Estados Unidos, el pico máximo se sitúa en los 13 años. En las mujeres, el crecimiento más acentuado se produce a los 12 años, coincidiendo con lo que se observó en ambos estudios (figura 1).

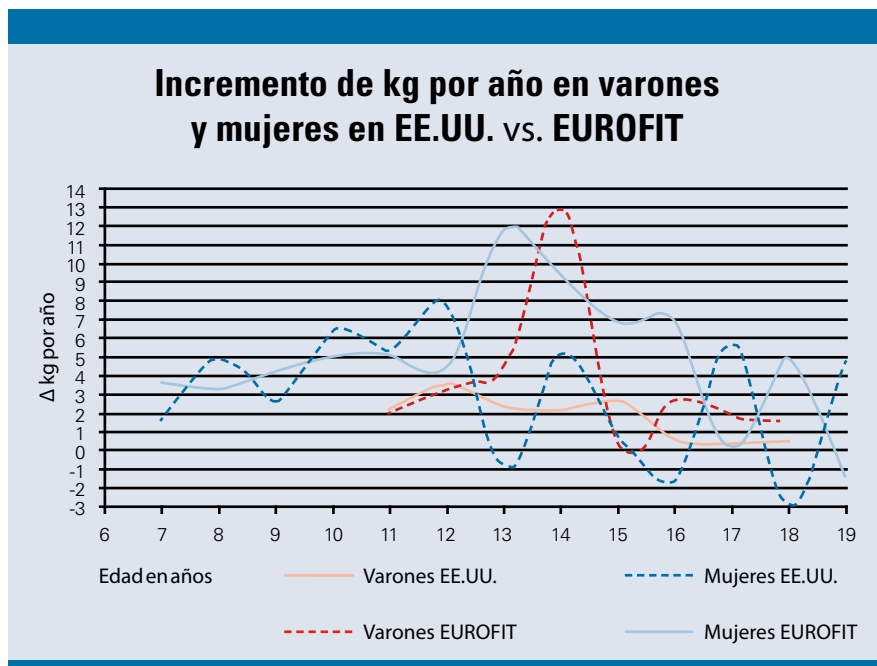


Figura 1. Comparación del incremento de la fuerza (en kg/año), según la edad, en Estados Unidos 2016 y Eurofit 1993

En relación con las medidas de la fuerza, muchos autores diferencian entre mano derecha y mano izquierda, mientras que otros dan como valor final la suma de los registros de cada mano¹³. Según Perna et al.⁶ y Hager-Ross et al.¹, no hay diferencias entre la fuerza dinamoétrica de la mano derecha y la izquierda. Según el estudio de Wong⁷, en el que participaron sujetos de 6 a 79 años de edad, las diferencias entre la mano derecha y la izquierda para hombres es de 1,23 kg y para mujeres de 1,85 kg. Normalmente se realizan 2 o 3 intentos para obtener el mejor registro. Según Fess¹⁴, la mejor marca se obtiene, en un 60% de las ocasiones, en el primer intento, y tan sólo en un 24% en el segundo intento; no es relevante la pausa entre ambos intentos, ya que no existe una influencia destacable de la fatiga para modificar de manera significativa los resultados¹¹.

En la elaboración de la batería Eurofit, la comisión de expertos acordó que la medida se realizara única y exclusivamente con la mano dominante. En el 90% de las personas la mano dominante es la derecha^{7,15}; no obstante, una parte importante de las personas zurdas tienen mayor fuerza de presión en la mano derecha⁷. Papadatou-Pastou et al.¹⁶, en un metaanálisis de 144 estudios con un total de 1.787.629 participantes, indicaron que los hombres muestran una tendencia superior a ser zurdos que las mujeres, del 12 frente al 10%, respectivamente.

El objetivo del presente estudio era realizar una revisión sistemática de la fuerza de presión de la mano, incluyendo los resultados de estudios y artículos publicados y valorando diferentes poblaciones mayoritariamente caucásicas de los países que se consideran como regiones más desarrolladas¹⁷. Con los datos obtenidos se ha aplicado el modelo de simulación Monte Carlo, y posteriormente se han extrapolado todas las valoraciones a una tabla de percentiles única e internacional, que permite comparar a cada sujeto con respecto a una población general, y también observar cómo evoluciona la cualidad de fuerza de presión de la mano dominante de una población determinada.

Material y método

Se ha utilizado como modelo del esquema metodológico el que aplicaron Tomkinson et al.¹⁸ en la revisión sistemática de la **Course Navette** de 20 metros (20 m Shuttle Run Test).

Por ello, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline/Pubmed, Scopus y Sportdiscus de artículos que contenían valoraciones año por año de la media, la desviación estándar (DE) y la mediana con las palabras clave **handgrip dynamometer of fitness strength muscular strength handgrip strength**. De las referencias bibliográficas obtenidas, es decir, 263 artículos, se eligieron 37, que fueron revisados exhaustivamente para intentar localizar nuevos artículos de interés para el estudio. Finalmente se incluyeron 11 estudios.

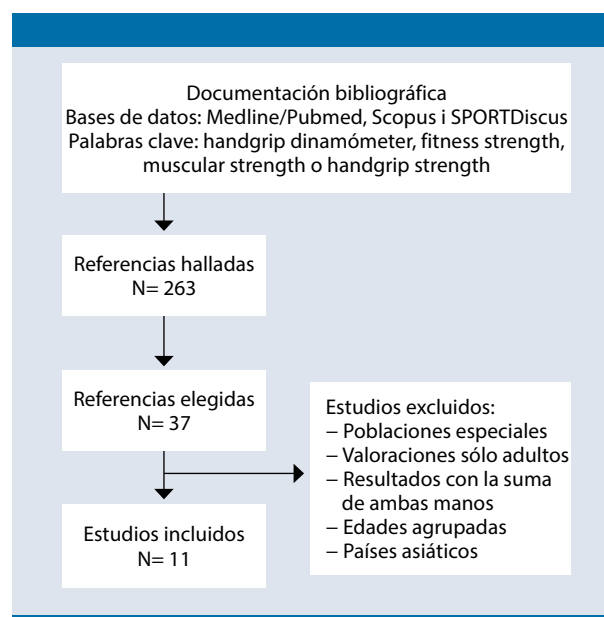


Figura 2. Diagrama de flujo de PRISMA de los artículos incluidos

El procedimiento llevado a cabo (figura 2) se puede resumir del modo siguiente:

1. Dos expertos han revisado los títulos y resúmenes de los artículos para su elegibilidad.
2. Se han obtenido los textos completos de los estudios que cumplían los criterios de selección de, al menos, un revisor.
3. Los dos revisores examinaron el texto completo de los artículos resolviendo por consenso las discrepancias.
4. Un tercer revisor examinó los artículos en los que los dos revisores no llegaron a un acuerdo.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron los artículos publicados a partir de 1990 que reportaban, de forma implícita o explícita, la fuerza dinamoétrica, distinguiendo los resultados según el sexo y que comprendían de forma parcial o total edades de 12-16 años, especificando los resultados de cada año en población normal, y evaluaban la mano dominante o ambas manos.

Se han adjuntado datos de estudios provenientes de países considerados desarrollados, compuestos mayoritariamente por población de raza caucásica, puesto que se ha demostrado que los jóvenes presentan diferencias en cuanto a medidas relacionadas con la condición física en función de la raza y el nivel de desarrollo del país¹⁹.

Se excluyeron los estudios que no seguían el siguiente protocolo en la obtención de resultados:

- Posición inicial: el ejecutante, en bipedestación, sujeta el dinamómetro con su mano más fuerte (normalmente la más hábil); su brazo debe estar totalmente extendido

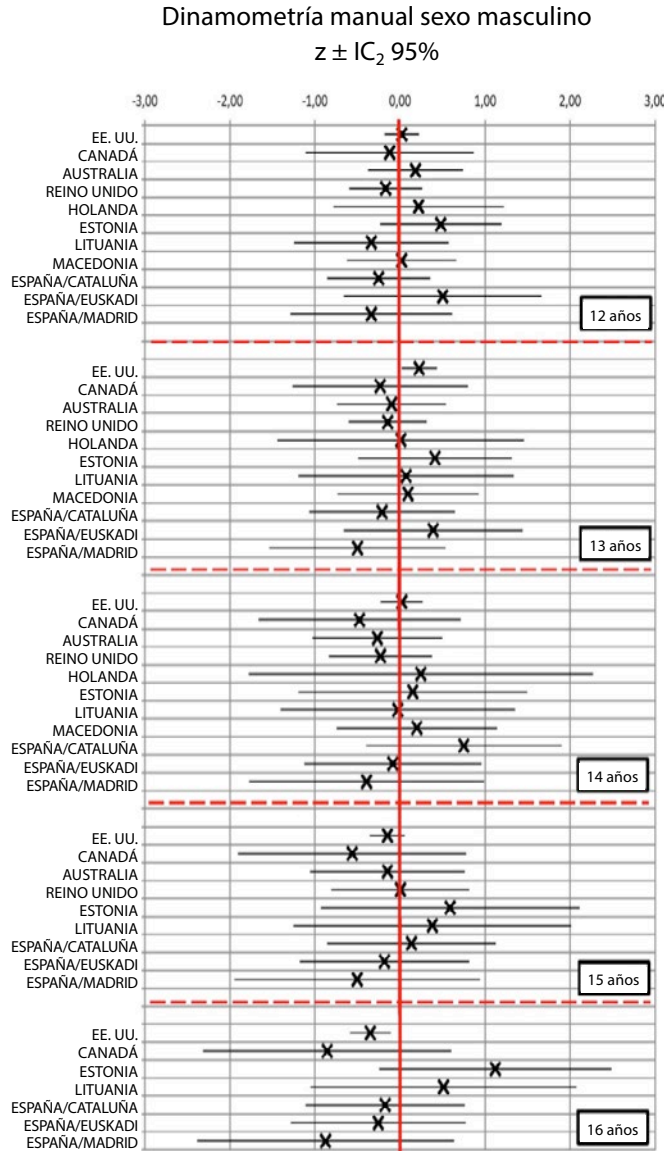
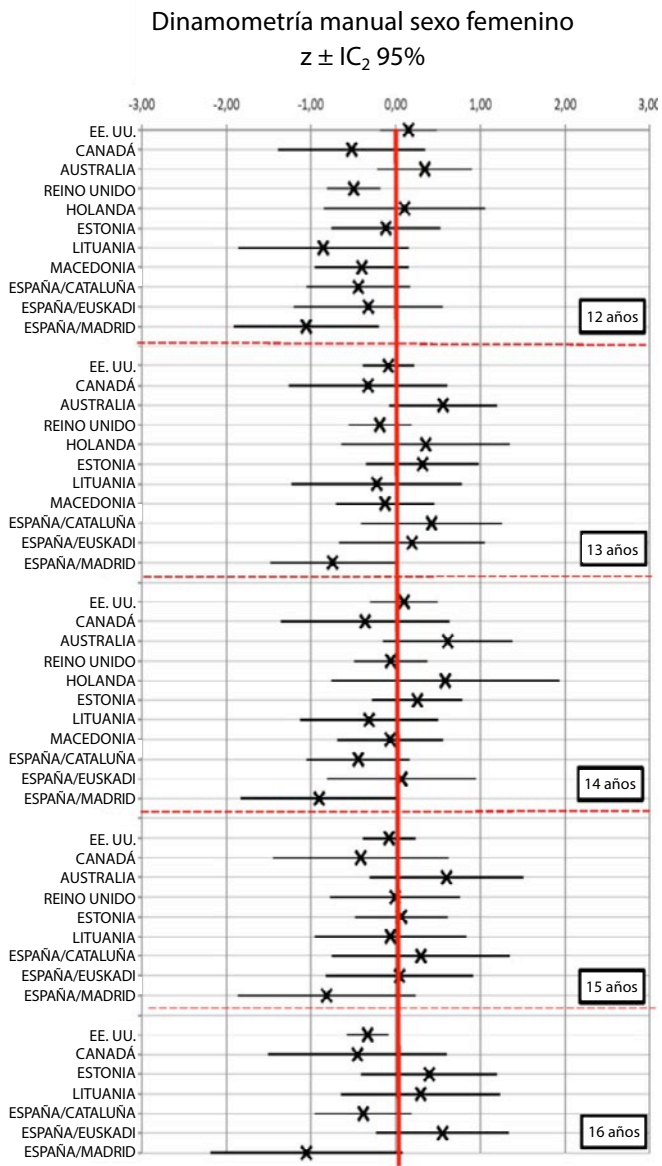


Figura 3. Representación de efectos de escala «z» e intervalo de confianza del 95%, en población de sexo femenino de 12-16 años de edad en diferentes países y regiones

Figura 4. Representación de efectos de escala «z» e intervalo de confianza del 95%, en población de sexo masculino de 12-16 años de edad en diferentes países y regiones

a lo largo del cuerpo, sin que llegue a tocar ninguna parte del mismo.

- Desarrollo: a la señal, el ejecutante debe presionar flexionando los dedos de la mano y manteniendo la flexión unos 3 segundos.

Se excluyeron también los estudios que agrupaban edades, los que únicamente sumaban las valoraciones de am-

bas manos, los que se referían a poblaciones específicas de la práctica de un deporte en concreto (atletas, futbolistas, etc.), o de poblaciones especiales (con obesidad, diabetes mellitus, trastornos mentales, etc.) (tabla 1).

Los resultados de la revisión sistemática se presentan en la gráfica de efectos (**forest plot**), indicando la puntuación normalizada (z) respecto a la media de todos los estudios

TABLA 1

Resumen de los estudios utilizados para calcular las tablas de percentiles agrupando diferentes países y regiones

Autores	Año de publicación	País	Sexo	Edad (años)	Muestra total	Tipo de dinamómetro
Perna et al. ⁶	2016	Estados Unidos	M y F	6-19	2.366 (1.207 varones y 1.159 mujeres)	TKK 5401
Wong ⁷	2016	Canadá	M y F	6-79	11.108 (5.438 varones y 5.670 mujeres)	TKK Smedley III
Živković et al. ²⁰	2014	Macedonia	M y F	11-14	1.892 (992 varones y 900 mujeres)	TKK 5101
Ploegmakers et al. ⁴	2013	Holanda	M y F	4-15	2.239 (1.112 varones y 1.127 mujeres)	Jamar hidráulico
Catley y Tomkinson ²¹	2011	Australia	M y F	9-17	85.347 (dinamometría 3.707)	Sin especificar
Cohen et al. ²²	2010	Reino Unido	M y F	10-16	7.147 (3.773 varones y 3.374 mujeres)	TKK 5001
Marrodán Serrano et al. ⁸	2009	España (Madrid)	M y F	6-18	2.125 (1.176 varones y 949 mujeres)	TKK dinamómetro digital
Jürimäe, Toivo Volbekiene, Vida ²³	1998	Estonia	M y F	11-17	3.197 (1.480 varones y 1.717 mujeres)	Sin especificar
Jürimäe, Toivo Volbekiene, Vida ²³	1998	Lituania	M y F	11-17	1.601 (764 varones y 837 mujeres)	Sin especificar
Sainz, RmM ²⁴	1996	España (País Vasco)	M y F	9-17	6.698 (3.357 varones y 3.341 mujeres)	Sin especificar
Prat et al. ¹²	1993	España (Cataluña)	M y F	10-18	4.237 (2.137 varones y 2.100 mujeres)	TKK 1201

F: femenino; M: masculino.

incluidos y su respectivo intervalo de confianza (IC) del 95%, diferenciando según el sexo y la edad (figuras 3 y 4).

Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Como parte del procedimiento de modelización utilizado para generar los percentiles normativos específicos para cada edad, se requirieron en cada estudio, la media y la DE específicas por sexo, edad y país, adecuándolas al sistema métrico decimal y expresando los valores de fuerza en kg. Si no había medias disponibles (como ocurrió en 2 de los 11 estudios), los valores medios fueron estimados a partir de los valores de la mediana indicados (figura 5).

Se aplicaron análisis para determinar el mejor método de ajuste: linealidad o regresiones curvilíneas (polinomios de segundo y tercer orden). En este estudio, el modelo de regresión lineal fue el más ajustado tanto para el sexo masculino como para el femenino.

En el caso de los varones fue:

Media (kg) = 0,966 × mediana (kg) + 2,573
 $r = 0,98$; $p < 0,0005$; IC del 95% = 2,39 kg (entre 35,75 y 30,97 kg);
 SE = 2,96 kg.

En las mujeres fue:

Media (kg) = 0,839 × mediana (kg) + 4,714
 $r = 0,92$; $p < 0,0005$; IC del 95% = 1,28 kg (entre 26,65 y 24,09 kg);
 SE = 1,31 kg.

Un artículo no aportaba la DE, por lo que se calculó a partir de los valores de otros artículos, que aportaban tanto las medias como las DE por sexo, edad, país o región.

Las medias y medianas ponderadas de la muestra y las DE (algunas estimadas a partir de los coeficientes de variación) se calcularon por sexo, edad y país (o región) y han servido de base para aplicar el método de Monte Carlo (mediante el programa Oracle Crystal Ball), indicando en el simulador el número de sujetos extraído de los reports ONU (2015)¹⁷, y tomando como dato la población por edad y sexo de las regiones más desarrolladas.

Los modelos para la simulación de Monte Carlo han sido la media como variable predictiva, o de previsión, y la mediana como variable de respuesta, o de suposición, ambas en unidades de kg de fuerza.

Resultados

El resultado final de la simulación se hizo según los datos proporcionados por los diferentes estudios, que incluían una población total de 22.237 sujetos de 12-16 años de edad (11.169 varones y 11.068 mujeres).

Los percentiles generados por el simulador Monte Carlo para mujeres se observan en la tabla 2 y para varones en la tabla 3.

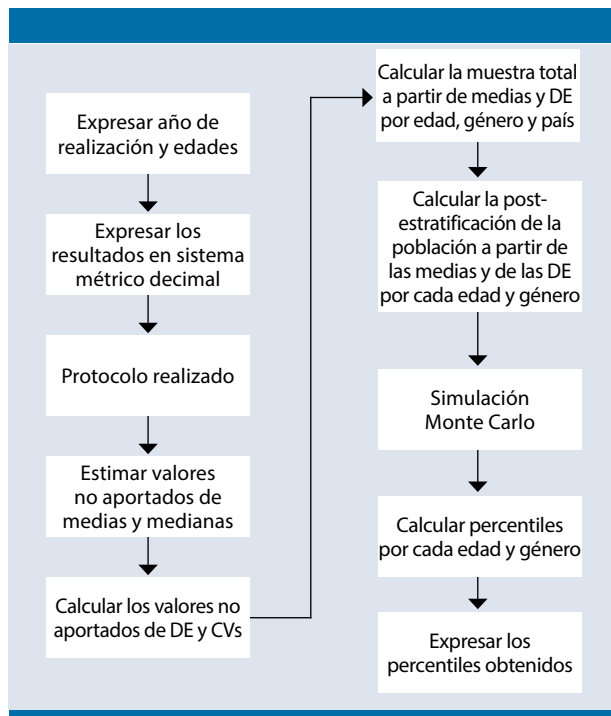


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso metodológico utilizado en este estudio. CVs: coeficiente de variación ponderado; DE: desviación estándar

Discusión

En este estudio se incluyen los registros obtenidos de un total de 22.237 participantes de 12-16 años, provenientes de 11 países y regiones, y se han agrupado todos los resultados en una única tabla de percentiles, diferenciada por edad y sexo.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS)²⁵, la adolescencia es un periodo de transición de crucial importancia, definido como una de las etapas de cambios más significativas en la vida del ser humano, entre los 10 y los 19 años de edad, que se caracteriza por un ritmo acelerado de crecimiento y modificación del organismo.

Las baterías de test que incluyen la fuerza dinamoétrica de la mano dominante son: Eurofit (Council of Europe Committee for the Development of Sport)¹², IPFT (International Physical Fitness Test. United States Sports Academic/General Organization of Youth and Sport), CPAFLA (The Canadian Physical Activity, Fitness & Lifestyle Approach. Canadian Society for Exercise Physiology) y ACHPER (Australian Council for Health, Physical Education and Recreation)^{21,26}.

En el sexo femenino, en este estudio se detecta que los países que presentan mejores resultados en la prueba de fuerza de prensión son Australia y Holanda, en todas las edades en que se han obtenido datos de estos países, mien-

TABLA 2

Percentiles en dinamometría manual (kg) en mujeres de 12-16 años de edad

Percentil	12 años (n= 2.402)	13 años (n= 2.180)	14 años (n= 1.718)	15 años (n= 1.382)	16 años (n= 835)
95	30,81	31,72	32,95	34,69	34,14
90	29,46	30,28	31,54	33,15	32,74
85	28,55	29,31	30,60	32,11	31,80
80	27,83	28,53	29,84	31,29	31,05
75	27,21	27,87	29,20	30,57	30,41
70	26,66	27,27	28,62	29,94	29,83
65	26,14	26,72	28,08	29,35	29,30
60	25,65	26,20	27,56	28,79	28,79
55	25,18	25,69	27,07	28,24	28,30
50	24,72	25,19	26,59	27,71	27,82
45	24,25	24,70	26,10	27,18	27,33
40	23,78	24,19	25,61	26,64	26,84
35	23,29	23,67	25,10	26,08	26,34
30	22,78	23,12	24,56	25,49	25,80
25	22,22	22,52	23,98	24,85	25,23
20	21,60	21,86	23,33	24,14	24,58
15	20,88	21,09	22,58	23,32	23,83
10	19,97	20,11	21,63	22,28	22,89
5	18,63	18,67	20,23	20,74	21,50

TABLA 3

Percentiles en dinamometría manual (kg) en varones de 12-16 años de edad

Percentil	12 años (n= 2.165)	13 años (n= 2.299)	14 años (n= 2.034)	15 años (n= 1.496)	16 años (n= 777)
95	32,28	38,74	46,70	52,10	55,70
90	30,68	36,70	44,26	49,51	53,36
85	29,61	35,33	42,61	47,76	51,78
80	28,75	34,24	41,30	46,37	50,53
75	28,02	33,30	40,17	45,18	49,46
70	27,36	32,46	39,17	44,11	48,49
65	26,75	31,68	38,23	43,12	47,59
60	26,17	30,95	37,34	42,17	46,74
55	25,60	30,23	36,49	41,26	45,92
50	25,05	29,53	35,64	40,37	45,11
45	24,50	28,82	34,80	39,47	44,30
40	23,94	28,11	33,94	38,56	43,48
35	23,36	27,36	33,06	37,62	42,63
30	22,75	26,59	32,12	36,63	41,73
25	22,09	25,74	31,11	35,55	40,77
20	21,35	24,81	29,99	34,36	39,70
15	20,50	23,72	28,68	32,97	38,44
10	19,42	22,34	27,03	31,22	36,86
5	17,83	20,31	24,58	28,62	34,53

tras que en la edad de 16 años, los mejores resultados se obtuvieron en Estonia, Letonia y la región del País Vasco. La región de Madrid presenta sistemáticamente los peores resultados en todas las edades (figura 3).

Respecto al sexo masculino, los resultados obtenidos presentan mucha más variabilidad en todos los países (mayor IC del 95%). En la comparación entre países, también se aprecian menores diferencias entre las medias (z) en todas las edades, excepto en la de 16 años (figura 2).

Disponer de una única tabla de percentiles por edad y sexo resulta útil por los siguientes motivos:

- Facilita la comparación de una muestra determinada respecto a una población general.
- Permite clasificar o ubicar a un sujeto en una escala porcentual, en función de criterios de salud, condición física y rendimiento deportivo.
- Facilita realizar un seguimiento pediátrico respecto al desarrollo de la fuerza dinamoétrica a lo largo de la adolescencia, estimando su evolución y haciendo hincapié en la necesidad de desarrollar la fuerza muscular u otras cualidades relacionadas. Especialmente en el ámbito de la educación física escolar, el profesor puede determinar el nivel de fuerza de sus alumnos en función de la edad y el sexo, e incrementar el trabajo de fuerza en sus clases.

Los valores del percentil 5, al igual que en otros estudios, se proponen como un indicador de referencia para una fuerza de prensión anormalmente baja. También resulta habitual la utilización de los quintiles asociados a clasificaciones ordinales: de 0 a 20 «muy bajos», de 20 a 40 «bajos», de 40 a 60 «moderados», de 60 a 80 «altos» y >80 «muy altos», considerando los cambios de estrato en un mismo sujeto como una señal de alerta o de cambio significativo¹⁸.

Ortega et al.²⁷, en un estudio prospectivo de salud pública llevado a cabo en Suecia, indicaron que la fuerza muscular en la adolescencia medida con dinamometría manual se asocia significativamente con un menor riesgo de mortalidad por todas las causas. Una baja tasa de fuerza muscular en los adolescentes está asociada con un mayor índice de muerte prematura (antes de los 55 años) por riesgo cardiovascular. La ratio de mortalidad por 100.000 personas año es de 8,3 con un nivel de fuerza dinamoétrica muy bajo, con un nivel bajo o medio de 7,3, y con un nivel alto o muy alto se reduce a 5,6.

A pesar de la amplia bibliografía consultada, existen relativamente pocos estudios sobre la valoración de la fuerza muscular por dinamometría llevados a cabo en niños, adolescentes y jóvenes adultos. Tal como manifiesta la OMS²⁵, es necesario disponer de más estudios poblacionales por edad y sexo. Una de las limitaciones de esta revisión sistemática es que algunos de los estudios incluidos no indican

de forma específica el tipo de muestreo y su representatividad a nivel nacional o regional.

Recomendaciones

Es aconsejable y útil valorar la evolución de un sujeto (o grupos de sujetos) para observar si se mantiene en los estándares de los grupos de valoración citados anteriormente (muy bajo, bajo, etc.), para poder aconsejar a los padres, y a la Administración, la necesidad de incrementar los niveles de fuerza tanto en varones como en mujeres, con la finalidad de mejorar su salud actual y evitar riesgos futuros de deterioro muscular como pauta de prevención.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un estudio sobre la valoración de la condición física escolar, en el que se aplicó la Batería Eurofit a una muestra de escolares de 12-16 años de la provincia de Lleida, que fue financiado en parte por la Diputación de Lleida, el COPLEFC y la Fundación Andrómeda, y contó con la colaboración del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya y el INEFC. ■■■

Bibliografía

1. Hager-Ross C, Rosblad B. Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatr.* 2002; 91(6): 617-625.
2. Amaral JF, Mancini M, Novo Júnior JM. Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements. *Braz J Phys Ther.* 2012; 16(3): 216-224.
3. Kreuz B. A study of inter-instrument reliability between two baseline digital dynamometers. Toledo: Universidad de Toledo, 2015.
4. Ploegmakers JJ, Hepping AM, Geertzen JH, Bulstra SK, Stevens M. Grip strength is strongly associated with height, weight and gender in childhood: a cross sectional study of 2241 children and adolescents providing reference values. *J Physiother.* 2013; 59(4): 255-261.
5. Bohannon RW. Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2015; 18(5): 465-470.
6. Perna FM, Coa K, Troiano RP, Lawman HG, Wang CY, Li Y, et al. Muscular grip strength estimates of the US population from the National Health and Nutrition Examination Survey 2011-2012. *J Strength Cond Res.* 2016; 30(3): 867-874.
7. Wong SL. Valeurs de référence pour la force de préhension des Canadiens de 6 à 79 ans: Enquête Canadienne sur les Mesures de la Santé, 2007 à 2013. *Rapports sur la Santé.* 2016; 27(10): 3-11.
8. Marrodán Serrano M, Romero Collazos J, Moreno Romero S, Mesa Santurino M, Cabañas Armesilla M, Pacheco del Cerro J, et al. Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 18 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal. *An Pediatr (Barc).* 2009; 70: 340-348.
9. Shechtman O, Gestewitz L, Kimble C. Reliability and validity of the DynEx dynamometer. *J Hand Ther.* 2005; 18(3): 339-347.
10. Cadenas-Sánchez C, Sánchez-Delgado G, Martínez-Téllez B, Mora-González J, Löf M, España-Romero V, et al. Reliability and validity of different models of TKK hand dynamometers. *Am J Occup Ther.* 2016; 70(4): 7004300010p1-p9.

11. Mathiowetz V. Effects of three trials on grip and pinch strength measurements. *J Hand Ther.* 1990; 3(4): 195-198.
12. Prat J, Casamort J, Balagué N, Martínez M, Povill J, Sánchez A, et al. Eurofit: la batería Eurofit en Catalunya. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1993.
13. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, Bergman P, Hagströmer M, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *Int J Obes (Lond).* 2008; 32: 49S-57S.
14. Fess E. The effects of Jamar dynamometer handle and test protocol. *Arch Phys Med Rehabil.* 1982; 69: 366-368.
15. Massy-Westropp NM, Gill TK, Taylor AW, Bohannon RW, Hill CL. Hand grip strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Res Notes.* 2011; 4(1): 127.
16. Papadatou-Pastou M, Martin M, Munafo MR, Jones GV. Sex differences in left-handedness: a meta-analysis of 144 studies. *Psychol Bull.* 2008; 134(5): 677.
17. World Population Prospect: the 2015 revision. En: Affairs EaS, ed. Nueva York: ONU, 2015.
18. Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS, Dale M, LeBlanc AG, Belanger K, et al. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *Br J Sports Med.* 2017; 51(21): 1.545-1.554 [DOI: bjsports-2016-095987].
19. Tomkinson GR, Léger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000). *Sports Med.* 2003; 33(4): 285-300.
20. Živković V, Ajdinski G, Velickovska LA, Gontarev S. (2014). Physical Fitness Levels Among Macedonian Adolescents Residing Within The Skopje Local Municipality. *Research in Physical Education, Sport & Health.* 2014; 3(1): 35-45.
21. Catley MJ, Tomkinson GR. Normative health-related fitness values for children: analysis of 85347 test results on 9-17-year-old Australians since 1985. *Br J Sports Med.* 2013; 47(2): 98-108.
22. Cohen D, Voss C, Taylor MJ, Stasinopoulos D, Delextrat A, Sandercock G. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatrica.* 2010; 99(7): 1065-1072.
23. Jürimäe T, Volbekiene V. Eurofit Test Results in Estonian and Lithuanian 11 to 17 Year Old Children: A Comparative Study. *European Journal of Physical Education.* 1998; 3(2): 178-184.
24. Sainz R. (1996). La batería EUROFIT en Euskadi. Vitoria-Gazteiz: Instituto Vasco de Educación Física, 1996.
25. OMS. Programación para la salud y el desarrollo de los adolescentes. En: OMS/FNUAP/UNICEF, ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1999; 180-193.
26. Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2009; 44(13): 934-943.
27. Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ.* 2012; 345: e7279.