

REVISTA ELECTRÓNICA ACTIVIDAD FÍSICA Y CIENCIAS

VOL 7, Nº 1. 2015

FUERZA ISOMÉTRICA Y CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICA DE NIÑOS Y NIÑAS ENTRE 9 Y 14 AÑOS DE EDAD

MAXIMAL ISOMETRIC GRIP FORCE, ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF CHILDREN 9 - 14 OLD YEARS

Dr Pedro Felipe Gamardo Hernández.
Instituto Pedagógico de Caracas.
pgamardo@hotmail.com.
Teléfono celular: 04263116653.
Caracas, Venezuela

RESUMEN

La fuerza isométrica ha sido empleada por más de 40 años en ciencias del ejercicio (Wilson & Murphy, 1996) y para estimar la fuerza general, (Bohannon, 2009). Su uso es muy adecuado cuando se desea valorar la fuerza de un segmento con la ventaja de disminuir la carga y el número de acciones musculares. El objetivo de la investigación fue determinar la relación entre las características antropométricas y la fuerza isométrica manual de 69 niñas y 89 niños escolares entre 9y 14 años, de ambos sexos. Se tomó la masa corporal, estatura, se utilizó la prueba de fuerza aprehensiva manual con dinamómetro Back & Leg Dynamometer TakeiKiki1201, Kogyo Co., LTD Japan, Se realizaron 02 intentos por mano y se consideró el mejor registro para la determinación del rendimiento físico. Los datos se presentan estadísticos: medias, desviación estándar: se calculó la normalidad de la distribución mediante prueba K-S, Bland-Altman método gráfico para determinar la fiabilidad de las mediciones realizadas, la concordancia entre los intentos de la prueba se determinó mediante el coeficiente de correlación intraclase; diferencia por edad, sexo, estatura y masa corporal se determinó mediante ANOVA de un factor y para las asociaciones entre variables se empleó correlación de Pearson ($p<0,05$). En conclusión la relación entre fuerza muscular isométrica y factores antropométricos en niños y niñas indican una tendencia de aumento de acuerdo con la edad y está vinculada con elementos del físico humano como la estatura corporal.

Descriptores: Fuerza isométrica, crecimiento, edad, niños, niñas.

ABSTRACT

Maximal isometric grip force has been employed in exercise science 40 years (Wilson & Murphy, 1996) to estimate the overall strength (Bohannon, 2009). Its use is appropriate when to assess the strength with the advantage of reducing the load and the number of muscle actions. The objective of the research was to determine the relationship of anthropometric characteristics and maximal isometric grip force 69 girls and 89 boys between 9 and 14 old years. The body mass, height, muscle strength test Back & Leg Dynamometer Takei Kiki1201, Kogyo Co., LTD Japan 02 attempts were made by hand and the best

record for determination of physical performance. Data are presented as means, and standard deviation, the distribution normal is calculated by K-S test, Bland Altman method, correlation intraclass coefficient, the mean difference using ANOVA and correlation Pearson ($p < 0.05$). In conclusion, maximal isometric grip force and anthropometric factors in children show a trend increasing with age and is linked to stature

Descriptors: maximal isometric grip force, growth, age, children

Introducción

Las cualidades físicas, o habilidades físicas por considerarse que son medibles de manera objetiva, representan los componentes aptitudinales para afrontar las actividades diarias, están influenciadas por la madurez biológica, principalmente en la etapa infantil y juvenil. Algunos componentes antropométricos como la estatura y la masa corporal son indicadores que han permitido explicar la variabilidad del desarrollo; la relación de los signos de madurez sexual y las características antropométricas orientan las diferencias entre la edad cronológica y la maduración biológica. La fuerza muscular es importante su estimación para identificar las debilidades y desequilibrios de la musculatura agonista y antagonista. En niños y niñas la evaluación muscular ha servido como orientación para estimar las características de las condiciones nutricionales, composición corporal y la calidad del crecimiento relacionado con la aptitud física. La dinamometría es utilizada para estimar la fuerza general. Su uso es muy adecuado con la ventaja de disminuir la carga y el número de acciones musculares.

Bases teóricas

La dinamometría se utiliza para caracterizar la fuerza de las extremidades superiores e inferiores y la fuerza del tronco (Bohannon, 2008, 2009). Se justifica el empleo de una o varias medidas, pero esta fuerza no está relacionada con la fuerza general. Angst et al., (2010) encontraron que factores como el peso corporal proporciona una alta predicción respecto a los valores de la fuerza

de aprehensión. Por su parte, (Rauch et al., 2002), encuentran en la fuerza isométrica manual un método sencillo para evaluar el desarrollo muscular durante la infancia y la adolescencia.

Para Marrodán Serrano et al., (2009) la fuerza de aprehensión se considera una prueba importante para evaluar la aptitud física y el estado nutricional. Y es determinante en la profundización del conocimiento de la variabilidad de esta cualidad, de acuerdo con la edad, género, tamaño y composición corporal. Así también se ha reportado una dinámica lineal relacionada con la edad, con el área transversa del músculo y con la segunda potencia de la estatura.

La fuerza de prensión tiene mayor dependencia de las variables antropométricas y composición corporal en niños que en niñas. La estatura, circunferencia del antebrazo, la longitud stylo-dactylo media, acromial-radial y la densidad y contenido mineral de la mano son factores que influyen en la fuerza de prensión en niños pre púberes, sin embargo la estatura es el mejor predictivo de la fuerza (Jürimäe, Hurbo, & Jürimäe, 2009).

Hansen, Bangsbo, Twisk, & Klausen, (1999) evaluaron las manifestaciones de la fuerza isotónica e isométrica en 110 sujetos considerados jugadores de elite y no elite con edades entre los 10 y 12 años, realizaron cuatro evaluaciones en un período de dos años, aplicaron pruebas de salto longitudinal, extensión máxima voluntaria de los extensores de miembros inferiores mediante un dinamómetro de cable, apoyado sobre la espalda, la fuerza isométrica manual se estimó solo en la mano dominante con dinamómetro, en posición sentado, tomando el mejor de tres intentos. Los autores concluyen que los aumentos de la fuerza dependen de la edad y de las diferencias por género y están fuertemente relacionados con los cambios que ocurren durante la infancia. El estudio proporciona un valor estándar normativo de la fuerza máxima de agarre para niños sanos del norte italiano.

Otros resultados han mostrado correlación entre la edad y fuerza de agarre en niños, se mantiene paralelo el desempeño en la prueba junto a las niñas hasta los 12 años y no se reportó diferencias entre los valores de ambas manos, (De Smet & Vercammen, 2001). Una mejor evaluación, de la fuerza y su relación con la edad, se obtiene del empleo combinado de diagramas de crecimiento, (Molenaar et al., 2010), según el sexo se ubica por percentil (Newman et al., 1984).

En cuanto a la evolución funcional del músculo, un estudio realizado sobre su morfología desde la infancia hasta la edad adulta, se encontró aumento de la sección transversal en la fibra muscular media que se produce desde la niñez hasta alcanzar el estado adulto y este aumento es concomitante al desarrollo funcional de la fibra, (Lexell, Sjöström, Nordlund, & Taylor, 1992).

En otra muestra se evaluó la fuerza máxima de agarre en 278 niños de ambos sexos, entre 5 y 15 años de edad, distribuidos en: grupo 1, edad 7,6 +/-0,9 años, estadio 1 Tanner; grupo 2, edad 10,8 +/-0,7 años, etapas 2-3 de Tanner; grupo 3, edad 13,2 +/-0,9 años, etapas 4-5 de Tanner. También valoraron la composición corporal, peso, estatura, superficie corporal, índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal y la masa libre de grasa en todos los sujetos, (Sartorio, Lafortuna, Pogliaghi, & Trecate, 2002). De los resultados obtenidos se manifestó un aumento progresivo de los valores en las variables antropométricas desde las edades inferiores hasta la mayor. Hubo diferencias significativas entre sexos con relación a la grasa corporal, las chicas reportaron mayor porcentaje de grasa en comparación con los varones.

Se detectó una relación curvilínea en ambos sexos, entre la fuerza de agarre y la edad, con el mejor ajuste de la fuerza para la mano dominante (dominant hand-grip=fuerza de mano dominante) dada por las ecuaciones: DHG = 5,891 * 10^{-0,051} la edad, $r^2 = 0,986$, $p < 0,001$ en los niños y DHG = 6,163 * 10^{-0,045} Edad $r^2 = 0,973$, $p < 0,001$ en las niñas. El aumento del

nivel de fuerza manual a partir de los 11 años fue más acentuado en los chicos en comparación con las chicas.

Hubo diferencia de un 10 por ciento entre la mano dominante y la no dominante en ambos grupos. Las diferencias en la fuerza de aprehensión dependieron de la edad y el sexo, sin embargo al relacionarse con la masa libre de grasa esas diferencias se disipan. La regresión lineal múltiple indicó que la fuerza de aprehensión correlacionó positivamente ($p < 0.001$ todos los valores de la correlación) con el índice de masa corporal, la superficie corporal, la estatura, y la masa libre de grasa. El valor más significativo fue reportado entre la fuerza de agarre y la masa libre de grasa sin diferencias atribuibles al sexo.

Newman et al., (1984) establecieron los baremos a partir de un grupo de 1417 chicos entre 5 y 18 años. Aplicaron prueba de fuerza de agarre con dos intentos en cada mano registrando el promedio y la fuerza pico. Reportaron que las niñas generaron valores más bajos que los niños y mantuvieron el aumento lineal hasta los 13 años, a partir de entonces se mantuvo y que a los 18 años de edad los chicos tienen nivel de fuerza sesenta por ciento mayor que las chicas.

Proporcionar normas para la fuerza de prensión en 530 niños suecos con edades entre los 4 y 16 años fue el objetivo de Häger-Ross & Rösblad, (2002). Emplearon un dinamómetro que permitió calcular la fuerza de presión sostenida en período de 10 segundos. Hasta los 10 años el nivel de fuerza de aprehensión obtenido en niñas y niños fue similar, la relación se mostró curvilínea entre ambos grupos. A edad mayor los niños fueron significativamente más fuertes. Los resultados del estudio mostraron alta correlación entre la fuerza de agarre y el peso corporal, estatura y longitud de la mano. Los niños diestros fueron más fuertes en su mano dominante que los siniestros, no se encontró diferencia en los valores entre ambas manos. Los valores obtenidos de la mano derecha

dominante la fuerza máxima fue mayor 10 por ciento al igual que los de mano izquierda dominante. Los datos que fijaron las normas de fuerza de agarre máximo fueron ligeramente inferiores a los presentados en 1980 en los Estados Unidos y Australia, probablemente por la disparidad en la edad de los grupos y los instrumentos utilizados.

Estas normas permitirían a profesionales de la salud comparar la puntuación de un paciente con los de niños desarrollados, de acuerdo con la edad, el sexo, uso de la mano preferente y medidas antropométricas. A partir de 12 años de edad la fuerza de agarre promedio de los niños aumentó a un ritmo más rápido que en las niñas. Sin embargo, los grupos que se desempeñaron mejor fueron los que se ubicaron en el rango 13-19 años de edad. Es posible que se encuentren asociaciones entre la actividad realizada y la fuerza de agarre que aún hoy se discuten.

Robertson & Deitz, (1988) encontraron que la relación es lineal con la edad. En su investigación sobre la fuerza de prensión en 380 niñas y niños de 3 a 5 y medio años de edad, utilizaron el Vigorimeter Martin con el fin de proporcionar datos preliminares. La media de tres ensayos fue utilizado para determinar la puntuación de fuerza de agarre en cada mano. Se alternó la mano derecha e izquierda durante la prueba para permitir un descanso 20 segundos entre los ensayos. Los resultados mediante análisis múltiple de varianza indicaron que las puntuaciones media aumentaron linealmente con la edad ($p < 0.001$) y que la puntuación de la fuerza de agarre de la mano derecha fue mayor que la izquierda ($p < 0.001$). Fueron elaborados dos tablas de puntuaciones medias y desviación estándar para uso clínico. La diferencia de la fuerza atribuida al sexo estuvo relacionada con los cambios que ocurren durante la infancia.

Otros autores sugieren uso de modelo de aumento de la fuerza de prensión en niños, similar a los empleados en centros de bienestar infantil para observar el crecimiento normal, (Molenaar et al., 2010). Para ello midieron la fuerza de prensión, de la mano dominante, el sexo, la estatura y el peso corporal de 225 niños desde 4 hasta 12 años de edad. En la elaboración de curvas emplearon modelos estadísticos con los registros por separado de ambas manos de niños y niñas. En todo el grupo la mano dominante produjo mayor fuerza de agarre que la no dominante y los niños fueron más fuertes que las niñas, los valores en ambas manos aumentaron con la edad. Debido a que las mediciones de la fuerza de agarre se acompañaron de una variación muy importante, los diagramas de crecimiento permiten observar mejor el desarrollo de la fuerza de agarre correspondiente a una determinada edad, así como también corroborar el dimorfismo sexual significativo a partir de los 12 años con aumento rápido de la fuerza en los varones (Butterfield et al., 2009).

Con el propósito de elaborar un conjunto de normas referenciales aplicable a la población española en 2125 sujetos de ambos sexos (1176 niños y niñas 949) entre los 6 y 18 años, Marrodán Serrano et al., (2009) evaluaron la fuerza de ambas manos con un dinamómetro digital ajustable. Se registraron peso corporal, estatura, circunferencia del antebrazo y espesor de pliegues cutáneos, se estimó índice de masa libre de grasa, porcentaje de músculo y grasa total, grasa del área del antebrazo. Se analizó la variabilidad ontogénica y sexual de la fuerza dinamométrica a partir de una base que contenía la media, desviación estándar y la distribución porcentual de la fuerza por edad y el género.

Butterfield, Lehnhard, Loovis, Coladarci, & Saucier, (2009) establecieron una serie de baremos a partir de la evaluación realizada en ambas manos, de acuerdo con el sexo, la edad, estatura y peso corporal. evaluaron la fuerza de agarre en 736 niños de ambos sexos de 5 a 19 años de edad, utilizaron un dinamómetro Jamar para medir la fuerza de agarre. Emplearon ecuaciones de regresión múltiple para analizar la información. En general, las tendencias por edad y sexo fueron similares a los reportados anteriores y mostraron aumentos de rendimiento en diversas edades.

De los resultados se obtuvo que la fuerza de aprehensión se incrementara con la edad y se observó un dimorfismo sexual significativo desde los 12 años de edad. La correlación entre la fuerza estática, la masa libre de grasa o el área del músculo del brazo fue más fuerte que las encontradas con las variables tamaño o índice de masa corporal. Recomendaron que las tablas creadas, con valores de crecimiento normales de niños y adolescentes españoles sanos, pudieran ser utilizadas como un patrón de referencia.

Una vez revisada la literatura surgió la interrogante ¿cuál es el grado de relación existente entre la fuerza aprehensiva y los componentes del físico de niños entre 9 y 14 años de edad? ¿los valores de fuerza aprehensiva están acorde con la edad y el sexo del sujeto evaluado?. Para responder las interrogantes de investigación se estableció el siguiente marco metodológico.

Metodología

Se trató de un trabajo de campo correlacional, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) para determinar el grado de relación que existe entre la fuerza isométrica y las características de constitución física y edad en 69 niñas y 89 niños, entre 9 y 14 años. Las

pruebas utilizadas a tal fin se realizaron durante el horario correspondiente a la clase de educación física y al inicio del año escolar 2013-2014, en una escuela perteneciente al municipio Baruta del estado Miranda. Las mediciones se realizaron en el siguiente orden: masa corporal con balanza digital Tanita hd 365, estatura se registró mediante tallímetro de pared modelo seca escala de 0 a 200 centímetros. La fuerza manual se registró con dinamómetro manual Back & Leg Dynamometer TakeiKiki1201, Kogyo Co., LTD. Para la toma de los datos se permitió que cada uno de los sujetos realizarán los ajustes del dinamómetro de acuerdo con la comodidad individual, se realizaron ensayos previos; antes de iniciar la prueba se instruyó a los sujetos sobre el agarre del dinamómetro, la posición del cuerpo ajuste del gatillo según la comodidad del ejecutante, flexión del hombro y del codo al frente en 90 grados, de acuerdo con Alkurdi&Dweiri, (2010). Se realizaron dos intentos por cada mano con un tiempo de recuperación de 3 minutos entre cada intento y se tomaron los mejores valores, expresados en kilogramos.

El análisis de los datos se inició con la prueba K-S determinó la normalidad de la distribución de las variables, se obtuvieron los valores media, desviación estándar, la concordancia de los mejores valores de la mano derecha e izquierda se determinó mediante el modelo gráfico de Bland & Altman, (1986) y el coeficiente de correlación intraclase (CCI); se determinaron las; diferencia de medias para la edad, sexo y variables antropométricas empleando el análisis de varianza de un factor ANOVA y para la asociación entre las variables se estadígrafo de Pearson, la información se procesó utilizando el software EPIDAT versión 4.0.y SPSS v20.

Análisis de los resultados

El nivel de concordancia entre los resultados de la fuerza de la mano derecha y la mano izquierda se obtuvo mediante el coeficiente de correlación intraclass entre ambas pruebas y arrojó un valor de 0,915 con un nivel de confianza del 95%. La figura 1 muestra la distribución de las diferencias.

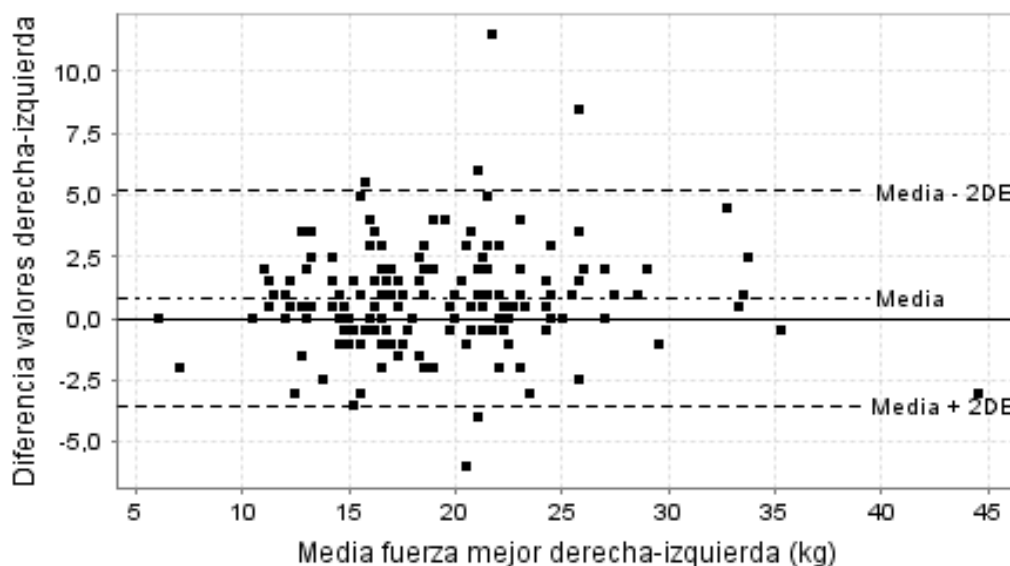


Figura1. Representación de las diferencias de la fuerza aprehensiva

Los niños muestran valores superiores promedio que las niñas entre los 9, 10 y 11 años de la estatura y masa corporal y son más pesadas a partir de los 12 años, de la misma manera la fuerza isométrica fue mayor en los niños aunque no fue significativa de acuerdo al factor género (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Valores en medias y desviación estándar según la edad y el sexo

Femenino									
Edad*	n	Estatura*		M corporal*		MejDer*		MejIz*	
años		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
9	6	1,28	0,02	28,53	6,45	13,25	1,08	12,92	2,67
10	19	1,36	0,05	31,30	6,42	14,14	2,88	13,44	3,03
11	11	1,43	0,10	40,40	13,3	18,42	5,95	18,83	5,50
12	17	1,47	0,08	39,90	6,28	21,24	3,87	20,18	4,48
13	10	1,47	0,07	44,10	14,20	24,50	2,81	22,20	3,77
14	6	1,51	0,06	43,30	5,60	25,00	5,06	24,08	4,52
Total	69								
Masculino									
Edad*	n	Estatura*		M corporal*		MejDer*		MejIz*	
años		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
9	9	1,31	0,05	31,20	5,33	14,61	2,74	13,78	2,32
10	19	1,37	0,04	32,30	5,17	17,19	4,08	16,61	2,19
11	26	1,40	0,06	37,91	9,10	19,90	2,64	19,48	2,59
12	20	1,44	0,07	35,50	9,94	22,08	5,76	20,95	5,85
13	10	1,48	0,15	39,70	10,31	24,60	5,65	22,65	6,38
14	5	1,53	0,13	41,20	11,09	27,50	9,50	27,20	11,03
Total	89								

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05. M= masa

MejDer= Mejor mano derecha MejIz= Mejor mano izquierda

El factor que determinó las diferencias de la constitución corporal en el grupo de niñas fue la edad al comparar la estatura y el rendimiento de la prueba en ambas manos ($p < 0.05$). Respecto a la estatura las diferencias se presentaron en los grupos de 9 y 10 con respecto a los grupos de 11, 12 y 13 años. A partir de los 11 años no se encontró diferencias entre los grupos. En cuanto a la fuerza de agarre no se encontró diferencia entre los grupos de 9 y 10 años en ambas manos, la diferencia fue significativa a partir de los 11 años con el resto de los grupos.

Al igual que el grupo de niñas las diferencias de la constitución física encontradas en los niños se atribuye a la edad ($p < 0.05$), respecto a la estatura y la masa corporal la diferencia se encontró entre los grupos de 9 y 10 años con el resto; en cuanto al rendimiento de la prueba isométrica la

diferencia significativa se encontró entre los grupos de 9, 10 y 11 años, a partir de los 12 se encontró diferencias con el grupo de 9 y 14 años respectivamente. Al considerar la estatura como factor determinante se encontró diferencias significativa ($p < 0.05$) con el resto de las variables y respecto a la masa corporal solo se encontró diferencias significativas con la prueba isométrica.

Las principales correlaciones muestran que para el grupo de niñas fueron positivas ($p < 0.01$) destacó la estatura con los más altos. Entre los componentes del físico: masa corporal, estatura y edad se reportó $r = 0.514 - 0.68$; con el mejor intento $r = 0.76$ mano derecha y 0.69 mano izquierda. Estatura y fuerza de mano derecha $r = 0.815$ y $r = 0.810$ mano izquierda. Con la masa corporal los valores fueron más bajos y significativos: mano derecha $r = 0.627$ y $r = 0.677$.

Los niños reportaron igualmente valores positivos y significativos ($p < 0.05$). El valor más bajo se encontró entre edad y masa corporal $r = 0.26$ ($p < 0.05$); con la estatura $r = 0.57$; fuerza de la mano derecha 0.58 y fuerza de la mano izquierda 0.554 ($p < 0.01$). La estatura arrojó $r = 0.72$ con la masa corporal; $r = 0.798$ con la fuerza de mano derecha y $r = 0.806$ mano izquierda ($p < 0.01$). Respecto a la edad y el rendimiento de la prueba en ambas manos fue: $r = 0.58$ mano derecha y $r = 0.54$ mano izquierda.

Discusión

Las variables antropométricas han servido para conocer las tendencias del crecimiento de muestras de niños de ambos sexos. Las conclusiones de investigaciones similares, de la ciudad de Caracas, sobre niños reconocen que las que mejor canalizan corresponden a las dimensiones corporales debido a que reflejan el patrón de crecimiento esperado, (Mata-Meneses, Moya-

Sifontes, Córdova, & Bauce, 2007). Por su parte, De Smet & Vercammen, (2001) reportaron correlación entre la edad y fuerza de aprehensión.

El grupo de escolares estudiados mostró valores superiores de la fuerza isométrica de acuerdo con la edad, se observa que las niñas hacia los 11 años y los niños hacia los 13 comienzan a mostrar cambios significativos debido a la aproximación de estos grupos a la fase puberal, (Butterfield et al., 2009) reportó cambios acelerados en grupos de edad similar, se relaciona con los cambios que se producen a nivel muscular del antebrazo y que es modulados por hormonas, (Neu, Rauch, Rittweger, Manz, & Schoenau, 2002). Se destaca la influencia hormonal en los incrementos de la fuerza medidos en niños según la concentración de testosterona sérica (Hansen et al., 1999); en ese sentido, el aumento de las hormonas anabólicas preceden los incrementos de la fuerza muscular en población adolescente, (Ramos, Frontera, Llopart, & Feliciano, 1998).

Estos valores también son relacionados con el nivel maduración, escala valorativa de Tanner.

Beenakker, van der Hoeven, Fock, & Maurits, (2001) afirman que el pronóstico de la fuerza muscular máxima en niños se logra por el peso corporal y hacia los 14 años de edad los niños tienden a ser mucho más fuerte para casi todos los grupos musculares evaluados. Por su parte, (Hogrel et al., 2012) resaltan que la relación con la estatura corporal permite el diagnóstico de crecimiento retardado en población de niños sanos.

En un grupo sujetos entre los 7 a 19 años la correlación entre fuerza de aprehensión de ambas manos y edad fue positiva, sin embargo resultó negativa a partir de los 20 años hasta los 73, (Clerke & Clerke, 2001). La relación entre variables antropométricas, como la estatura, de sujetos entre 8 y 11 años y la fuerza de agarre fue determinada en un 76,1 por ciento; de acuerdo

con el sexo en los niños se determinó que 40,7 por ciento depende de la estatura mientras en las niñas la predicción fue 50,6 (Jürimäe, Hurbo, & Jürimäe, 2008).

CONCLUSIÓN

La prueba de fuerza isométrica ofrece información objetiva para evaluar el crecimiento normal de grupos de niños. Tanto la fuerza muscular isométrica como los componentes antropométricos en niños y niñas indican una tendencia de aumento con la edad. La fuerza muscular está vinculada con elementos del físico humano como la estatura corporal.

REFERENCIAS

- Alkurdi, Z. D., & Dweiri, Y. M. (2010). A biomechanical assessment of isometric handgrip force and fatigue at different anatomical positions. *Journal of Applied Biomechanics*, 26(2), 123-133.
- Angst, F., Drerup, S., Werle, S., Herren, D. B., Simmen, B. R., & Goldhahn, J. (2010). Prediction of grip and key pinch strength in 978 healthy subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 94. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-11-94>
- Beenakker, E. A., van der Hoeven, J. H., Fock, J. M., & Maurits, N. M. (2001). Reference values of maximum isometric muscle force obtained in 270 children aged 4-16 years by hand-held dynamometry. *Neuromuscular Disorders: NMD*, 11(5), 441-446.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307-310.
- Bohannon, R. W. (2008). Is it legitimate to characterize muscle strength using a limited number of measures? *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 22(1), 166-173. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f993d>

Bohannon, R. W. (2009). Dynamometer measurements of grip and knee extension strength: are they indicative of overall limb and trunk muscle strength? *Perceptual and Motor Skills*, 108(2), 339-342.

Butterfield, S. A., Lehnhard, R. A., Loovis, E. M., Coladarci, T., & Saucier, D. (2009). Grip strength performances by 5 to 19 year olds. *Perceptual and Motor Skills*, 109(2), 362-370.

Clerke, A., & Clerke, J. (2001). A literature review of the effect of handedness on isometric grip strength differences of the left and right hands. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 55(2), 206-211.

De Smet, L., & Vercammen, A. (2001). Grip strength in children. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 10(4), 352-354.

Häger-Ross, C., & Rösblad, B. (2002). Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatrica* (Oslo, Norway: 1992), 91(6), 617-625.

Hansen, L., Bangsbo, J., Twisk, J., & Klausen, K. (1999). Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 87(3), 1141-1147.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hogrel, J.-Y., Decostre, V., Alberti, C., Canal, A., Ollivier, G., Josserand, E., Simon, D. (2012). Stature is an essential predictor of muscle strength in children. *BMC Musculo skeletal Disorders*, 13, 176. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-13-176>

Jürimäe, T., Hurbo, T., & Jürimäe, J. (2008). Relationships between legs bone mineral density, anthropometry and jumping height in prepubertal children. *Collegium Antropologicum*, 32(1), 61-66.

Lexell, J., Sjöström, M., Nordlund, A. S., & Taylor, C. C. (1992). Growth and development of human muscle: a quantitative morphological study of whole vastus lateralis from childhood to adult age. *Muscle&Nerve*, 15(3), 404-409. <http://doi.org/10.1002/mus.880150323>

Marrodán Serrano, M. D., Romero Collazos, J. F., Moreno Romero, S., Mesa Santurino, M. S., Cabañas Armesilla, M. D., Pacheco Del Cerro, J. L., & González-Montero de Espinosa, M. (2009). Handgrip strength in children and teenagers aged from 6 to 18 years: reference values and relationship with size and body composition]. *Anales de pediatría (Barcelona, Spain: 2003)*, 70(4), 340-348. <http://doi.org/10.1016/j.anpedi.2008.11.025>

Mata-Meneses, E., Moya-Sifontes, M. Z., Córdova, M., & Bauce, G. (2007). Prospective study on the anthropometrical variables of body dimension and composition in primary school children. *Caracas. Venezuela. Nutrición Hospitalaria*, 22(4), 478-486.

Molenaar, H. M. T., Selles, R. W., Zuidam, J. M., Willemsen, S. P., Stam, H. J., & Hovius, S. E. R. (2010). Growth diagrams for grip strength in children. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468(1), 217-223. <http://doi.org/10.1007/s11999-009-0881-z>

Neu, C. M., Rauch, F., Rittweger, J., Manz, F., & Schoenau, E. (2002). Influence of puberty on muscle development at the forearm. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 283(1), E103-107. <http://doi.org/10.1152/ajpendo.00445.2001>

Newman, D. G., Pearn, J., Barnes, A., Young, C. M., Kehoe, M., & Newman, J. (1984). Norms for hand grip strength. *Archives of Disease in Childhood*, 59(5), 453-459.

Ramos, E., Frontera, W. R., Llopart, A., & Feliciano, D. (1998). Muscle strength and hormonal levels in adolescents: gender related differences. *International Journal of Sports Medicine*, 19(8), 526-531. <http://doi.org/10.1055/s-2007-971955>

Rauch, F., Neu, C. M., Wassmer, G., Beck, B., Rieger-Wettengl, G., Rietschel, E., ... Schoenau, E. (2002). Muscle analysis by measurement of maximal isometric grip force: new reference data and clinical applications in pediatrics. *Pediatric Research*, 51(4), 505-510. <http://doi.org/10.1203/00006450-200204000-00017>

Robertson, A., & Deitz, J. (1988). A description of grip strength in preschool children. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 42(10), 647-652.

Sartorio, A., Lafortuna, C. L., Pogliaghi, S., & Trecate, L. (2002). The impact of gender, body dimension and body composition on hand-grip strength in healthy children. *Journal of Endocrinological Investigation*, 25(5), 431-435.

Wilson, G. J., & Murphy, A. J. (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 22(1), 19-37.