



ConScientiae Saúde

ISSN: 1677-1028

conscientiaesaude@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Moura Santos, Marcos; Silva Ferreira, Alexandre Henrique; Cunha Costa, Manoel; Sá Guimarães, Fernando José; Mendes Ritti-Dias, Raphael  
Contribuição da massa muscular na força de preensão manual em diferentes estágios maturacionais  
ConScientiae Saúde, vol. 10, núm. 3, 2011, pp. 487-493  
Universidade Nove de Julho  
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92920013011>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Contribuição da massa muscular na força de preensão manual em diferentes estágios maturacionais

## *Contributions of muscle mass to force production in different maturation stages*

Marcos Moura Santos<sup>1</sup>; Alexandre Henrique Silva Ferreira<sup>2</sup>; Manoel Cunha Costa<sup>3</sup>; Fernando José Sá Guimarães<sup>3</sup>; Raphael Mendes Ritti-Dias<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestre, Professor Assistente – UPE. Recife, PE – Brasil.

<sup>2</sup> Professor de Educação Física – LAPH/UPE. Recife, PE – Brasil.

<sup>3</sup> Doutores, Professores Adjunto – UPE. Recife, PE – Brasil.

### Endereço para correspondência

Marcos Moura Santos  
Rua do Futuro 123, apto. 101, Graças  
52050-010 – Recife – PE [Brasil]  
mmoura23@gmail.com

### Resumo

**Objetivos:** Neste estudo, analisou-se a relação entre a força de preensão manual e a massa muscular. **Métodos:** Foram avaliados 145 indivíduos (de 8 a 16 anos) divididos em três grupos: pré-púbere, púbere e pós-púbere. A área muscular de braço (AMBr) foi estimada por meio da antropometria e dobras cutâneas, e a força de preensão manual, pelo dinamômetro hidráulico. A comparação das variáveis nos diferentes estágios maturacionais foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de U de Mann-Whitney. A Correlação de Spearman foi adotada entre a força de preensão manual e a massa muscular ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** A força de preensão manual e a AMBr foram maiores no estágio pós-púbere, seguido do púbere e pré-púbere ( $p < 0,05$ ). Houve correlação entre AMBr e a força de preensão palmar nos três estágios maturacionais (pré-púbere,  $\rho = 0,49$ ; púbere,  $\rho = 0,74$ ; pós-púbere,  $\rho = 0,70$ ). **Conclusão:** Os resultados deste estudo indicaram que a força muscular está relacionada com a massa muscular; todavia, essa relação também ocorre nos estágios iniciais da maturação.

**Descritores:** Antropometria; Força muscular; Puberdade.

### Abstract

**Objectives:** The aim in this study was to analyze the relationship between handgrip strength and muscle mass. **Method:** One hundred and forty five subjects (aged between 8 and 16 years) were divided into three groups: pre-puberty, puberty and post-puberty. The arm muscle area was estimated by anthropometry and skinfolds, and handgrip strength was evaluated with hydraulic dynamometer. The maturation stages were compared by using the Kruskal-Wallis test followed by U for Mann-Whitney the location of differences. Spearman correlations was used to handgrip strength and muscle mass ( $p < 0.05$ ). **Results:** Handgrip strength and AMA were higher in post-puberty subjects, followed by puberty and pre-puberty ( $p < 0.05$ ). There was correlation between AMA and handgrip strength in the three maturational stages (pre-puberty:  $\rho = 0.49$ ; puberty:  $\rho = 0.74$ , and post-puberty:  $\rho = 0.70$ ). **Conclusion:** The results of this study suggest that handgrip strength is related with muscle mass; however, this relationship is also true in the early maturational stages.

**Key words:** Anthropometry; Muscle strength; Puberty.

## Introdução

A passagem da infância para a adolescência caracteriza-se como uma fase de transição do estágio sexual não maduro para o de completa maturidade, determinada não apenas pelo desenvolvimento da função reprodutiva, mas também por alterações na composição corporal e na aptidão física<sup>1</sup>.

Nesse sentido, a maturação biológica reflete a essência de um fenômeno biológico condicionado pelo fator tempo, regulado pela matriz genética do indivíduo em interação contínua e decisiva com o crescimento e desenvolvimento<sup>2</sup>.

A força muscular, que consiste no grau de tensão que pode ser suscitada por um músculo específico ou grupamentos de músculos, é considerada uma importante variável da aptidão física relacionada tanto à saúde como ao desempenho físico em diferentes faixas etárias<sup>3</sup>. A produção de força muscular é dependente de fatores neurais (número de unidades motoras ativas, frequência de disparos, coativação dos músculos antagonistas) e da massa muscular envolvida, caracterizada pelo aumento da área de secção transversa<sup>4</sup>. Esses aumentos ocorrem ao longo da vida por meio de três mecanismos bem definidos, são eles: hiperplasia, com um rápido e constante crescimento celular; hiperplasia com hipertrofia, com crescimento mais lento, porém com um maior aumento no número e tamanho das células, e finalmente a fase de hipertrofia<sup>5</sup>. Nos meninos, a massa muscular média, expressa como percentual da massa corporal, sobe de 42%, aos 5 anos, para 53%, aos 17 anos<sup>6</sup>. Contudo, é durante a puberdade que ocorrem os maiores ganhos em massa muscular<sup>7,8</sup>.

Da mesma forma, com o processo de maturação também há uma melhora no sistema neuromuscular evidenciada pelo aumento na ativação neuromuscular e por uma melhor coordenação motora. Assim, embora o processo de maturação esteja envolvido no aumento da massa muscular e na melhoria do sistema

neuromuscular, o quanto esses fatores contribuem para a produção de força ainda não está bem estabelecido. Esse é um aspecto relevante, pois permite identificar os fatores relacionados com a produção de força ao longo do processo maturacional, auxiliando a compreender a inter-relação entre força, massa muscular e fatores neurais na infância. Diante do exposto, o objetivo neste estudo foi correlacionar a força de preensão manual com a massa muscular em crianças e adolescentes em diferentes estágios maturacionais.

## Materiais e métodos

### Amostra

Participaram do trabalho 145 crianças e adolescentes do sexo masculino, na faixa etária entre 8 e 16 anos. Todos os sujeitos eram eutróficos e vinculados a duas escolas públicas da região. Foram estabelecidos como critérios de inclusão dos participantes na pesquisa: ser do sexo masculino, estar vinculado às escolas e apresentar interesse na participação da pesquisa. Nenhum dos voluntários submetidos às medidas e testes foi excluído do estudo. Cada indivíduo compareceu ao laboratório acompanhado de um responsável para os seguintes procedimentos: 1) Anamnese e esclarecimentos; 2) avaliação antropométrica; 3) avaliação da força muscular.

Um consentimento por escrito, assinado pelo responsável previamente ao início das coletas, e a própria aceitação das crianças e adolescentes foram requisitos para participação nesta pesquisa. Este estudo faz parte do projeto intitulado "Maturação Biológica e Desempenho Físico". Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da instituição de filiação dos autores e seguiu as normas estabelecidas pela Comissão Nacional de Ética e Pesquisa (CONEP), Resolução No. 196/96, sobre pesquisa envolvendo seres humanos CEP/UPE:048/09.

## Instrumentos e procedimentos

### Variáveis antropométricas

A estatura foi obtida por meio de um estadiômetro de marca Sanny, São Paulo, Brasil, com precisão de 0,1 cm, com o indivíduo descalço. A massa corporal foi medida utilizando uma balança digital (Filizola, São Paulo, Brasil) com precisão de 100 gramas. Ambas as medidas foram realizadas seguindo procedimentos descritos previamente<sup>9</sup>.

A circunferência de braço relaxado (CBR) foi obtida em duplicata, por um único avaliador, por meio uma fita métrica flexível, com precisão de 0,1 cm, de acordo com as técnicas convencionais descritas previamente<sup>10</sup>. O valor médio foi utilizado como referência. A área muscular do braço foi calculada a partir da seguinte equação<sup>11</sup>:

$AMBr \text{ (cm}^2\text{)} = \{[CBR \text{ (cm)} - \pi \cdot DCTR \text{ (cm)}]^2 / 4 \cdot \pi\}$ , em que: AMBr – Área muscular de braço relaxado; CBR – Circunferência de braço; DCTR – Espessura da dobra cutânea tricipital e  $\pi = 3,1416$ .

Para estimativa da composição corporal, foi utilizado o modelo de dois compartimentos (massa gorda e massa magra) adotando-se as medidas de espessura de dobras cutâneas, utilizando-se um adipômetro científico (Lange, Santa Cruz, Califórnia) com pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>, e precisão de 1 mm. Os pontos de coleta foram o tricipital e o subescapular e seguiram as recomendações descritas previamente<sup>12</sup>.

As medidas foram realizadas em triplicata e adotou-se como valor a mediana. A gordura corporal relativa foi estimada a partir do modelo matemático proposto por Slaughter et al.<sup>12</sup>.

### Força muscular

A força de preensão manual foi obtida por meio do dinamômetro hidráulico (Saehan, Flintville, Estados Unidos) ajustável e calibrado com escala de 0 a 100 kg/f. O participante foi posicionado em pé, com o braço estendido ao longo do corpo (posição anatômica). A articulação interfalangeana proximal da mão foi ajustada sob a barra que era então apertada entre os dedos e a

região tenar. Durante a preensão manual, o braço permanecia estendido e imóvel, havendo somente a flexão das articulações interfalangeanas e metacarpofalangeana. O dinamômetro foi posicionado na mão direita do avaliado que realizou uma força máxima durante cinco segundos. Como nenhum dos sujeitos avaliados tinha familiaridade com o instrumento utilizado, o teste foi realizado em duas medições com intervalo de um minuto entre cada execução, sendo utilizado para a análise dos dados apenas o maior valor encontrado<sup>13</sup>.

### Maturação sexual

Para verificação do estágio maturacional em que cada criança ou adolescente se encontrava, foi elaborada uma ficha de inquérito com figuras do desenvolvimento da distribuição dos pêlos púbicos, segundo os estágios maturacionais de Tanner<sup>14</sup>. Os sujeitos deveriam reconhecer a figura que mais se assemelhava ao seu corpo e assinalar em qual dos estágios se encontrava (P1, P2, P3, P4 e P5). Os meninos que assinalaram os estágios P1 e P2 foram considerados pré-púberes. Os que assinalaram o estágio P3 e P4 foram considerados púberes e os que assinalaram estágio P5 foram considerados pós-púberes. Para análise da reprodutibilidade da autoavaliação da maturação sexual foi realizado um re-teste com 10 % da população estudada, após 21 dias. A autoavaliação da maturação sexual demonstrou um alto coeficiente de correlação no teste re-teste ( $r = 0,88$ ;  $p < 0,05$ ).

### Tratamento estatístico

Para a realização do estudo, não foi realizado um cálculo amostral *a priori*. No entanto, *a posteriori* foi calculado o poder estatístico e todas as análises realizadas apresentaram poder satisfatório. Para a análise estatística, utilizou-se o *software* SPSS for Windows, versão 10.0. A normalidade e a homogeneidade de variância dos dados foram analisadas e os pressupostos da estatística paramétrica não foram atendidos. Assim, empregou-se a estatística não-paramétrica para análise inferencial dos resultados. Os

resultados são apresentados em mediana e amplitude interquartil. Para a comparação das variáveis antropométricas e a força de preensão manual entre os estágios maturacionais, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste U de Mann-Whitney, com *post hoc*. O coeficiente de correlação de Spearman foi adotado para análise da correlação entre a força de preensão manual, a AMBr e os indicadores antropométricos. Em todas as análises o nível de significância de 5% foi utilizado.

## Resultados

Dos 145 indivíduos incluídos no estudo, 67 estavam no estágio pré-púbere; 63, no púbere; e 15, no pós-púbere. A Tabela 1 apresenta as características gerais dos sujeitos estratificados por estágio maturacional.

**Tabela 1:** Mediana e amplitude interquartil das variáveis antropométricas, de acordo com o estágio maturacional

	Estágio Maturacional		
	Pré-púbere (n=67)	Púbere (n=63)	Pós-púbere (n=15)
Idade (anos)	10,0 (2,1)	13,2 (2,1) <sup>a</sup>	15,1 (0,5) <sup>a,b</sup>
Massa corporal (kg)	31,9 (9,5)	49,8 (15,8) <sup>a</sup>	60,0 (15,2) <sup>a,b</sup>
Estatura (cm)	137,3 (12,0)	160,0 (17,6) <sup>a</sup>	170,0 (18,0) <sup>a,b</sup>
Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	16,6 (3,3)	19,6 (3,6) <sup>a</sup>	20,7 (0,9) <sup>a,b</sup>
Gordura corporal relativa (%)	9,6 (9,3)	9,0 (4,0)	9,3 (7,6)
Área muscular de braço (cm <sup>2</sup> )	19,3 (4,1)	29,2 (11,6) <sup>a</sup>	44,2 (11,0) <sup>a,b</sup>
Preensão manual (kg/f)	17,0 (6,0)	27,0 (16,0) <sup>a</sup>	42,0 (6,3) <sup>a,b</sup>

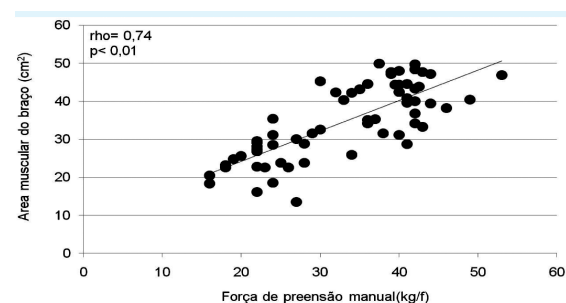
<sup>a</sup> diferença significativa entre pré-púbere;

<sup>b</sup> diferença significativa entre púbere p<0,05.

Como esperado em todas as variáveis, exceto na gordura corporal relativa, os indivíduos públicos apresentaram maiores valores que os pré-púbere, e os pós-púbere apresentaram

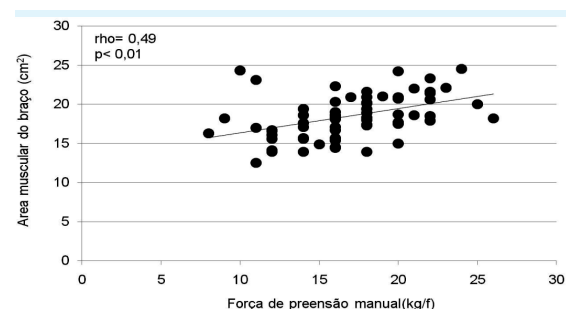
maiores valores que os pré-púbere e públicos. Da mesma forma, quando corrigida pelo peso corporal, a força de preensão manual apresentou diferença significativa (p<0,01) entre os estágios maturacionais.

A análise realizada em toda amostra demonstrou uma correlação significativa entre a AMBr e a força de preensão manual (rho=0,86; P<0,01), conforme mostra a Figura 1.



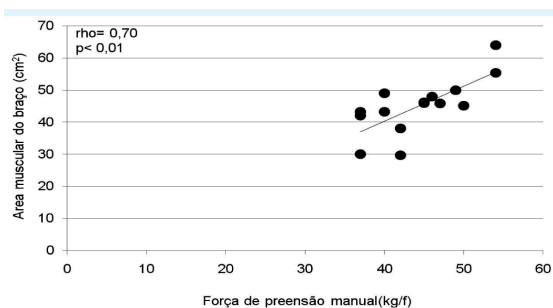
**Figura 1:** Correlação entre área muscular de braço e a força de preensão manual em crianças pré-púbere

Com a finalidade de verificar a influência dos estágios de maturidade em relação à produção de força, foi realizada uma análise de correlação em cada estágio maturacional. Os resultados evidenciaram que os indivíduos públicos (rh:0,74) apresentaram maiores valores que os pré-púbere (rh:0,49) e pós-púbere (rh:0,70) (Figuras 2, 3 e 4).

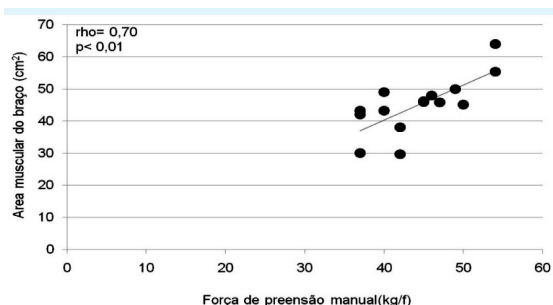


**Figura 2:** Correlação entre a área muscular de braço e a força de preensão manual em crianças públicas

Os coeficientes da correlação entre a força de preensão manual, idade e as variáveis antropométricas são apresentados na Tabela



**Figura 3:** Correlação entre a área muscular de braço e a força de preensão manual em crianças pós-púberes



**Figura 4:** Correlação entre a área muscular de braço e a força de preensão manual em crianças pós-púberes

2. Foram observadas correlações significativas entre a força de preensão manual e a idade, e entre o índice de massa corporal e a gordura corporal relativa nos estágios pré-púbere e púbere ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 2:** Correlação entre a força de preensão manual, a idade e os indicadores antropométricos nos diferentes estágios maturacionais

	Força de preensão manual (kg/f)		
	Pré-púbere (n=67)	Púbere (n=63)	Pós-púbere (n=15)
Idade (anos)	0,60**	0,76**	0,16
Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	0,43**	0,57**	0,30
Gordura corporal relativa (%)	0,28**	0,39**	0,53

\*correlação significativa  $p < 0,05$ ; \*\* correlação significativa  $p < 0,01$ .

## Discussão

O objetivo neste estudo foi relacionar a força de preensão manual com a massa muscular de crianças e adolescentes de diferentes estágios maturacionais. Os resultados demonstraram que a força de preensão manual foi correlacionada com o indicador de massa muscular nos três estágios maturacionais; todavia, a magnitude dessa correlação é diferenciada entre os diferentes estágios de maturação.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, maiores níveis de força são observados em indivíduos com maior idade o que está em conformidade com os estudos disponíveis na literatura. Em um trabalho realizado com 315 crianças e adolescentes (6 a 19 anos) foram observados maiores níveis de força de preensão manual quanto maior a idade, sendo também verificada uma correlação entre a força e a estatura<sup>15</sup>. Em um grupo de 687 crianças entre 6 e 10 anos, foi identificado que os indivíduos com mais idade, maior estatura e massa corporal, apresentavam mais força de preensão manual<sup>16</sup>.

Por outro lado, a correlação entre a idade e a força de preensão manual foi observada apenas nos estágios pré-púbere e púbere. Esses resultados sugerem que a idade é um fator importante para o desenvolvimento da força nos estágios maturacionais iniciais. Contudo, a partir do momento em que a maturação já está avançada a idade passa a ter pouca influência no desenvolvimento da força. Esses resultados possivelmente são decorrentes do aumento da massa muscular nos estágios iniciais de maturação, originado do crescimento físico, o que não ocorre nos estágios mais avançados<sup>17</sup>. Em um estudo realizado com crianças e adolescentes entre 10 e 18 anos, foi constatado que a força muscular melhorou em um ritmo quase linear dos 11 aos 16 anos, com uma tendência a estabilizar-se ou regredir ligeiramente a partir dos 16 aos 18 anos<sup>18</sup>.

Nos três estágios maturacionais, foi observada correlação significativa entre a força de



preensão manual e a AMBr. Todavia, a magnitude da correlação não foi a mesma entre os estágios maturacionais. O coeficiente de explicação ( $R^2$ ) entre essas variáveis foi 55% e 49% para os estágios púbere e pós-púbere, respectivamente; e 24%, para o estágio pré-púbere. Esses resultados indicam que a massa muscular tem maior explicação da variância da força de preensão manual nos estágios mais avançados de maturação. Esses resultados parecem ser acarretados pelo aumento dos níveis hormonais masculinos que geram o desenvolvimento acentuado da massa muscular nos estágios maturacionais mais avançados<sup>19</sup>. Em um estudo realizado com 100 crianças (50 meninos e 50 meninas), de 8 a 17 anos, foi evidenciado que, entre os meninos, o desenvolvimento da força também foi explicado pelo aumento na concentração de testosterona sanguínea<sup>20</sup>.

No entanto, considerando que a massa muscular explica em apenas 24% a variância da força de preensão manual dos meninos do estágio pré-púbere, é possível inferir que o desempenho da força nesse estágio é influenciado principalmente por fatores neurais. Corroborando essa hipótese, em um estudo anterior, verificaram-se crianças pré-púberes nas quais o desenvolvimento da força ocorreu independentemente da mudança do tamanho ou área do músculo<sup>21</sup>. O mecanismo proposto para explicar as alterações neurais, parece estar associado ao aumento da ativação muscular, da frequência de disparos das unidades motoras e da coordenação inter-muscular e redução da coativação dos músculos antagonistas<sup>4, 22</sup>. Outra explicação faz referência aos feitos endócrinos e parácrinos de agentes como o hormônio de crescimento (GH) e o IGF-I (fator de crescimento do tipo insulina), cujas ações anabólicas promovem a síntese de proteínas musculares e estimula a hipertrofia das fibras musculares<sup>23</sup>.

Os resultados deste estudo indicaram que a força de preensão manual foi correlacionada com a gordura corporal relativa nos estágios pré-púbere e púbere, não sendo evi-

denciada essa correlação entre os sujeitos pós-púberes. Embora a correlação não tenha sido significativa no estágio pós-púbere, os valores do coeficiente de correlação foram superiores aos outros estágios, indicando que possivelmente a não significância foi decorrente do pequeno número de indivíduos nesse grupo. A relação entre os indicadores antropométricos e os níveis de força muscular tem sido observada em diferentes estudos. Em uma pesquisa com 600 indivíduos (de 6 a 25 anos) foi constatado uma correlação significativa entre a estatura ( $r=0,92$ ), a massa corporal ( $r=0,87$ ) e o IMC ( $r=0,63$ ) com a força de preensão manual<sup>8</sup>. Em outro estudo com 2.316 (1.094 meninos e 1.222 meninas), escolares de diferentes regiões da cidade de Maputo (Moçambique), entre 6 e 18 anos, foi evidenciado que os sujeitos com sobrepeso apresentaram maior força de preensão da mão<sup>24</sup>. Esse fato foi atribuído a maior proporção de massa muscular nos indivíduos com sobrepeso em relação ao grupo desnutrido<sup>24</sup>, o que também parece explicar os resultados obtidos neste estudo, uma vez que em idades mais avançadas o ganho de peso acompanha o crescimento relativo à idade cronológica e avanço da maturação. Entretanto, destaca-se que este estudo apresenta limitações pelo delineamento transversal, o que não permite estabelecer uma relação de causalidade entre as variáveis analisadas.

## Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo sugerem a existência de uma relação entre os níveis de força de preensão manual e a massa muscular; todavia, essa relação parece ser diferente entre os estágios maturacionais, de forma que os maiores coeficientes de correlação são observados nos estágios maturacionais mais avançados. Recomenda-se que o estágio maturacional seja considerado na análise dos indicadores de força muscular em crianças e adolescentes.

## Referências

- Rowland TW, Garrard M, Marwood S, Guerra ME, Roche D, Unnithan VB. Myocardial performance during progressive exercise in athletic adolescent males. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Sep;41(9):1721-8.
- Martorell R, Khan LK, Hughes ML, Grummer-Strawn LM. Obesity in women from developing countries. *Eur J Clin Nutr.* 2000 Mar;54(3):247-52.
- Wilder RP, Greene JA, Winters KL, Long WB, 3rd, Gubler K, Edlich RF. Physical fitness assessment: an update. *J Long Term Eff Med Implants.* 2006;16(2):193-204.
- Yao W, Fuglevand RJ, Enoka RM. Motor-unit synchronization increases EMG amplitude and decreases force steadiness of simulated contractions. *J Neurophysiol.* 2000 Jan;83(1):441-52.
- Malina RM, Katzmarzyk PT. Physical activity and fitness in an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull.* 2006 Dec;27(4 Suppl Growth Standard):S295-313.
- Allor KM, Pivarnik JM, Sam LJ, Perkins CD. Treadmill economy in girls and women matched for height and weight. *J Appl Physiol.* 2000 Aug;89(2):512-6.
- Hulthén L, Bengtsson BA, Sunnerhagen KS, Hallberg L, Grimby G, Johannsson G. GH is needed for the maturation of muscle mass and strength in adolescents. *J Clin Endocrinol Metab.* 2001 Oct;86(10):4765-70.
- Koley S, Singh AP. An association of dominant hand grip strength with some anthropometric variables in Indian collegiate population. *Anthropol Anz.* 2009 Mar;67(1):21-8.
- Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr.* 1987 Oct;46(4):537-56.
- Callaway CW. New weight guidelines for Americans. *Am J Clin Nutr.* 1991 Jul;54(1):171-4.
- Frisancho AR. New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *Am J Clin Nutr.* 1984 Oct;40(4):808-19.
- Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988 Oct;60(5):709-23.
- Fournier K, Bourbonnais D, Bravo G, Arsénault J, Harris P, Gravel D. Reliability and validity of pinch and thumb strength measurements in de Quervain's disease. *J Hand Ther.* 2006 Jan-Mar;19(1):2-10, quiz 1.
- Tanner JM, Whitehouse RH. Standards for subcutaneous fat in British children. Percentiles for thickness of skinfolds over triceps and below scapula. *Br Med J.* 1962 Feb 17;1(5276):446-50.
- Rauch F, Neu CM, Wassmer G, Beck B, Rieger-Wettengl G, Rietschel E, et al. Muscle analysis by measurement of maximal isometric grip force: new reference data and clinical applications in pediatrics. *Pediatr Res.* 2002 Apr;51(4):505-10.
- Kenjle K, Limaye S, Ghugre PS, Udipi SA. Grip strength as an index for assessment of nutritional status of children aged 6-10 years. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2005 Apr;51(2):87-92.
- Malina RM, Pena Reyes ME, Tan SK, Buschang PH, Little BB, Koziel S. Secular change in height, sitting height and leg length in rural Oaxaca, southern Mexico: 1968-2000. *Ann Hum Biol.* 2004 Nov-Dec;31(6):615-33.
- Faigenbaum AD. Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med.* 2000 Oct;19(4):593-619.
- Hansen L, Bangsbo J, Twisk J, Klausen K. Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *J Appl Physiol.* 1999 Sep;87(3):1141-7; Bhasin S, Woodhouse L, Storer TW. Proof of the effect of testosterone on skeletal muscle. *J Endocrinol.* 2001 Jul;170(1):27-38.
- Round JM, Jones DA, Honour JW, Nevill AM. Hormonal factors in the development of differences in strength between boys and girls during adolescence: a longitudinal study. *Ann Hum Biol.* 1999 Jan-Feb;26(1):49-62.
- Guy JA, Micheli LJ. Strength training for children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001 Jan-Feb;9(1):29-36.
- Huesler EJ, Hepp-Reymond MC, Dietz V. Task dependence of muscle synchronization in human hand muscles. *Neuroreport.* 1998 Jul 13;9(10):2167-70.
- Thomis MA, Beunen GP, Van Leemputte M, Maes HH, Blimkie CJ, Claessens AL, et al. Inheritance of static and dynamic arm strength and some of its determinants. *Acta Physiol Scand.* 1998 May;163(1):59-71.
- Prista A, Maia JA, Damasceno A, Beunen G. Anthropometric indicators of nutritional status: implications for fitness, activity, and health in school-age children and adolescents from Maputo, Mozambique. *Am J Clin Nutr.* 2003 Apr;77(4):952-9.