

FORÇA DA PREENSÃO DA MÃO NUMA AMOSTRA DE CRIANÇAS Dos 11 aos 14 Anos

Helena CARREIRA, Teresa F. AMARAL, Carmen BRÁS-SILVA,
Bruno M. P. M. OLIVEIRA, Nuno BORGES

RESUMO

Introdução: A determinação da força de preensão da mão é um método objectivo que avalia a integridade dos membros superiores e que também é usada como indicador da saúde em geral. O conhecimento de valores de força muscular em crianças saudáveis é útil na investigação e no diagnóstico de doenças que se sabem interferir com a força muscular. O objectivo deste estudo foi determinar valores médios de força muscular da mão de crianças para cada faixa etária e investigar a sua associação com o peso e a altura.

Material e Métodos: Foram medidos os valores de força da preensão da mão numa amostra de conveniência de 195 crianças com idades compreendidas entre os 11 e os 14 anos de ambos os sexos, obtidos com o dinamómetro *Jamar Hydraulic Hand*[®].

Resultados: Observaram-se diferenças significativas para a força muscular da mão entre géneros, sendo superior nos rapazes. Foram encontradas correlações moderadas entre a força muscular e a idade ($R = 0,679, p < 0,001$), a altura ($R = 0,691, p < 0,001$), e o peso ($R = 0,620, p < 0,001$).

Conclusão: O presente estudo descreve valores de força muscular obtidos numa amostra de crianças Portuguesas dos 11 aos 14 anos. Estes valores estão directamente associados com o peso e a altura.

SUMMARY

HAND GRIP STRENGTH IN A SAMPLE Of 11 to 14 Years Old Children

Introduction: The determination of hand grip strength is an objective method of evaluation of upper members' integrity. It is also used as a general health indicator. Data about grip strength values in healthy children is useful in the research and diagnosis of diseases that interfere with grip force. The aim of this study was to determine average values of children hand grip strength by age and evaluate its relation with weight and height.

Material and Methods: Hand grip strength was measured with the dynamometer *Jamar Hydraulic Hand*[®] in a convenience sample of 195 children of either gender, with ages between 11 and 14 years old.

Results: Statistical significant differences were observed in hand grip strength between genders, being higher in boys. Moderate correlations were found between grip strength and age ($R = 0.679, p < 0.001$), height ($R = 0.691, p < 0.001$), and weight ($R = 0.620, p < 0.001$).

Conclusion: The present study presents values of hand grip strength obtained from a sample of Portuguese children of 11 to 14 years old, which are directly associated with height and weight.

H.C., T.F.A., C.B-S., N.B.,
B.M.P.M.O.: Faculdade de
Ciências da Nutrição e Alimen-
tação. Universidade do Porto.
Porto
C.B-S.: Serviço de Fisiologia.
Faculdade de Medicina. Uni-
versidade do Porto. Porto

© 2010 CELOM

INTRODUÇÃO

A força muscular da mão representa um índice objectivo da integridade funcional dos membros superiores e é frequentemente usada na monitorização da função motora^{1,2}. A força da preensão palmar reflecte a força isométrica das extremidades superiores e como se correlaciona com outros grupos musculares tem sido usada frequentemente em adultos como um indicador de saúde geral^{3,4}. É também referida como um dos métodos clínicos mais fiáveis para estimativa da força geral do indivíduo⁴.

Em idade pediátrica, a função muscular pode ser avaliada pela medição da força de preensão isométrica máxima. Esta é gerada de modo anaeróbio, principalmente por fibras musculares tipo II e está deste modo relacionada com características como o peso e a altura, que reflectem o desenvolvimento muscular esquelético dependente da idade⁵. O desenvolvimento pós-natal das fibras musculares é determinante da força muscular adulta, sendo que os componentes externos do desenvolvimento pré-pubertário e pubertário têm efeitos na capacidade de desenvolvimento de força na vida adulta⁶. Este efeito pode variar com o género, como resultado de maior influência das hormonas sexuais na força muscular do sexo masculino, em comparação com o feminino⁶.

O estudo da associação entre as variáveis antropométricas e a força muscular demonstra que o peso corporal e o índice de massa corporal (IMC) são as que mais se associam². Também se verificou uma associação forte entre a força muscular, a massa muscular e a massa óssea⁷ dado que as principais forças aplicadas aos ossos se devem à contracção muscular, a força do osso também se correlacionará com a força dos músculos a ele ligados⁸. A força muscular é apontada como sendo um dado de previsão independente da massa mineral óssea em ambos os sexos⁹.

A força de preensão palmar tem sido usada em crianças como rotina de avaliação da função da mão¹⁰ e incluída em muitas séries de testes que avaliam o sistema motor em crianças. Está descrito que a diminuição da força de preensão da mão em crianças se relaciona com várias doenças e lesões, como as doenças neuromusculares¹¹, as doenças cardiovasculares, a diabetes¹², a desnutrição¹³, a paralisia cerebral¹⁴, a síndrome nefrótica e a insuficiência renal crónica¹⁵. Contudo, mesmo entre crianças da mesma idade encontra-se geralmente grande variabilidade de força. Assim, é essencial obter valores médios para grupos de diferentes idades que permitirão não só interpretar os resultados mas também estabelecer metas adequadas aos tratamentos. Acresce ainda a sua aplicação clínica na avaliação da inabilidade, respostas a tratamentos e a avaliação da possibilidade de um doentes retornar às actividades da vida diária.

Para medição da força palmar utiliza-se o dinamómetro, que é um equipamento simples, barato, facilmente transportável, rápido de usar e acima de tudo, eficaz^(3, 10, 16). O dinamómetro Jamar[®] é amplamente usado^{10,16} e é o recomendado pela *American Society of Hand Therapists* para a medição da força muscular. Apresenta-se como um instrumento fiável e válido quando calibrado adequadamente, usado em posição padronizada e de acordo com as instruções¹⁷. Este método obteve alta reprodutibilidade em estudos anteriores sendo o seu uso apontado como um excelente método para avaliar com precisão a força muscular da mão¹⁸. Foi também demonstrado que o tipo de instruções, o encorajamento verbal e o *feedback* visual tem efeitos positivos na força palmar máxima¹⁹.

Admitindo que a função palmar se desenvolve com o crescimento da criança, a existência de dados indicativos para a função palmar serão úteis na interpretação dos valores obtidos e na pesquisa e diferenciação de doenças que se sabem interferir na força muscular, permitindo não só a avaliação em ambiente hospitalar como também em investigação, particularmente em estudos populacionais, uma vez que é um método de avaliação de baixo custo¹³. Alguns investigadores sugerem que a força muscular apresenta diferenças entre populações distintas e mesmo entre gerações de uma mesma população^{1,16}, já que se tem verificado um aumento no peso corporal das crianças¹⁶. Apesar de se encontrarem descritos valores de força muscular para várias populações^{1,4,20,21}, não se conhecem dados indicativos de força muscular em crianças portuguesas.

Assim, o objectivo deste estudo foi avaliar a força de preensão da mão numa amostra de crianças. Foram objectivos específicos descrever a evolução da força muscular com a idade, examinar diferenças entre rapazes e raparigas e investigar a sua relação com parâmetros antropométricos como o peso e a altura.

MATERIALE MÉTODOS

Foram recrutadas, num estudo transversal, as crianças provenientes de áreas urbanas e suburbanas que frequentavam do quinto ao nono ano na Escola E. B. 2,3 da Senhora da Hora, em Matosinhos, no distrito do Porto. A amostragem ocorreu por estratificação, tendo sido seleccionadas tantas turmas, quantas as necessárias para que o número de indivíduos representasse aproximadamente 30% do número de alunos de cada ano. Todas as crianças e os seus pais obtiveram informação sobre o objectivo do estudo. Os pais deram o seu consentimento informado por escrito e as crianças deram-no verbalmente.

Incluíram-se no estudo crianças que não apresenta-

vam dor ou patologia nas extremidades que afectasse a força muscular, totalizando 234 crianças, 113 indivíduos do sexo feminino e 121 do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 10 e os 18 anos. Foram posteriormente excluídas do estudo as crianças que revelaram ser portadoras de patologia que afectasse a força muscular, nomeadamente doença renal (n = 1) e esclerose múltipla (n = 1). Foram ainda excluídas 37 crianças por se considerar que o baixo tamanho amostral nos respectivos grupos etários não permitia a representação na faixa etária que as caracterizava (10 anos, n = 9; 15 anos, n = 19, 16 anos, n = 7, 17 anos, n = 1 e 18 anos, n = 1). Assim, foram analisados os dados relativos a 195 crianças, 104 indivíduos (53,3%) do sexo masculino e 91 do sexo feminino (46,7%), com idades compreendidas entre os 11 e os 14 anos.

O instrumento de medição utilizado foi o JAMAR® *Hydraulic Hand Dynamometer*. Os resultados foram medidos em kilograma-força (kgf) e a menor divisão da escala é de dois kgf. O dinamómetro foi calibrado em laboratório de metrologia nacional CATIM (Centro de Apoio à Indústria Metalomecânica). O erro detectado por comparação da força exercida com uma força conhecida foi incorporado nos dados obtidos, utilizando a fórmula: erro (kgf) = - 0,047 x medição (kgf) + 1,2278. Os dados foram transformados em Newton, pela multiplicação dos valores em kgf por 9,80665 N/kgf.

Cada criança foi questionada sobre qual a sua mão dominante e foi instruída para apertar com esta mão o instrumento de medição Jamar® segundo recomendações da *American Society of Hand Therapist*^{22,23}. A mão dominante foi a direita, excepto em sete casos em que a mão esquerda era a dominante. Tendo em atenção que a força muscular é influenciada pela posição em que é medida²³, as medições foram efectuadas em posição sentada, com o braço não apoiado ao lado do corpo e o ombro em adução, com o cotovelo flectido num ângulo de 90° e o punho em posição neutra. O dinamómetro foi ajustado para o tamanho da mão da criança. As crianças receberam encorajamento verbal no sentido de imprimir a sua força máxima. O mes-

mo medidor treinado observou as medições e registou o valor mais elevado de três medições.

A medição da altura foi efectuada utilizando um estadiómetro Siber® com a menor escala de 0,1 cm. O peso foi obtido utilizando uma balança Soehnle®, com sensibilidade de 0,1 kg.

Foi avaliada a normalidade dos parâmetros antropométricos através dos coeficientes de simetria e de achatamento, tendo-se verificado que todas as variáveis cardinais seguem uma distribuição Normal.

Calcularam-se frequências absolutas e relativas, médias e desvios padrão. As diferenças de médias entre dois grupos foram calculadas pela prova de *t-Student*. Para avaliar o grau de associação entre duas variáveis foi usado o coeficiente de correlação de Pearson (R). Consideraram-se significativos os resultados para $p < 0,05$. Para tratamento dos dados foi usado o *software* estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 14.0.

RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta os valores de força muscular por grupo etário e género. Note-se que os indivíduos do sexo masculino apresentam valores mais elevados de força muscular do que os indivíduos do sexo feminino para todas as faixas etárias.

Quadro 1 – Valores de força muscular, em Newton (N)

	Idade (anos)	n	Força Muscular* (N)	Altura* (cm)	Peso* (kg)
Sexo Masculino (n = 104)	11	35	210,1 (35,5) [117,7; 274,6]	143,4 (7,0) [126,6; 156,5]	38,8 (7,9) [25,0; 56,0]
	12	29	233,3 (37,2) [137,3; 294,2]	151,7 (8,5) [132,0; 172,5]	50,1 (12,6) [28,0; 76,0]
	13	16	283,2 (77,8) [196,1; 451,1]	156,9 (10,3) [141,0; 174,0]	52,8 (16,1) [30,0; 80,0]
	14	24	322,0 (44,8) [235,4; 411,9]	163,6 (7,7) [149,2; 180,4]	53,8 (8,2) [40,0; 72,0]
Sexo Feminino (n = 91)	11	29	198,2 (40,4) [78,5; 255,0]	144,4 (7,3) [131,4; 158,0]	41,6 (8,0) [28,0; 55,0]
	12	32	232,3 (45,7) [137,3; 313,8]	153,2 (5,5) [145,5; 166,0]	48,2 (9,5) [35,0; 72,0]
	13	13	250,5 (35,0) [176,5; 294,2]	156,9 (6,5) [148,0; 169,0]	50,9 (9,0) [37,0; 70,0]
	14	17	297,1 (46,0) [176,5; 372,7]	159,3 (5,5) [148,9; 168,0]	58,9 (12,8) [42,0; 85,0]

* Dados apresentados como média e (desvio padrão), [mínimo; máximo].
n – Número de indivíduos.

Na Figura 1 é possível observar a dispersão dos resultados de força muscular da mão obtidos. Pela prova t-Student verificou-se que existem diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,042$) na força muscular entre os sexos, observando-se que os rapazes exerceram maior força muscular em todas as faixas etárias. Foram encontradas correlações moderadas entre a força muscular e a idade ($R = 0,679, p < 0,001$), entre a força muscular e a altura ($R = 0,691, p < 0,001$), e entre a força muscular e o peso ($R = 0,620, p < 0,001$). Uma vez que a nossa amostra é composta por jovens em idade de crescimento, para tentar diminuir a variabilidade introduzida por esse factor, calculou-se o quociente entre a força muscular e a idade (FI), o quociente entre a força muscular e a altura (FA), o quociente entre a força muscular e o peso (FP) e o quociente entre a força muscular e o IMC (FIMC). Para estas quatro novas variáveis foram encontradas diferenças significativas entre sexos (respectivamente: $p_{FI} = 0,020$; $p_{FA} = 0,027$; $p_{FP} < 0,001$; $p_{FIMC} = 0,001$), observando-se, em todas estas variáveis, médias mais elevadas no sexo masculino.

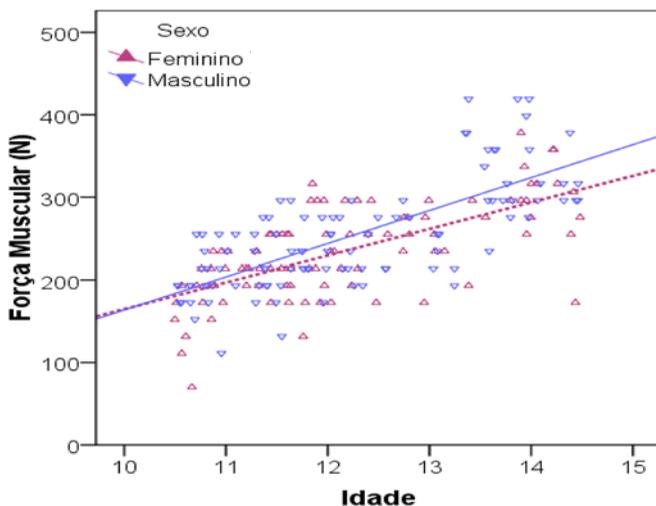


Fig. 1 – Gráfico de dispersão dos valores de força muscular de cada faixa etária, para o sexo feminino e masculino. As rectas representam as regressões lineares, para cada um dos sexos.

Nesta amostra, 63,5% dos rapazes e 46,2% das raparigas pratica desporto para além do desporto escolar, existindo uma dependência significativa entre o sexo e a prática de desporto ($p = 0,021$). Procurou-se relacionar a força muscular e restantes variáveis com a prática de desporto. Não se encontraram diferenças significativas na força muscular entre as crianças que praticam actividade física e as que não praticam ($p_{masculino} = 0,778$, $p_{feminino} = 0,504$), embora os rapazes que praticam actividade física sejam mais novos ($p = 0,045$). Não se encontraram diferenças signifi-

cativas entre as crianças que praticam actividade física e as restantes relativamente aos parâmetros antropométricos nem relativamente aos quocientes referidos.

DISCUSSÃO

Este estudo apresenta valores indicativos da força muscular de preensão da mão em crianças dos 11 aos 14 anos de idade, obtidos com o dinamómetro analógico Jamar®. As crianças do sexo masculino apresentam valores mais elevados de força muscular e esta diferença entre sexos é significativa. Estes resultados são concordantes com o previamente descrito^{1,4,20-22}, nomeadamente na observação do aumento da força muscular com a idade^{1,4,20} e na correlação positiva da força muscular da mão com a altura e o peso^{1,4}.

Os nossos dados sugerem que o desenvolvimento de força no sexo feminino é posterior do desenvolvimento de força no sexo masculino, o que pode estar relacionado com a maior influência das hormonas sexuais na força muscular nos rapazes do que nas raparigas, durante a puberdade²⁴. Neu et al²⁴ concluíram que o crescimento muscular do braço é característico do género e que é influenciado por mudanças hormonais. Em geral, os rapazes tornam-se mais altos do que as raparigas, o que se encontra no presente estudo aos 14 anos de idade e que se correlaciona moderadamente com a força muscular. Este resultado está associado ao desenvolvimento da força muscular típica do género que contribui para um maior aumento da massa muscular nos rapazes, em comparação com as raparigas.

Será oportuno salientar que nas faixas etárias avaliadas no presente estudo, as crianças estão a passar por um processo de maturação biológica, cujos estados podem ser diferentes em relação aos seus pares da mesma idade cronológica, influenciando os resultados de testes físicos²⁵. Assim, segundo Kuh et al⁷, para as crianças do sexo masculino, o peso aparenta estar mais relacionado com a força muscular, enquanto que nas do sexo feminino é a altura o parâmetro antropométrico que mais se relaciona com a força muscular.

Comparando os dados de força muscular obtidos com dados de outros países como a Espanha²¹, a Bélgica²⁰, a Suécia¹ e a Austrália⁴ verifica-se um aumento semelhante da força muscular com a idade. Contudo, para as crianças do sexo feminino, os valores de força muscular obtidos no presente estudo são superiores nas várias faixas etárias aos dos descritos nos estudos anteriormente referidos, com excepção do trabalho efectuado em crianças belgas²⁰, que apresenta valores de força muscular superiores no grupo etário dos 12 anos e dos 14 anos.

A Figura 2 ilustra o desenvolvimento da força muscu-

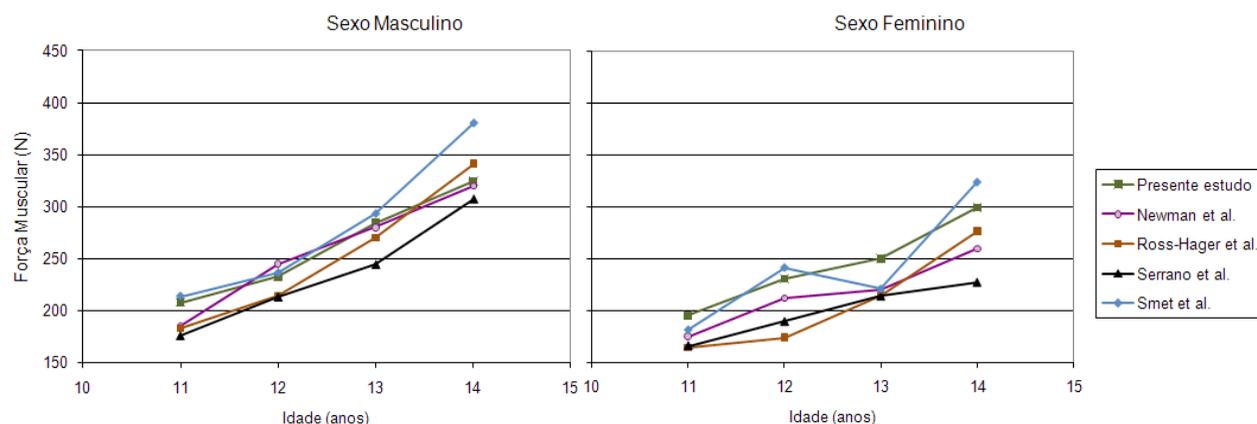


Fig. 2 – Força muscular da mão de crianças do sexo masculino e do sexo feminino, por idade, em vários estudos. Valores médios para cada grupo etário.

lar da mão com a idade, entre os vários estudos considerados, para ambos os sexos. Relativamente ao estudo de Serrano et al²¹, os valores aqui apresentados correspondem à mão que forneceu valores mais elevados de força muscular, admitindo-se que a mão dominante é tida como sendo mais forte do que a mão não dominante. Em relação aos valores obtidos por Smet et al²⁰, estes correspondem aos valores mais elevados relativos à mão dominante, fosse ela a esquerda ou a direita. Não podemos deixar de considerar que as diferenças entre os estudos se podem dever a características antropométricas diferentes, entre outros factores também aqui discutidos. Será oportuno referir que os dados dos vários estudos^{1,4,20,21} foram obtidos com dinamómetros diferentes, nomeadamente um dinamómetro digital²¹, o Grippit^{®1}, o *strain-gauge dynamometer*⁴, além do Jamar^{®20}. É interessante observar que os valores mais elevados foram obtidos com o mesmo dinamómetro, o dinamómetro analógico Jamar[®]. Além de usarem dinamómetros diferentes, os autores recorreram a procedimentos diferentes para obterem informação sobre a força muscular^{4,10,20} incluindo a postura, que é descrita como influenciadora da força muscular²³.

O presente estudo usou para avaliação da força muscular a mão dominante. Esta é tida como sendo mais activa, levando a um maior desenvolvimento das fibras musculares em relação à mão não dominante, o que se poderia traduzir em maior geração de força mas Mathiowetz et al²² verificaram em adultos que dominância de mão não afecta os níveis de força. Por outro lado, num estudo em que foi avaliada a força de preensão da mão em crianças, os autores sugerem que na avaliação de crianças cuja mão dominante é a esquerda, ambas as mãos devem ser consideradas igualmente fortes, enquanto que naquelas cuja mão dominante é a mão direita, é esperado que esta seja 10% mais forte que a mão esquerda¹.

Ainda quanto à metodologia, Mathiowetz et al²⁶ encontrou uma menor correlação entre medições quando usou a medição mais alta ou apenas uma medição em comparação com a média de três medições efectuadas com o dinamómetro Jamar[®]. Um estudo mais recente¹⁸ que avalia a validade e reprodutibilidade do dinamómetro Jamar[®] afirma que os resultados obtidos com a média das três medições e com a medição mais alta são comparáveis. Contudo, é necessária uma uniformização dos procedimentos, pois permitirá a comparação dos resultados das diferentes populações com mais fiabilidade.

A medição da força muscular é uma importante medida de avaliação da função muscular, por isso torna-se necessária a padronização dos métodos para que se torne possível a comparação dos resultados das diferentes populações. No presente estudo usaram-se as recomendações da *American Society of Hand Therapist*, que são geralmente aceites. O dinamómetro Jamar[®] é indicado como sendo o instrumento de referência. Além disso, uma outra força deste estudo assenta na calibração prévia do instrumento de medição Jamar[®] e a incorporação do erro obtido nos dados apresentados, aumentando a fiabilidade destes.

Rauch et al¹⁶ referem que a avaliação dos valores de força muscular em função da idade não é a mais prática, podendo levar a falsos resultados de disfunção muscular se as crianças apresentarem uma pequena estatura, uma vez que nestes casos o sistema muscular precisa de estar primeiramente adaptado ao tamanho do seu corpo. De modo a ultrapassar esta eventual limitação, os dados aqui apresentados incluem referências sobre a altura e o peso médio, mínimo e máximo, e ainda foram estudadas novas variáveis que tentam diminuir a variabilidade introduzida por esse factor.

Os estudos que avaliaram a influência da actividade física na força muscular de crianças mostraram que esta

aumenta naqueles que a praticam regularmente com as intensidades avaliadas^{27,28}. Neste trabalho, 26,7 % das crianças praticam mais de três horas de actividade física por semana, contudo consideramos que esta prática se enquadra de acordo com o descrito como normal. Os outros estudos que apresentam valores de força muscular em crianças não avaliam a prática de actividade física na amostra estudada, não nos permitindo inferir sobre a influência da actividade física nos dados apresentados.

Os presentes dados revelam valores de força muscular de mão superiores a vários anteriormente descritos, podendo ser mais um dado para confirmar as diferenças entre populações. No presente estudo o peso e a altura estão correlacionados positivamente com a força muscular contudo não nos é possível comparar com gerações anteriores pois, no conhecimento dos autores, este é o primeiro estudo envolvendo crianças portuguesas. Apesar de se terem encontrado correlações positivas entre a força muscular e as medidas antropométricas como a altura e o peso, a comparação com outros países com características genéticas diferentes deverá ser feita com cuidado³, nomeadamente devido à correlação entre força muscular e os parâmetros antropométricos.

Consideramos uma limitação deste estudo o facto de se ter utilizado uma amostra de conveniência, em uma única escola. Como consequência, esta é constituída por 195 crianças caucasianas provenientes de um único meio com características urbanas e suburbanas, limitando a sua validade externa e assim a sua transposição para a população Portuguesa. Esta limitação poderia ser ultrapassada pela inclusão de informação de crianças de uma amostra representativa do Distrito do Porto. Esta aproximação metodológica permitiria ultrapassar o problema do baixo tamanho amostral. Este limitou a possibilidade de análise dos dados referentes aos grupos de crianças dos grupos etários dos 15 e 16 anos e aumenta certamente a possibilidade de ocorrência de erros tipo II. Uma outra limitação que seria ultrapassada por um maior tamanho amostral foi o facto de não ter sido estudada a relação entre o tipo de desporto praticado pela criança e a sua força muscular.

CONCLUSÃO

A força de preensão palmar é um dos elementos básicos para a pesquisa das capacidades manipulativas, de força e de movimento da mão, podendo fornecer pistas, ainda que indirectas, sobre o desenvolvimento neurobiológico do indivíduo^{29, 30}. Também tem sido usada para avaliação da função dos neurónios motores superiores e das unidades motoras^{4, 30}. São poucos os estudos que

avaliam a força muscular em crianças^{1,21}. O presente estudo descreve valores de força muscular obtidos numa amostra de crianças dos 11 aos 14 anos provenientes de uma única escola. Será interessante comparar os presentes dados com outros trabalhos que futuramente avaliem a força muscular em amostras de crianças da mesma faixa etária representativas das crianças Portuguesas.

Conflito de interesses:

Os autores declaram não ter nenhum conflito de interesses relativamente ao presente artigo.

Fontes de financiamento:

Não existiram fontes externas de financiamento para a realização deste artigo.

BIBLIOGRAFIA

- HAGER-ROSS C, ROSBLAD B: Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatr* 2002;91(6):617-25
- JURIMAE T, HURBO T, JURIMAE J: Relationship of handgrip strength with anthropometric and body composition variables in prepubertal children. *Homo* 2009;60(3):225-238
- FREDERIKSEN H, HJELMBORG J, MORTENSEN J, MCGUE M, VAUPEL JW, CHRISTENSEN K: Age trajectories of grip strength: cross-sectional and longitudinal data among 8,342 Danes aged 46 to 102. *Ann Epidemiol* 2006;16(7):554-562
- NEWMAN DG, PEARN J, BARNES A, YOUNG CM, KEHOE M, NEWMAN J: Norms for hand grip strength. *Arch Dis Child* 1984;59(5):453-9
- FRICKE O, SCHOENAU E: Examining the developing skeletal muscle: Why, what and how? *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2005;5(3):225-231
- KUH D, HARDY R, BUTTERWORTH S et al: Developmental origins of midlife grip strength: findings from a birth cohort study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006;61(7):702-6
- 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(7):627-633
- SCHONAU E, SCHWAHN B, RAUCH F: The muscle-bone relationship: methods and management – perspectives in glycogen storage disease. *Eur J Pediatr* 2002;161(Suppl 1):S50-2
- CHAN DC, LEE WT, LO DH, LEUNG JC, KWOK AW, LEUNG PC: Relationship between grip strength and bone mineral density in healthy Hong Kong adolescents. *Osteoporos Int* 2008; 19(10):1485-95
- ESPANA-ROMERO V, ARTERO EG, SANTALIESTRAPASIAS AM, GUTIERREZ A, CASTILLO MJ, RUIZ JR: Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *J Hand Surg [Am]* 2008;33(3):378-384
- BURNS J, BRAY P, CROSS LA, NORTH KN, RYAN MM, OUVRIER RA: Hand involvement in children with Charcot-Marie-Tooth disease type 1A. *Neuromuscul Disord*. 2008;18(12):970-3
- OZDIRENC M, BIBEROGLU S, OZCAN A: Evaluation of physical fitness in patients with Type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 2003;60(3):171-6
- BUDZIARECK MB, PUREZA DUARTE RR, BARBOSA-SILVA

- MC: Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clin Nutr* 2008;27(3):357-362
14. TAYLOR NF, DODD KJ, GRAHAM HK: Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(1):77-80
15. TENBROCK K, KRUPPA S, MOKOV E, QUERFELD U, MICHALK D, SCHOENAU E: Analysis of muscle strength and bone structure in children with renal disease. *Pediatr Nephrol* 2000; 14(7):669-672
16. RAUCH F, NEU CM, WASSMER G et al: Muscle analysis by measurement of maximal isometric grip force: new reference data and clinical applications in pediatrics. *Pediatr Res* 2002;51(4):505-510
17. MASSY-WESTROPP N, RANKIN W, AHERN M, KRISHNAN J, HEARN TC: Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments. *J Hand Surg [Am]* 2004;29(3):514-9
18. VAN DEN BELD WA, VAN DER SANDEN GA, SENGERS RC, VERBEEK AL, GABREELS FJ: Validity and reproducibility of the Jamar dynamometer in children aged 4-11 years. *Disabil Rehabil* 2006;28(21):1303-9
19. JUNG M, HALLBECK M: Quantification of the effects of instruction type, verbal encouragement, and visual feedback on static and peak handgrip strength. *Int J Ind Ergon* 2004;34:367-374
20. DE SMET L, VERCAMMEN A: Grip strength in children. *J Pediatr Orthop B* 2001;10(4):352-4
21. SERRANO M, COLLAZOS F, ROMERO M 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)* 2008;70(4):340-8
22. MATHIOWETZ V, KASHMAN N, VOLLMAND G, WEBER K, DOWE M, ROGERS S: Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil* 1985;66(2):69-74
23. HILLMAN TE, NUNES QM, HORNBY ST et al: A practical posture for hand grip dynamometry in the clinical setting. *Clin Nutr* 2005;24(2):224-8
24. NEU CM, RAUCH F, RITTWEGGER J, MANZ F, SCHOENAU E: Influence of puberty on muscle development at the forearm. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;283(1):E103-7
25. JONES MA, HITCHEN PJ, STRATTON G: The importance of considering biological maturity when assessing physical fitness measures in girls and boys aged 10 to 16 years. *Ann Hum Biol* 2000;27(1):57-65
26. MATHIOWETZ V, WEBER K, VOLLMAND G, KASHMAN N: Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg [Am]* 1984;9(2):222-6
27. FAIGENBAUM AD, MILLIKEN LA, LOUD RL, BURAK BT, DOHERTY CL, WESTCOTT WL: Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Res Q Exerc Sport* 2002; 73(4):416-424
28. HOLM I, FREDRIKSEN P, FOSDAHL M, VOLLESTAD N: A normative sample of isotonic and isokinetic muscle strength measurements in children 7 to 12 years of age. *Acta Paediatr* 2008; 97(5):602-7
29. DEFRASNE AIT-SAID E, GROSLAMBERT A, COURTY D: Validation of a pictorial rating scale for grip strength evaluation in 3- to 6-year-old children. *Neurosci Lett*. 2007;420(2):150-4
30. GROSLAMBERT A, NACHON M, ROUILLON JD: Influence of the age on self regulation of static grip forces from perceived exertion values. *Neurosci Lett*. 2002;325(1):52-6

