



REVISTA PAULISTA DE PEDIATRIA

www.rpped.com.br



ARTIGO ORIGINAL

Teste de força muscular ventilatória: é viável em crianças jovens?



João Paulo Heinzmann-Filho e Márcio Vinícius Fagundes Donadio*

Centro Infant, Instituto de Pesquisas Biomédicas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em 1 de setembro de 2014; aceito em 18 de janeiro de 2015

Disponível na Internet em 9 de junho de 2015

PALAVRAS-CHAVE

Testes de função pulmonar;
Força muscular;
Músculos respiratórios;
Estudos de viabilidade

Resumo

Objetivo: Determinar a taxa de sucesso do teste de manovacuometria em crianças de quatro a 12 anos.

Métodos: Estudo transversal que incluiu crianças e adolescentes de quatro a 12 anos, matriculadas em três escolas da rede básica de ensino. Todos os participantes fizeram a mensuração das medidas antropométricas, seguidas do teste de manovacuometria (pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima). Escolares cujos responsáveis não autorizaram a participação e aqueles que não quiseram fazer o teste foram excluídos. O teste foi considerado como sucesso quando o sujeito avaliado atingia os critérios de aceitabilidade (ausência de escape aéreo) e reprodutibilidade (variação <10% entre as duas maiores manobras) estabelecidos pelas diretrizes. O insucesso foi definido como não preenchimento dos critérios descritos acima. Os dados foram expressos em média e desvio padrão e em frequência absoluta e relativa. A comparação entre as proporções foi feita por meio do teste de qui-quadrado.

Resultados: Foram incluídas 196 crianças e adolescentes, com idade média de $8,4 \pm 2,5$ anos, 53,1% do sexo feminino. A taxa de sucesso do teste de manovacuometria em crianças e adolescentes avaliados foi de 92,3%. Quando comparadas as diferenças entre as taxas de sucesso de crianças na faixa etária pré-escolar com crianças e adolescentes na faixa etária escolar, observou-se uma taxa de sucesso significativamente menor no grupo pré-escolar (85,1%), em comparação com o grupo escolar (94,6%) ($p=0,032$). No entanto, não houve diferença significativa ($p=0,575$) quando analisadas diferenças entre sexos.

Conclusões: O teste de manovacuometria apresentou uma elevada taxa de sucesso na população pré-escolar e escolar avaliada. Além disso, a taxa de sucesso parece estar relacionada com o aumento da idade.

© 2015 Associação de Pediatria de São Paulo. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

* Autor para correspondência.

E-mail: mdonadio@pucrs.br (M.V. F. Donadio).

KEYWORDS

Respiratory function tests;
Muscle strength;
Respiratory muscles;
Feasibility studies

Respiratory muscle strength test: is it realistic in young children?**Abstract**

Objective: To determine the success rate of the manovacuometry test in children between 4 and 12 years of age.

Methods: Cross-sectional study involving children and adolescents from 4 to 12 years of age, enrolled in three basic education schools. All subjects had the anthropometric and respiratory muscle strength (maximum inspiratory pressure and maximum expiratory pressure) data measured. Students whose parents did not authorize participation or who did not want to undergo the test were excluded. The test was considered successful when the subject reached acceptability (no air leaks) and reproducibility (variation <10% between the two major maneuvers) criteria established by guidelines. Failure was defined when subjects did not meet the above criteria. Data were expressed as mean and standard deviation and in absolute and relative frequency. The comparison between proportions was performed using the chi-square test.

Results: We included 196 children and adolescents, mean age of 8.4 ± 2.5 years, 53.1% female. The success rate of the manovacuometry test in children and adolescents evaluated was 92.3%. When comparing the differences between the success rates of preschool children with those of children and adolescents of school age, there was a significantly lower success rate in the pre-school (85.1%) group compared to the school group (94.6%) ($p=0.032$). However, no significant differences ($p=0.575$) were found when gender comparisons were performed.

Conclusions: The manovacuometry test showed a high success rate in both preschool and school population assessed. Furthermore, the rate of success appears to be related to aging.

© 2015 Associação de Pediatria de São Paulo. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

Embora as doenças respiratórias e outras condições clínicas na população pediátrica sejam algumas das principais causas de morbidade e mortalidade na infância,^{1,2} frequentemente muitas delas não são avaliadas por medidas objetivas na prática clínica. Há várias razões para que isso ocorra em crianças, principalmente o fato de que muitos testes não são padronizados.³ É difícil para os sujeitos entenderem e cooperarem, há baixa reprodutibilidade e também falta de informações sobre determinados métodos entre os profissionais de saúde como parte da avaliação de muitas doenças pulmonares.³

Nesse sentido, testes de função pulmonar são importantes instrumentos para avaliar o sistema respiratório. Eles contam com medidas objetivas para ajudar a diagnosticar e gerenciar diversas condições clínicas.³ Entre essas medidas, o teste de força muscular ventilatória é um recurso simples, não invasivo, de fácil aplicação, e é usado para avaliar as pressões respiratórias estáticas máximas, as quais refletem a força muscular respiratória.⁴ O teste consiste de duas medidas diferentes, uma dirigida para avaliar a força muscular inspiratória, por meio da pressão inspiratória máxima (PIMAX), e a outra para investigar a força muscular expiratória, por meio da pressão expiratória máxima (PEMAX).^{4,5} O teste é comumente utilizado para determinar fraqueza dos músculos respiratórios e para quantificar a gravidade de certas doenças.^{4,6} Na faixa etária pediátrica, ele pode ajudar no manejo e acompanhamento de doenças neuromusculares, doenças pulmonares, como asma e fibrose cística, e é também usado nos programas de reabilitação.^{4,7}

Na prática clínica, a fraqueza dos músculos respiratórios pode estar associada à hipercapnia, com infecções recorrentes e tosse não produtiva, o que predispõe ao desenvolvimento de insuficiência respiratória e aparecimento de morbidades mais graves.^{8,9} Portanto, nas duas últimas décadas, estudos¹⁰⁻¹² têm sido feitos para gerar valores de referência para pressões respiratórias estáticas máximas em crianças e adolescentes saudáveis, a fim de aumentar o uso dos mesmos na prática clínica, devido à possibilidade de normalizar e interpretar esses resultados. Recentemente, valores de normalidade foram publicados para pré-escolares e escolares saudáveis¹⁰ e mostraram que essa avaliação pode ser feita mesmo em indivíduos jovens. A ausência de valores de normalidade em crianças menores tem sido atribuída, principalmente, à dificuldade técnica e falta de compreensão das crianças para a realização do exame.^{13,14} Isso demonstra que o fator idade pode ser a principal limitação para avaliação e uso da força dos músculos respiratórios nesse grupo populacional. No entanto, não existe ainda evidência que mostre como as taxas de sucesso do teste de força muscular ventilatória se comportam em diferentes faixas etárias.

Portanto, considerando-se a importância desse recurso sob diferentes condições e situações clínicas, e devido à ausência de informação sobre a taxa de sucesso do teste de força muscular ventilatória na faixa etária pediátrica, o objetivo desse estudo foi determinar a taxa de sucesso do teste em crianças de quatro a 12 anos. O uso desse método avaliativo em idades precoces pode ajudar na obtenção de uma melhor avaliação e acompanhamento de pacientes em diferentes situações e condições na prática clínica.

Método

Estudo observacional, transversal, em que foram incluídos crianças e adolescentes entre quatro e 12 anos, regularmente matriculados em três escolas do ensino básico (duas públicas e uma privada), em Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, em 2011 e 2012. Inicialmente, todas as crianças e adolescentes foram convidados a participar do estudo e receberam uma carta-convite, juntamente com o termo de consentimento livre e esclarecido. Após a assinatura e autorização dos pais e/ou responsáveis, foram convidados para as medidas antropométricas, seguida do teste de força muscular ventilatória (manovacuometria) na própria escola. Os alunos cujos pais e/ou responsáveis não autorizaram a sua participação no estudo e os alunos que não quiseram se submeter ao teste no dia em que a avaliação foi feita não foram incluídos. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) sob número 11/05503. A avaliação antropométrica foi feita por meio da avaliação de peso e altura em triplicata ou até a obtenção de dois valores idênticos. O peso foi obtido com os indivíduos em posição ortostática, com uma quantidade mínima de roupas e sem sapatos, e balanças digitais (G-Tech, vidro 1 FW, Rio de Janeiro, Brasil) previamente calibradas com uma precisão de 100 gramas. Em seguida, a altura foi medida com os participantes descalços e os pés em uma posição paralela, tornozelos unidos, braços estendidos ao longo do corpo e a cabeça em uma posição neutra. A altura foi obtida por meio de um estadiômetro portátil (Altura Exata, TBW, São Paulo, Brasil), com uma precisão de 1mm.

A força muscular respiratória foi avaliada sempre pelo mesmo avaliador (fisioterapeuta), que possui mais de um ano de experiência com a realização do teste e que também foi treinado e supervisionado pelo investigador principal do estudo. O teste foi avaliado por meio de um manovacuômetro digital previamente calibrado (MVD 300, Globalmed, Porto Alegre, Brasil), com uma variação de -300 a $+300$ cmH₂O. O instrumento foi ligado a um tubo de silicone, acoplado a um filtro isolante e a um conector com um diâmetro interno de aproximadamente 2,5 centímetros, o qual estava ligado a um bocal. O bocal semirrígido, plano, tinha um orifício com um diâmetro de aproximadamente 2mm, para evitar um aumento da pressão intraoral gerada pela contração dos músculos da cavidade oral.⁴ Antes de medir as pressões respiratórias, o pesquisador demonstrou e deu orientações detalhadas sobre as manobras a serem executadas.

Primeiro, a PIMAX foi medida a partir do volume residual, seguida pela PEMAX a partir da capacidade pulmonar total.⁴ Durante a realização da última medição, os indivíduos foram orientados a posicionar as mãos sobre as bochechas para evitar que o ar se acumulasse nas laterais da cavidade oral.¹⁵ As medidas foram realizadas com um clipe nasal, na posição sentada, com o tronco ereto, em uma posição de 90° em relação ao quadril. Ambas as medidas foram avaliadas com esforço máximo, em intervalos de aproximadamente um minuto entre as mensurações, e sustentadas por pelo menos um segundo.¹⁶ Um mínimo de três e um máximo de nove medidas foram utilizadas para cada teste.¹³ O teste foi considerado como sucesso quando o sujeito realizou as manobras tecnicamente corretas, incluindo três medidas

aceitáveis (ausência de escape do ar) e duas reprodutíveis (variação de menos de 10% entre as duas maiores manobras). O último valor registrado não podia ser maior do que os anteriores⁴ e o resultado final foi o valor mais elevado obtido. O teste foi considerado inadequado (insucesso) quando o sujeito avaliado não atingiu os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade descritos acima.

O tamanho da amostra foi estimado para detectar uma taxa de insucesso de aproximadamente 10%, com um nível de confiança de 95% e uma diferença máxima aceitável de 5%. Para isso, seria necessário incluir pelo menos 140 indivíduos. Portanto, a amostra incluída neste estudo supera essa estimativa. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e apresentou uma distribuição normal, de modo que os dados foram expressos em média e desvio padrão da média. As variáveis categóricas foram apresentadas em frequência absoluta e relativa. A comparação entre as proporções (faixa etária e gênero em relação à taxa de sucesso do teste) foi feita com o teste do qui-quadrado. Todas as análises e o processamento de dados foram feitos com o *software* SPSS, versão 18.0 (SPSS Inc., EUA). Em todos os casos, as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

Resultados

O estudo incluiu 196 crianças e adolescentes, com idade média de $8,4 \pm 2,5$ anos, peso de $32 \pm 12,5$ kg e $130 \pm 15,2$ centímetros de altura; eram predominantemente brancos (69,4%) e 53,1% eram do sexo feminino. A caracterização da amostra com os dados antropométricos e informações sobre a força muscular respiratória são apresentados na [tabela 1](#).

A taxa de sucesso do teste de força muscular respiratória em crianças e adolescentes avaliados foi de 92,3%, que representa 181 indivíduos que conseguiram fazer o teste de forma adequada. A maioria das crianças e dos adolescentes que participaram do estudo está na faixa etária do grupo de escolares (seis-12 anos), 76% da presente amostra. Em geral, a taxa de sucesso no teste parece aumentar com a idade, varia de 84,2% aos quatro anos até 100% aos 12 anos. Os

Tabela 1 Caracterização da amostra do estudo

Variáveis	n=196
<i>Características demográficas</i>	
Idade (anos)	$8,4 \pm 2,5$
Sexo feminino, n (%)	104 (53,1)
<i>Antropometria</i>	
Peso (kg)	$32 \pm 12,5$
Altura (cm)	$130 \pm 15,2$
IMC (absoluto)	$18,2 \pm 3,5$
IMC (percentil)	$66,6 \pm 26,8$
<i>Manovacuometria (cmH₂O)</i>	
PIMAX	$83,5 \pm 21,9$
PEMAX	$96,8 \pm 26,8$

Resultados são apresentados como média e desvio-padrão. n, número total de indivíduos avaliados; IMC, índice de massa corporal; PIMAX, pressão inspiratória máxima; PEMAX, pressão expiratória máxima.

Tabela 2 Taxa de sucesso do teste de força muscular ventilatória de acordo com a faixa etária estudada

Faixa etária (anos)	n (N)	Taxa de sucesso (%)
4	16 (19)	84,2
5	24 (28)	85,7
6	16 (18)	88,9
7	20 (21)	95,2
8	25 (27)	92,6
9	22 (23)	95,7
10	19 (20)	95,0
11	18 (19)	94,7
12	21 (21)	100

n, sujeitos que obtiveram sucesso no teste; N, número total de sujeitos avaliados.

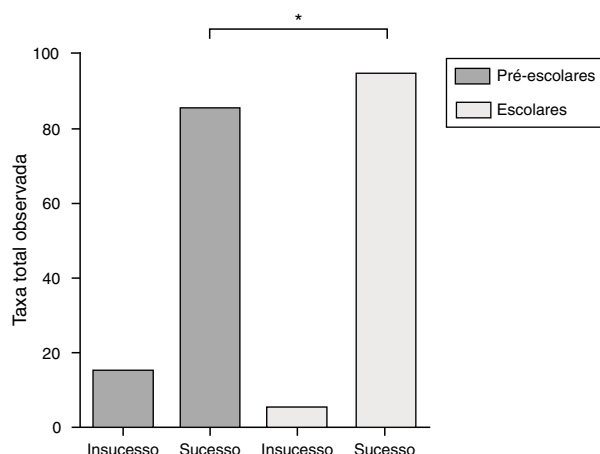


Figura 1 Comparação entre as taxas de sucesso e insucesso observadas nos dois grupos etários avaliados (pré-escolares e escolares). * Qui-quadrado: $p=0,032$.

valores de sucesso para cada grupo de idade são mostrados na [tabela 2](#).

Quando as diferenças entre as taxas de sucesso das crianças na faixa etária pré-escolar (quatro e cinco anos) e crianças e adolescentes na faixa etária escolar (seis a 12) foram comparadas, uma taxa de sucesso significativamente mais baixa foi observada ($p=0,032$) no grupo pré-escolar (85,1%), em comparação com o grupo escolar (94,6%) ([figura 1](#)). As diferenças nas taxas de sucesso também foram analisadas de acordo com o gênero. No entanto, não houve diferença significativa ($p=0,575$) quando as taxas de sucesso foram comparadas entre os sexos ([figura 2](#)).

Discussão

Neste estudo, a taxa de sucesso observada em crianças e adolescentes avaliados foi de 92,3%. Isso mostra que o teste de força muscular respiratória é um recurso simples, fácil de aplicar e altamente viável nessa faixa etária. Além disso, é um método não invasivo que fornece informações importantes sobre a função dos músculos respiratórios implicados no processo de respiração, que muitas vezes são envolvidos em situação de desvantagem mecânica sob várias

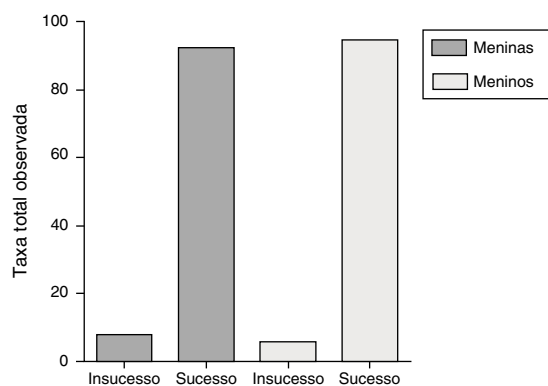


Figura 2 Comparação entre as taxas de sucesso e insucesso observadas em relação ao gênero.

condições ou situações clínicas, como em doenças pulmonares e neuromusculares.^{4,5}

Que seja do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo com o objetivo de determinar a taxa de sucesso do teste de força muscular ventilatória em diferentes faixas etárias da população pré-escolar e escolar, o que torna difícil comparar os valores encontrados com resultados de outros estudos. De qualquer forma, considerando-se outros testes de função pulmonar, acreditamos que a taxa de sucesso encontrada neste estudo é alta. Possíveis fatores que contribuem incluem um maior nível de explicação para os sujeitos avaliados, um tempo de medição maior e a paciência do avaliador responsável pela realização dos exames.¹⁰

Diferentemente da espirometria, para a qual foram desenvolvidas normas e orientações específicas para facilitar sua utilização em faixas etárias mais jovens,¹⁷ para avaliar a força muscular ventilatória neste estudo não foi necessário o uso de qualquer método diferente daquele publicado pela diretriz.^{4,13} Isso sugere que não é difícil fazer o teste nesses grupos etários na prática clínica. Quando comparamos nossos resultados com as taxas de sucesso do teste de espirometria, o teste de força muscular ventilatória também se mostrou fácil e simples, uma vez que as taxas de sucesso da espirometria estão próximas dos resultados apresentados aqui, ou seja, em torno de 85%.¹⁸⁻²¹ Além disso, uma recente revisão da literatura mostrou que, embora a faixa etária pré-escolar seja caracterizada como uma amostra extremamente jovem, com suas dificuldades e limitações motoras, a taxa de sucesso da espirometria (independentemente de experiência prévia) variou entre 71% e 92%, o que demonstra a viabilidade da avaliação pulmonar nessa faixa etária.²² Embora ambos os testes tenham diferentes metodologias, objetivos e funcionalidade, a comparação com um teste de função pulmonar conhecido e amplamente estudado pode indicar um parâmetro até que novas taxas de sucesso sejam geradas para a avaliação da força muscular ventilatória pediátrica.

Como esperado, as taxas de sucesso da avaliação da força muscular ventilatória parecem aumentar com a idade das crianças avaliadas. Além disso, quando comparados os gêneros, não foi observada diferença significativa. Esses resultados são semelhantes aos encontrados em vários estudos que avaliaram as taxas de sucesso de função pulmonar na população pediátrica. Isso mostra que, à medida que as

crianças crescem, a taxa de sucesso também aumenta.^{21,23,24} Estudos anteriores que tiveram como objetivo gerar valores de normalidade para o teste de força muscular respiratória atribuem o fracasso da técnica à dificuldade de compreensão, à baixa reprodutibilidade e à falta de cooperação por parte das crianças nessa faixa etária.^{13,14} Entretanto, esses estudos não demonstraram taxas de sucesso separadamente por faixas etárias, o que dificulta um melhor conhecimento e compreensão da idade como um fator de influência sobre esse resultado. Nesse sentido, vários estudos que avaliaram a frequência de sucesso do teste de espirometria mostraram que, em idade pré-escolar, a dificuldade de obtenção de um teste adequado pode ser explicada devido à atenção reduzida, fácil distração, dificuldade de compreender, coordenação motora e baixa tolerância à frustração durante as manobras. Além disso, o estágio emocional e a fase de desenvolvimento da criança são fatores importantes na determinação do sucesso do teste.^{18,25}

Embora o presente estudo não mostre informações sobre a história respiratória prévia dos sujeitos incluídos, acredita-se que esses fatores não influenciariam a capacidade de um indivíduo para fazer o teste, o que constitui o principal desfecho do estudo. Além disso, é pouco provável que condições respiratórias graves, que poderiam possivelmente alterar o desempenho do teste, estivessem presentes em uma amostra tão jovem, saudável, recrutada em um ambiente escolar e com estado nutricional normal. Por outro lado, mesmo que isso seja possível, estudos anteriores^{26,27} mostraram que indivíduos com asma leve a moderada não apresentam redução da força muscular ventilatória, o que geralmente está associado com doença pulmonar mais grave, incluindo a presença de hiperinflação e estado nutricional inadequado.^{28,29}

Uma das limitações deste estudo é que o teste é feito por um avaliador experiente, que está interessado em alcançar tanto sucesso quanto possível nos testes, o que pode ter contribuído para a alta taxa de sucesso encontrada nessa amostra. No entanto, esses resultados só reforçam a ideia de que é possível fazer esse teste na faixa etária pediátrica e que, pelo menos em parte, alcançar o sucesso depende não só das crianças e/ou adolescentes avaliados, mas também do esforço e estímulo fornecidos pelo avaliador. Nesse sentido, um estudo anterior³⁰ demonstrou recentemente que a qualidade da espirometria aumentou de 57% para 83% após a inclusão de um programa de treinamento feito por telemedicina em 15 centros participantes. Novos estudos sobre a frequência de sucesso no grupo de idade pré-escolar devem ser incentivados, a fim de obterem-se novas informações sobre o comportamento das taxas de sucesso nessa faixa etária, permitir comparações entre os estudos e ajudar a alcançar um maior uso desse recurso entre a população infantil.

Em resumo, o teste de força muscular ventilatória apresentou uma alta taxa de sucesso na população pré-escolar e escolar avaliadas. Além disso, a taxa de sucesso parece aumentar com a idade. Os achados deste estudo mostram que o teste de força muscular ventilatória é um recurso simples e de fácil aplicação. Assim, a obtenção de um teste adequado pode garantir a qualidade das avaliações e, consequentemente, o sucesso no controle e acompanhamento dos resultados nas diferentes doenças respiratórias.

Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS pela bolsa concedida (JPHF).

Referências

1. Macedo SE, Menezes AM, Albernaz E, Post P, Knorst M. Risk factors for acute respiratory disease hospitalization in children under one year of age. *Rev Saude Publica*. 2007;41:351-8.
2. Chiesa AM, Westphal MF, Akerman M. Acute respiratory diseases: a study on health inequalities. *Cad Saude Publica*. 2008;24:55-69.
3. Rodrigues JC, Cardieri JM, Bussamra M, Nakaie CM, Almeida MB, Silva Filho L, et al. Provas de função pulmonar em crianças e adolescentes. *J Pneumol*. 2002;28 Suppl 3:207-21.
4. Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Bras Pneumol*. 2002;28:155-65.
5. Tomalak W, Pogorzelski A, Prusak J. Normal values for maximal static inspiratory and expiratory pressures in healthy children. *Pediatr Pulmonol*. 2002;34:42-6.
6. Pessoa IM, Houry Neto M, Montemezzo D, Silva LA, Andrade AD, Parreira VF. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Braz J Phys Ther*. 2014. Epub.
7. Mellies U, Stehling F, Dohna-Schwake C. Normal values for inspiratory muscle function in children. *Physiol Meas*. 2014;35:1975-81.
8. Simões RP, Deus AP, Auad MA, Dionísio J, Mazzonetto M, Borghi-Silva A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central São Paulo State. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14:60-7.
9. Severino FG, Resqueti VR, Bruno SS, Azevedo IG, Vieira RH, Fregonezi GA. Comparison between a national and a foreign manovacuometer for nasal inspiratory pressure measurement. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14:426-31.
10. Heinzmann-Filho JP, Vasconcellos Vidal PC, Jones MH, Donadio MV. Normal values for respiratory muscle strength in healthy preschoolers and school children. *Respir Med*. 2012;106:1639-46.
11. Arnall DA, Nelson AG, Owens B, Cebrià i Iranzo MA, Sokell GA, Kanuho V, et al. Maximal respiratory pressure reference values for Navajo children ages 6-14. *Pediatr Pulmonol*. 2013;48:804-8.
12. Mendes RE, Campos TF, Macêdo TM, Borja RO, Parreira VF, Mendonça KM. Prediction equations for maximal respiratory pressures of Brazilian adolescents. *Braz J Phys Ther*. 2013;17:218-26.
13. Domènech-Clar R, López-Andreu JA, Compte-Torrero L, De Diego-Damiá A, Macián-Gisbert V, Perpiñá-Tordera M, et al. Maximal static respiratory pressures in children and adolescents. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35:126-32.
14. Matecki S, Prioux J, Jaber S, Hayot M, Prefaut C, Ramonotxo M. Respiratory pressures in boys from 11-17 years old: a semilogitudinal study. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35:368-74.

15. Parreira VF, França DC, Zampa CC, Fonseca MM, Tomich GM, Britto RR. Maximal respiratory pressures: actual and predicted values in healthy subjects. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11:361-8.
16. Fiore Junior JF, Paisani DM, Franceschini J, Chiavegato LD, Faresin SM. Maximal respiratory pressures and vital capacity: comparison mouthpiece and face-mask evaluation methods. *J Bras Pneumol.* 2004;30:515-20.
17. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HG, Aurora P, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;175:1304-45.
18. Zapletal A, Chalupová J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). *Pediatr Pulmonol.* 2003;35:200-7.
19. Pesant C, Santschi M, Praud JP, Geoffroy M, Niyonsenga T, Vlachos-Mayer H. Spirometric pulmonary function in 3- to 5-year-old children. *Pediatr Pulmonol.* 2007;42:263-71.
20. Santos N, Almeida I, Couto M, Morais-Almeida M, Borrego LM. Feasibility of routine respiratory function testing in preschool children. *Rev Port Pneumol.* 2013;19:38-41.
21. Veras TN, Pinto LA. Feasibility of spirometry in preschool children. *J Bras Pneumol.* 2011;37:69-74.
22. Vidal P, Mattiello R, Jones M. Spirometry in preschool children. *Pulmão RJ.* 2013;22:20-5.
23. Mayer OH, Jawad AF, McDonough J, Allen J. Lung function in 3-5-year-old children with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol.* 2008;43:1214-23.
24. França DC, Camargos PA, Martins JA, Abreu MC, Avelar e Araújo GH, Parreira VF. Feasibility and reproducibility of spirometry and inductance plethysmography in healthy Brazilian preschoolers. *Pediatr Pulmonol.* 2013;48:716-24.
25. Stocks J. Clinical implications of pulmonary function testing in preschool children. *Paediatr Respir Rev.* 2006;7 Suppl 1:S26-9.
26. Oliveira CM, Lanza F, Solé D. Respiratory muscle strength in children and adolescents with asthma: similar to that of healthy subjects. *J Bras Pneumol.* 2012;38:308-14.
27. Marcelino AM, Cunha DA, Cunha RA, da Silva HJ. Respiratory muscle strength in asthmatic children. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2012;16:492-6.
28. Laghi F, Tobin MJ. Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168:10-48.
29. Weiner P, Suo J, Fernandez E, Cherniack RM. The effect of hyperinflation on respiratory muscle strength and efficiency in healthy subjects and patients with asthma. *Am Rev Respir Dis.* 1990;141:1501-5.
30. Marina Malanda N, López de Santa María E, Gutiérrez A, Bayón JC, García L, Gáldiz JB. Telemedicine spirometry training and quality assurance program in primary care centers of a public health system. *Telemed J E Health.* 2014;20:388-92.