



ARTIGO ORIGINAL

Prediction equations for spirometry in four- to six-year-old children[☆]



Danielle Corrêa França^a, Paulo Augusto Moreira Camargos^b,
Marcus Herbert Jones^c, Jocimar Avelar Martins^d,
Bruna da Silva Pinto Pinheiro Vieira^e, Enrico Antônio Colosimo^f,
Karla Morganna Pereira Pinto de Mendonça^g, Raíssa de Oliveira Borja^g,
Raquel Rodrigues Britto^e e Verônica Franco Parreira^{e,*}

^a Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

^b Unidade de Pneumologia Pediátrica, Hospital Universitário, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

^c Divisão de Respirologia Pediátrica, Hospital São Lucas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, RS, Brasil

^d Hospital Arnaldo Gavazza, Ponte Nova, MG, Brasil

^e Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

^f Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

^g Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN, Brasil

Recebido em 26 de março de 2015; aceito em 19 de outubro de 2015

KEYWORDS

Spirometry children;
Child;
Prediction equations;
Quality control;
Preschool;
Equipment

Abstract

Objective: To generate prediction equations for spirometry in 4- to 6-year-old children.
Methods: Forced vital capacity, forced expiratory volume in 0.5 s, forced expiratory volume in one second, peak expiratory flow, and forced expiratory flow at 25–75% of the forced vital capacity were assessed in 195 healthy children residing in the town of Sete Lagoas, state of Minas Gerais, Southeastern Brazil. The least mean squares method was used to derive the prediction equations. The level of significance was established as $p < 0.05$.

DOI se refere ao artigo:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2015.10.005>

[☆] Como citar este artigo: França DC, Camargos PA, Jones MH, Martins JA, Vieira BP, Colosimo EA, et al. Prediction equations for spirometry in four- to six-year-old children. J Pediatr (Rio J). 2016;92:400–8.

* Autor para correspondência.

E-mails: veronicaparreira@yahoo.com.br, veronica.parreira@pq.cnpq.br (V.F. Parreira).

Results: Overall, 85% of the children succeeded in performing the spirometric maneuvers. In the prediction equation, height was the single predictor of the spirometric variables as follows: forced vital capacity = exponential $[(-2.255) + (0.022 \times \text{height})]$, forced expiratory volume in 0.5 s = exponential $[(-2.288) + (0.019 \times \text{height})]$, forced expiratory volume in one second = exponential $[(-2.767) + (0.026 \times \text{height})]$, peak expiratory flow = exponential $[(-2.908) + (0.019 \times \text{height})]$, and forced expiratory flow at 25–75% of the forced vital capacity = exponential $[(-1.404) + (0.016 \times \text{height})]$. Neither age nor weight influenced the regression equations. No significant differences in the predicted values for boys and girls were observed.

Conclusion: The predicted values obtained in the present study are comparable to those reported for preschoolers from both Brazil and other countries.

© 2016 Published by Elsevier Editora Ltda. on behalf of Sociedade Brasileira de Pediatria. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

PALAVRAS-CHAVE

Espirometria infantil;
Criança;
Equações de
predição;
Controle de
qualidade;
Pré-escola;
Equipamentos

Equações de predição da espirometria em crianças de quatro a seis anos

Resumo

Objetivo: Gerar equações de predição da espirometria em crianças de quatro a seis anos.

Métodos: Capacidade vital forçada, volume expiratório forçado em 0,5 segundo, volume expiratório forçado em um segundo, pico de fluxo expiratório e fluxo expiratório forçado com 25-75% da capacidade vital forçada foram avaliados em 195 crianças saudáveis que residem em Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. O método dos mínimos quadrados foi usado para derivar as equações de predição. O nível de significância foi estabelecido como $p < 0,05$. **Resultados:** No geral, 85% das crianças foram bem-sucedidas ao fazer as manobras espirométricas. Na equação de predição, a estatura foi a única variável preditora das variáveis espirométricas, da seguinte forma: capacidade vital forçada = exponencial $[(-2,255) + (0,022 \times \text{estatura})]$, volume expiratório forçado em 0,5 segundo = exponencial $[(-2,288) + (0,019 \times \text{estatura})]$, volume expiratório forçado em um segundo = exponencial $[(-2,767) + (0,026 \times \text{estatura})]$, pico do fluxo expiratório = exponencial $[(-2,908) + (0,019 \times \text{estatura})]$ e fluxo expiratório forçado com 25-75% da capacidade vital forçada = exponencial $[(-1,404) + (0,016 \times \text{estatura})]$. Nem a idade nem o peso influenciaram as equações de regressão. Não foi observada diferença significativa nos valores previstos em meninos e meninas.

Conclusão: Os valores previstos obtidos neste estudo são comparáveis àqueles relatados em crianças em idade pré-escolar tanto do Brasil quanto de outros países.

© 2016 Publicado por Elsevier Editora Ltda. em nome de Sociedade Brasileira de Pediatria. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Os testes de função pulmonar complementam os históricos clínicos e os exames físicos de indivíduos com problemas respiratórios e contribuem para os diagnósticos, prognósticos, monitoramento de doenças respiratórias e para as avaliações dos efeitos terapêuticos das intervenções.¹

A espirometria é um método universalmente aceito para avaliar a função pulmonar, incluindo volumes e fluxos do pulmão, e é o método mais amplamente usado para detectar alterações das funções pulmonares em adultos, adolescentes e crianças em idade escolar.^{1,2} Contudo, a espirometria ainda não foi amplamente estudada em populações em idade pré-escolar latino-americanas nem brasileiras.^{1,3}

Os primeiros estudos que avaliaram as manobras espirométricas em crianças em idade pré-escolar foram publicados aproximadamente 20 anos atrás.^{4,5} Atualmente, é bem estabelecido na literatura que 75-86% de crianças em idade pré-escolar conseguem fazer manobras espirométricas^{1,3,6-10}

de forma aceitável e reprodutível, conforme comprovado pela disponibilidade das equações de predição de crianças em idade pré-escolar de vários países.^{6,8,9,11-17} Além disso, um recente estudo multicêntrico¹⁶ propôs equações de predição para variáveis espirométricas de crianças em idade pré-escolar com base em dados coletados das crianças de 11 países ($n = 3.777$), incluindo o Brasil. Uma atualização foi publicada em 2012 e incluiu novas equações multiétnicas.¹⁸ Recentemente, Burity et al.¹⁹ descreveram valores de referência com base em 135 crianças do Nordeste brasileiro em idade pré-escolar e identificaram a estatura e o sexo como variáveis preditoras de parâmetros da função pulmonar. Contudo, essas equações não necessariamente representam as crianças brasileiras em idade pré-escolar como um todo.

Devido à importância da espirometria em todas as faixas etárias e à escassez de equações de predição para as variáveis espirométricas em crianças em idade pré-escolar no Brasil, o objetivo deste estudo era descrever as equações de predição de espirometria em crianças de quatro a seis

anos residentes em Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

Métodos

Ambiente e amostragem

Os indivíduos foram recrutados em escolas públicas e particulares escolhidas aleatoriamente em Sete Lagoas de acordo com os seguintes critérios de inclusão: idade entre quatro e seis anos (ou seja, de 48 a 83 meses); nenhuma doença respiratória crônica de acordo com o questionário da Sociedade Torácica Norte-Americana e a Divisão de Doença Pulmonar – ATS/DLD/78/C (ou seja, pontuação total igual ou inferior a 6);^{6,20} índice de massa corporal (IMC) entre o 3° e o 95° percentis por idade;²¹ peso ao nascer acima de 2.500 g em uma idade gestacional de 37 a 42 semanas;²⁰ nenhum episódio de gripe nos sete dias anteriores; nenhum histórico de tabagismo materno durante a gravidez ou exposição ao tabaco ao longo dos anos anteriores à avaliação espirométrica; nenhuma história anterior de cirurgia torácica ou abdominal; nenhuma má formação, síndrome genética, disfunção metabólica, doença cardiovascular, doença neuromuscular, transtorno mental ou déficit cognitivo; e nenhum uso de medicamentos de forma regular.

O protocolo do estudo e o consentimento informado (fornecido pelos pais ou pelos responsáveis legais) foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (ETIC n° 0612.0.203.000-09).

Instrumentos e procedimentos de medição

O questionário ATS-DLD-78-C foi usado para descartar a presença de doenças respiratórias e a exposição a poluentes ambientais. Esse questionário consiste em perguntas sobre os sintomas e outras doenças e internações relacionadas a doenças do trato respiratório e foi preenchido pelos pais ou pelos responsáveis legais. As pontuações gerais variaram de 0 a 22 e as pontuações acima ou iguais a sete eram indicativas de uma doença respiratória crônica.⁶ Também foram incluídas perguntas complementares, por exemplo, perguntas sobre a idade gestacional, período neonatal e doenças concomitantes.

Um espirômetro Koko portátil (Koko®, tipo PFT, nSpire Health Inc., CO, EUA) foi usado para avaliar as variáveis espirométricas obtidas das manobras de expiração forçada. Esse equipamento atende a todas as exigências da ATS/ERS¹ e exibe gráficos em tempo real das curvas de fluxo/volume e de volume/tempo. De acordo com as recomendações da ATS, foram usados um bocal descartável e um filtro antibacteriano, que, juntos, resultam em um espaço morto de menos de 2 mL/kg. A precisão dos equipamentos era verificada diariamente por meio de calibragem com uma seringa manual de três litros (Cosmed, Equipamentos de Função Pulmonar, Itália). As seguintes variáveis espirométricas foram analisadas: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado (VEF_{0,5}), VEF₁, fluxo expiratório forçado (FEF₂₅₋₇₅) e pico de fluxo expiratório (PEF). Os dados do tempo expiratório forçado (TEF) e o volume retroextrapolado (BEV) foram coletados para garantir as qualidades das curvas.¹

Os dados de todos os questionários foram analisados e as crianças que atenderam aos critérios de inclusão foram convidadas a participar. As crianças cujos pais/responsáveis autorizaram sua participação e assinaram um formulário de consentimento foram avaliadas durante as atividades escolares regulares.

Os exames físicos foram iniciados com a medição dos pesos com uma única balança (Filizola, SP, Brasil) e das estaturas com um estadiômetro Harpenden® (HarpendenSkinfold Caliper, Mediflex Surgical Products, NY, EUA) com faixa de medição de 60,0 cm a 210,0 cm, fixado na parede, com precisão de 0,1 cm e com a criança de pé, descalça, posicionada de forma que a cabeça, os ombros, as nádegas e os calcanhares tocassem ligeiramente a superfície vertical do dispositivo de medição. Posteriormente, foram medidos a pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação de oxigênio e ausculta pulmonar e foram feitas inspeções estáticas e dinâmicas do padrão de respiração para confirmar a ausência de qualquer anomalia clínica.

Para fazer a espirometria, seguimos os critérios recomendados de aceitabilidade e reprodutibilidade.¹ Antes do exame, cada criança recebeu instruções adequadas para a idade e, então, fez as manobras. As medições foram coletadas com o indivíduo sentado, com um clipe bucal descartável bem ajustado (para evitar vazamentos), um clipe nasal e programas de animação por computador que forneciam instruções e estímulos aos participantes.² Foi solicitado que os indivíduos respirassem no volume corrente e, então, enchessem seus pulmões o máximo possível e soprassem da forma mais forte, rápida e longa possível. Os critérios de aceitabilidade foram: as curvas de fluxo-volume e volume-tempo foram inspecionadas e as manobras visivelmente inadequadas foram excluídas, ou seja, quando a curva fluxo-volume não apresentava um aumento rápido até o pico de fluxo e uma redução calma sem evidência de tosse ou fechamento da glote; o BEV era igual ou inferior a 80 mL ou inferior a 12,5% da CVF; e TEF superior a 10% da taxa do pico de fluxo expiratório. Os critérios de reprodutibilidade foram: a diferença entre a CVF e o VEF₁ era inferior a 10% ou 100 mL por no mínimo duas manobras reprodutíveis.¹ O exame foi limitado a 20 minutos para garantir a aplicabilidade clínica e os indivíduos puderam descansar por um minuto entre duas manobras consecutivas feitas pelo mesmo investigador (DCF) com todos os indivíduos.

As curvas de volume-tempo e fluxo-volume foram visualmente examinadas por dois observadores independentes, que não conheciam as condições de saúde atuais e anteriores das crianças. Especificamente, os valores máximos da CVF, VEF_{0,5}, VEF₁ e PEF foram obtidos com a curva adequada e reprodutível (os valores máximos de cada uma das variáveis poderia vir de curvas diferentes). O valor de FEF₂₅₋₇₅ foi selecionado da curva que apresentava a maior soma de CVF e VEF₁, e o valor de VEF_{0,5} foi obtido da curva com o maior valor de VEF₁ ou o maior VEF_{0,5}, quando TEF era < 1 s.¹

Análise estatística

De acordo com as faixas etárias (48-59, 60-71 e 72-83 meses) e o sexo (meninos e meninas), predefinimos arbitrariamente 180 crianças saudáveis em idade pré-escolar na faixa

etária visada como a mínima a ser avaliada neste estudo. Foi feita uma randomização em blocos com base na lista oficial das escolas públicas e particulares em Sete Lagoas. Foram selecionadas 11 escolas aleatoriamente (sete públicas e quatro privadas), manteve-se, ao mesmo tempo, uma proporção de escolas públicas/particulares de 1,75, com base nas proporções de alunos matriculados. Depois, todas as crianças de quatro a seis anos matriculadas em cada escola foram convidadas para participar do estudo.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para verificar a normalidade dos dados. As comparações dos dados antropométricos e espirométricos entre crianças do sexo masculino e feminino foram feitas com testes *t* independentes das amostras. Uma análise de variância (Anova) unidirecional, seguida de múltiplos testes de comparação *post-hoc* de Hochberg, foi usada para comparar os dados e as variáveis antropométricas dos testes de função pulmonar entre crianças de quatro a seis anos.

Para gerar as equações de predição das variáveis espirométricas, foi usado o método dos mínimos quadrados. Primeiro, as transformações logarítmicas foram aplicadas às variáveis espirométricas com análises de Box-Cox. Foram feitas regressões lineares entre as variáveis espirométricas (dependentes) e estatura, peso, sexo e idade (variáveis exploratórias). Depois, foi feita uma análise de regressão múltipla, a normalidade e a homocedasticidade das variáveis residuais foram estabelecidas com gráficos quantil-quantil (Q-Q). As premissas residuais foram satisfeitas. Os resultados são expressos como escores-Z, ou seja, múltiplos do desvio padrão da média, e gráficos com as curvas de regressão e os escores-Z foram preparados para facilitar o uso das equações na prática e pesquisa clínicas.

Todos os testes foram avaliados com um alfa de 0,05, sem ajustes para múltiplas comparações. Os dados foram analisados com a linguagem estatística R (Free Software Foundation, MA, EUA) e o SPSS (SPSS Inc. Released 2009. SPSS for Windows, Versão 15.0, IL, EUA).

Resultados

A **figura 1** descreve o fluxograma do estudo e indica que 195 crianças foram avaliadas inicialmente e que 131 (67%) alunos de escolas públicas e 64 (33%) de escolas particulares foram inscritos no estudo de junho de 2010 a agosto de 2011.

A **tabela 1** apresenta os coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão para as variáveis espirométricas com as variáveis independentes de estatura, estatura + peso, estatura + idade e estatura + peso + idade. Os valores de r^2 mostraram pouca variação (aproximadamente 1%) quando a estatura era usada como o único preditor das variáveis de espirometria, com estatura + peso + idade como as variáveis independentes nas equações de regressão. A **tabela 1** também apresenta as equações de regressão e os limites inferiores do normal (ou seja, escores-Z de -1,64) para as variáveis espirométricas com a estatura como a única variável preditora.

A regressão linear entre os parâmetros espirométricos (variáveis dependentes) e estatura, peso e idade (variáveis independentes) mostrou uma associação estatisticamente significativa. Contudo, as variáveis espirométricas não

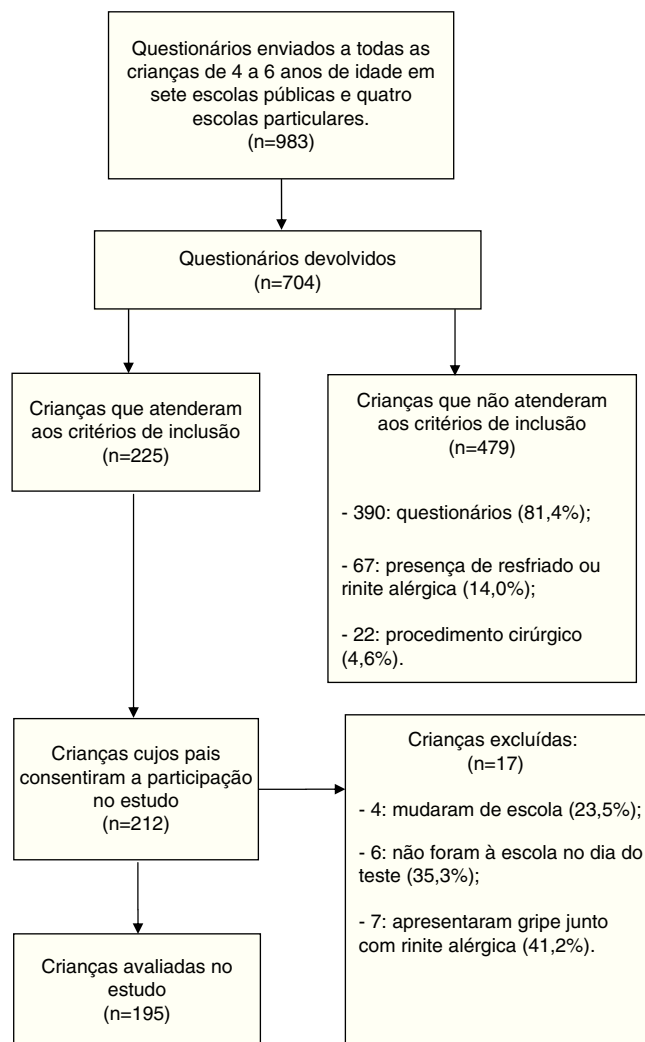


Figura 1 Fluxograma do estudo.

mostraram uma associação estatisticamente significativa com o sexo.

Os gráficos das variáveis espirométricas de acordo com a estatura em que os escores-Z são traçados são mostrados na **figura 2**. Conforme ilustrado, estaturas mais baixas foram associadas a menos variabilidade em cada um dos parâmetros espirométricos estudados.

A **tabela 2** exibe a proporção de crianças que fizeram a espirometria com sucesso, os dados antropométricos e os parâmetros espirométricos por idade das 195 crianças. Em geral, 85% das crianças fizeram as manobras de espirometria com sucesso e a taxa de sucesso aumentou progressivamente com a idade. A amostra a partir da qual as curvas foram geradas e as equações foram obtidas predominantemente de etnia mista (134 de 166, ou seja, 80,7%), brancos (27 de 166, ou seja, 16,3%) e descendentes asiáticos/africanos (apenas cinco de 166, ou seja, 3%). Essas informações foram obtidas de relatos dos pais. As comparações dos dados antropométricos e das variáveis espirométricas entre os meninos e meninas não revelaram diferenças significativas ($p > 0,05$, testes *t* independentes). Entretanto, as faixas etárias indicaram que o peso, a estatura e a maioria dos parâmetros de função pulmonar apresentaram

Tabela 1 Coeficiente de determinação das análises de regressão múltipla das variáveis espirométricas, considerando as variáveis explicativas: estatura, estatura + peso, estatura + idade e estatura + peso + idade, bem como o limite inferior do normal e as equações de predição das variáveis espirométricas de acordo com a estatura

Variáveis espirométricas	Coeficiente de determinação (r^2)				Equações de predição	Limite inferior do normal
	E	E + P	E + I	E + P + I		
CVF	0,56 ^a	0,57 ^a	0,56 ^a	0,57 ^a	Exp. [(-2,255) + (0,022 x estatura)]	Exp. (valor preditivo - 0,253)
VEF _{0,5}	0,51 ^a	0,51 ^a	0,51 ^a	0,52 ^a	Exp. [(-2,288) + (0,019 x estatura)]	Exp. (valor preditivo - 0,225)
VEF ₁	0,45 ^a	0,44 ^a	0,44 ^a	0,44 ^a	Exp. [(-2,767) + (0,026 x estatura)]	Exp. (valor preditivo - 0,294)
PEF	0,35 ^a	0,34 ^a	0,35 ^a	0,35 ^a	Exp. [(-2,908) + (0,019 x estatura)]	Exp. (valor preditivo - 0,220)
FEF ₂₅₋₇₅	0,24 ^a	0,24 ^a	0,24 ^a	0,25 ^a	Exp. [(-1,404) + (0,016 x estatura)]	Exp. (valor preditivo - 0,191)

E, estatura (cm); P, peso (kg); I, idade (meses); Exp., exponencial; CVF, capacidade vital forçada (L); VEF_{0,5}, volume expiratório forçado em 0,5 segundo (L); VEF₁, volume expiratório forçado em um segundo (L); PEF, pico de fluxo expiratório (L/min); FEF₂₅₋₇₅, fluxo expiratório forçado com 25-75% da CVF (L/s).

^a $p < 0,05$.

Tabela 2 Dados antropométricos, taxas de sucesso e valores observados das variáveis espirométricas de acordo com a idade entre as 195 crianças avaliadas

Idade (n)	Taxa de sucesso (%)	Estatura (cm)	Peso (kg)	CVF (L)	VEF _{0,5} (L)	VEF _{0,5} /CVF	VEF ₁ (L)	VEF ₁ /CVF	PEF (L/min)	FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)	TEF (s)	BEV (%)
<i>Meninos</i>												
4 (30)	76	107 ± 5 (105-110)	19 ± 3 (17-20)	1,15 ± 0,20 (1,06-1,24)	0,86 ± 0,15 (0,80-0,94)	0,76 ± 0,08 (0,72-0,80)	1,04 ± 0,26 (0,92-1,16)	0,90 ± 0,18 (0,81-0,98)	151 ± 29 (139-166)	1,59 ± 0,39 (1,39-1,75)	1,90 ± 0,60 (1,62-2,18)	3,39 ± 1,08 (2,91-3,87)
5 (31)	81	115 ± 6 (113-117)	21 ± 4 (19-22)	1,33 ± 0,21 (1,24-1,42)	0,99 ± 0,13 (0,94-1,04)	0,75 ± 0,08 (0,72-0,79)	1,24 ± 0,17 (1,16-1,31)	0,93 ± 0,05 (0,91-0,95)	173 ± 36 (157-188)	1,74 ± 0,32 (1,61-1,88)	1,88 ± 0,60 (1,62-2,13)	3,22 ± 1,29 (2,67-3,76)
6 (31)	90	118 ± 5 (116-120)	22 ± 3 (20-23)	1,42 ± 0,23 (1,33-1,51)	1,01 ± 0,16 (0,95-1,08)	0,72 ± 0,06 (0,70-0,74)	1,28 ± 0,20 (1,21-1,36)	0,91 ± 0,04 (0,89-0,92)	172 ± 33 (159-185)	1,69 ± 0,36 (1,55-1,83)	2,32 ± 0,56 (2,10-2,54)	3,24 ± 1,03 (2,84-3,64)
<i>Meninas</i>												
4 (35)	81	109 ± 5 (107-111)	19 ± 4 (18-21)	1,10 ± 0,24 (1,01-1,20)	0,81 ± 0,16 (0,75-0,87)	0,74 ± 0,07 (0,71-0,76)	1,01 ± 0,21 (0,94-1,09)	0,92 ± 0,05 (0,91-0,94)	135 ± 32 (123-147)	1,41 ± 0,34 (1,28-1,54)	2,09 ± 0,66 (1,83-2,33)	3,13 ± 1,05 (2,73-3,54)
5 (36)	89	115 ± 5 (113-117)	20 ± 3 (19-21)	1,25 ± 0,18 (1,18-1,31)	0,93 ± 0,13 (0,88-0,98)	0,75 ± 0,07 (0,73-0,78)	1,16 ± 0,15 (1,10-1,21)	0,93 ± 0,05 (0,91-0,95)	166 ± 34 (154-179)	1,67 ± 0,40 (1,53-1,82)	1,89 ± 0,69 (1,64-2,14)	3,60 ± 1,17 (3,17-4,03)
6 (32)	100	120 ± 7 (117-122)	24 ± 6 (22-26)	1,48 ± 0,25 (1,39-1,57)	1,08 ± 0,19 (1,01-1,14)	0,73 ± 0,06 (0,71-0,75)	1,35 ± 0,22 (1,27-1,43)	0,91 ± 0,04 (0,90-0,93)	185 ± 36 (172-197)	1,86 ± 0,47 (1,69-2,03)	2,26 ± 0,70 (2,01-2,51)	3,41 ± 6,80 (3,12-3,70)
<i>Total (195)</i>	85	114 ± 7 ^{a,b,c} (113-115)	21 ± 4 ^{b,c} (20-22)	1,30 ± 0,26 (1,26-1,33)	0,95 ± 0,18 ^{a,b,c} (0,93-0,98)	0,74 ± 0,07 (0,73-0,75)	1,19 ± 0,24 ^{a,b,c} (1,15-1,22)	0,92 ± 0,08 (0,91-0,93)	164 ± 30 ^{a,c} (159-170)	1,66 ± 0,41 ^{a,c} (1,60-1,73)	2,07 ± 0,66 ^b (1,97-2,17)	3,34 ± 1,07 (3,17-3,50)

CVF, capacidade vital forçada; VEF_{0,5}, volume expiratório forçado em 0,5 segundo; VEF_{0,5}/CVF, índice entre o VEF_{0,5} e a CVF; VEF₁, volume expiratório forçado em um segundo; VEF₁/CVF, índice entre o VEF₁ e a CVF; PEF, pico de fluxo expiratório; FEF₂₅₋₇₅, fluxo expiratório forçado com 25-75% da CVF; TEF, tempo expiratório forçado; BEV, volume retroextrapolado.

Os dados são apresentados como médias ± desvios padrão com intervalos de confiança de 95% (entre parênteses).

^a p < 0,05 entre as crianças de quatro e cinco anos.

^b p < 0,05 entre as crianças de cinco e seis anos.

^c p < 0,05 entre as crianças de quatro e seis anos por Anova unidirecional com teste *post-hoc* de Hochberg.

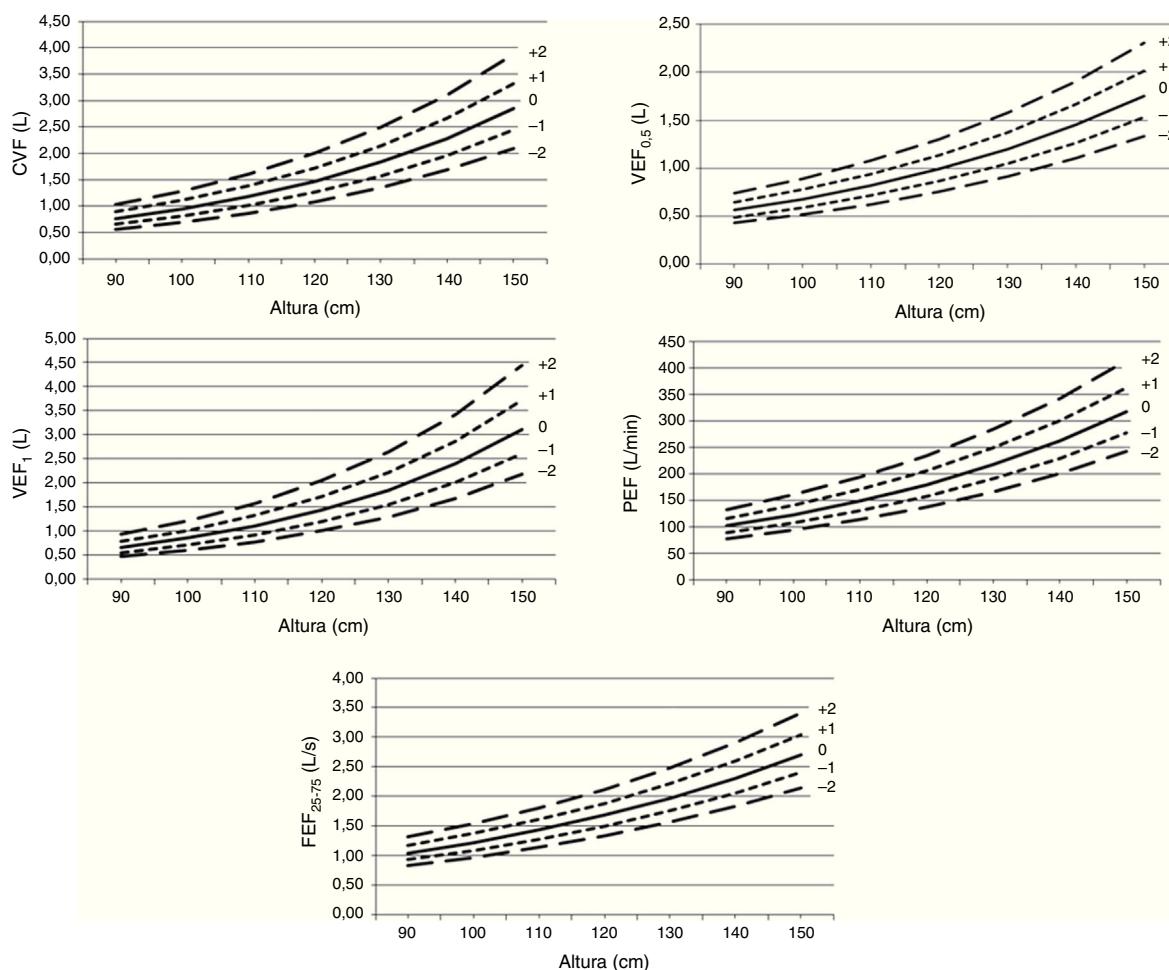


Figura 2 Gráficos dos escores-Z das variáveis espirométricas de acordo com estatura.

CVF, capacidade vital forçada; VEF_{0,5}, volume expiratório forçado em 0,5 segundo; VEF₁, volume expiratório forçado em um segundo; PEF, pico de fluxo expiratório; FEF₂₅₋₇₅, fluxo expiratório forçado com 25-75% da CVF.

aumentos progressivos e estatisticamente significativos com a idade. Sobre o TEF, foi observado um aumento significativo somente entre crianças de quatro a seis anos. Somente o BEV, a CVF, o VEF_{0,5}/CVF e o VEF₁/CVF em todas as faixas etárias investigadas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste de Hochberg.

Discussão

No melhor de nosso conhecimento, este é o segundo estudo destinado a descrever equações de predição para variáveis espirométricas exclusivamente para crianças brasileiras em idade pré-escolar, de quatro a seis anos.

O primeiro estudo foi publicado por Burity et al.;¹⁹ esses autores incluíram 321 crianças de três a seis anos (idade média: 60 meses). Contudo, somente 135 crianças (69 meninos e 66 meninas) conseguiram fazer todas as manobras de expiração forçada. Em contraste com nosso estudo, as análises estatísticas incluíram regressões logarítmicas e lineares e não incluíram o método dos mínimos quadrados. Esse método permite a interpretação das curvas funiculares que

melhor refletem as correlações entre o crescimento físico dos pulmões em todas as idades analisadas (quatro, cinco e seis anos) e os parâmetros funcionais.

Os principais resultados deste estudo são os seguintes: foram observados aumentos progressivos e estatisticamente significativos na maioria dos parâmetros espirométricos com o aumento da estatura e as equações de predição resultantes incorporaram a estatura como única variável preditora. Esses resultados estão de acordo com os relatos anteriormente.^{6,9,15} Assim, as equações de predição das variáveis espirométricas descritas neste estudo foram geradas considerando a estatura a única variável independente. Essa escolha de uma única variável preditora teve como base os seguintes fatores: a variação estatisticamente não significativa nos coeficientes de determinação com acréscimos das outras possíveis variáveis independentes (ou seja, idade, peso e sexo), a facilidade de uso das equações com variáveis predictoras únicas na prática clínica e o uso anterior da estatura como única variável independente por diversos autores para derivar equações de predição para parâmetros espirométricos em crianças em idade pré-escolar.^{6,8,11,13,15} Além disso, os valores do coeficiente de determinação (r^2) encontrados neste estudo (tabela 1) são semelhantes aos descritos

anteriormente,^{9,12,15} incluindo aqueles de um estudo com crianças em idade pré-escolar do Nordeste do Brasil.¹⁹ Em geral, os valores de r^2 relatados na literatura para CVF variam de 0,76 a 0,53, os para $VEF_{0,5}$, de 0,73 a 0,42, os para VEF_1 , de 0,78 a 0,55, os para PEF, de 0,78 a 0,38 e os para FEF_{25-75} , de 0,37 a 0,17.^{9,12,15,19}

Os gráficos das variáveis espirométricas de acordo com a estatura em que os escores-Z foram marcados refletem as correlações diretas entre as variáveis espirométricas e o aumento na estatura. Portanto, com um aumento progressivo na estatura, as variáveis avaliadas neste estudo apresentaram ampla variabilidade. Os gráficos de estudos anteriores têm aparência semelhante aos deste estudo.^{16,17}

Em contrapartida com o estudo com crianças nordestinas,¹⁹ em que foram encontradas diferenças significativas entre meninos e meninas, este estudo não encontrou diferenças significativas nas variáveis espirométricas entre crianças do sexo masculino e feminino e essa falta de diferenças também foi observada em estudos semelhantes.^{6,15} Os possíveis motivos desse resultado incluem a falta de diferenças hormonais e nutricionais entre meninos e meninas em idade pré-escolar e o tamanho pequeno da amostra.

Adicionalmente, foram observadas fortes concordâncias (ou seja, escores-Z próximos de zero) nas comparações dos valores espirométricos gerados em nossas equações de predição e dos valores recentemente relatados por Quanjer et al. com base em 97.759 registros de não fumantes saudáveis de 2,5-95 anos em todo o mundo.¹⁸ Por exemplo, os escores-Z médios para CVF, VEF_1 , índice VEF_1/CVF e FEF_{25-75} obtidos em nosso estudo foram -0,8, -0,00, +0,1 e +0,05, respectivamente; ou seja, todos os parâmetros ficaram dentro da faixa aceitável de escores-Z de +ou - 0,5. Em outras palavras, esses valores foram inferiores a cerca de 1% a 2% dos valores preditivos relatados por Quanjer et al.,¹⁸ clinicamente irrelevantes. Contudo, as equações de predição propostas neste estudo parecem ser mais aplicáveis a populações semelhantes à deste estudo, simplesmente porque essas equações foram geradas a partir dessa população.

Em comparação com os valores de referência descritos por Rosenthal et al.⁴ e Burity et al.,¹⁹ que representaram crianças com estatura de 110 cm, nossos valores preditivos estão próximos daqueles anteriormente relatados, ou seja, CVF de 1,20 L, 1,10 L e 1,18 L, respectivamente, VEF_1 de 1,10 L, 1,05 L e 1,10 L, respectivamente, e VEF_1/CVF de 0,90, 0,95 e 0,93, respectivamente.

Uma das limitações deste estudo foi a não inclusão de crianças de três anos, embora seja considerado que a faixa etária pré-escolar começa nessa idade. Contudo, o acesso a essas crianças teria sido restrito devido ao pequeno número de escolas, principalmente públicas, em Sete Lagoas para menores de quatro anos. Outra limitação é o tamanho da amostra relativamente pequeno deste estudo.

Em resumo, as equações de predição para variáveis espirométricas foram geradas para crianças brasileiras de quatro a seis anos que residem no Estado de Minas Gerais. Esses resultados poderão ter importância para a área de saúde respiratória pediátrica, pois esses valores podem ser usados para aprimorar o diagnóstico e a gestão clínica de crianças com suspeita ou confirmação de doenças respiratórias. Os testes da função pulmonar são importantes para elucidar

hipóteses diagnósticas e melhorar a gestão clínica. Refletindo a importância de seu uso, esses testes são cada vez mais usados entre a população em idade pré-escolar. Os resultados deste estudo poderão ajudar a ampliar o uso da espirometria entre crianças em idade pré-escolar, pois corroboram os achados de estudos anteriores que relataram altas taxas de sucesso na feitura de manobras espirométricas por crianças em idade pré-escolar e um aumento na taxa de sucesso com a idade.^{3,6,7,9,10,15,22}

Considerando as características continentais do Brasil, devem ser incentivados mais estudos sobre o assunto em todas as cinco regiões do país, que devem visar à obtenção de dados da função pulmonar de uma população mais representativa de crianças brasileiras.

Financiamento

Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais; CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), Bolsa n° 309494/2013-3 (para VFP) e 303396/2012-1 (para PAMC); e Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), Bolsa n° PPM-00065-14 (para PAMC) e PPM-00287-15 (para VFP).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

A Maria Ângela Gonçalves de Oliveira Ribeiro e a Eliane Viana Mancuzo por revisarem uma versão preliminar do manuscrito e por informações inestimáveis.

Referências

1. 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.
2. Beydon N. Pulmonary function testing in young children. *Paediatr Respir Rev.* 2009;10:208-13.
3. Veras TN, Pinto LA. Feasibility of spirometry in preschool children. *J Bras Pneumol.* 2011;37:69-74.
4. Rosenthal M, Bain SH, Cramer D, Helms P, Denison D, Bush A, et al. Lung function in white children aged 4-19 years: I - Spirometry. *Thorax.* 1993;48:794-802.
5. Kanengiser S, Dozor AJ. Forced expiratory maneuvers in children aged 3-5 years. *Pediatr Pulmonol.* 1994;18:144-9.
6. Eigen H, Bieler H, Grant D, Christoph K, Terrill D, Heilman DK, et al. Spirometric pulmonary function in healthy preschool children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163:619-23.
7. Marostica PJ, Weist AD, Eigen H, Angelicchio C, Christoph K, Savage J, et al. Spirometry in 3- to 6-year-old children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:67-71.
8. Vilozni D, Barak A, Efrati O, Augarten A, Springer C, Yahav Y, et al. The role of computer games in measuring spirometry in healthy and asthmatic preschool children. *Chest.* 2005;128:1146-55.
9. Nystad W, Samuelsen SO, Nafstad P, Edvardsen E, Stensrud T, Jaakkola JJ. Feasibility of measuring lung function in preschool children. *Thorax.* 2002;57:1021-7.

10. Aurora P, Stocks J, Oliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparasidis G, et al. Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004;169:1152–9.
11. 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.
12. Piccioni P, Borraccino A, Forneris MP, Migliore E, Carena C, Bignamini E, et al. Reference values of forced expiratory volumes and pulmonary flows in 3-6 year children: a cross-sectional study. *Respir Res.* 2007;8:14.
13. Zapletal A, Chalupová J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). *Pediatr Pulmonol.* 2003;35:200–7.
14. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:518–624.
15. Jeng MJ, Chang HL, Tsai MC, Tsao PC, Yang CF, Lee YS, et al. Spirometric pulmonary function parameters of healthy Chinese children aged 3-6 years in Taiwan. *Pediatr Pulmonol.* 2009;44:676–82.
16. Stanojevic S, Wade A, Cole TJ, Lum S, Custovic A, Silverman M, et al. Spirometry centile charts for young Caucasian children: the Asthma UK Collaborative Initiative. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009;180:547–52.
17. Quanjer PH, Stanojevic S, Stocks J, Hall GL, Prasad KV, Cole TJ, et al. Changes in the FEV₁/FVC ratio during childhood and adolescence: an intercontinental study. *Eur Respir J.* 2010;36:1391–9.
18. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J.* 2012;40:1324–43.
19. Burity EF, Pereira CA, Rizzo JA, Brito MC, Sarinho ES. Reference values for spirometry in preschool children. *J Pediatr (Rio J).* 2013;89:374–80.
20. Burity EF, Pereira CA, Rizzo JÂ, Sarinho ES, Jones MH. Early termination of exhalation: effect on spirometric parameters in healthy preschool children. *J Bras Pneumol.* 2011;37:464–70.
21. World Health Organization (WHO). Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. Geneva: WHO; 2006.
22. Gaffin JM, Shotola NL, Martin TR, Phipatanakul W. Clinically useful spirometry in preschool-aged children: evaluation of the 2007 American Thoracic Society Guidelines. *J Asthma.* 2010;47:762–7.