

OSCILOMETRIA DE IMPULSO E ESPIROMETRIA EM ESCOLARES SUBMETIDOS AO TESTE DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS

Impulse oscillometry and spirometry in schoolers submitted to the six-minute walk test

Maíra Seabra de Assumpção^a, José Dirceu Ribeiro^a, Renata Maba Gonçalves Wamosy^b, Paloma Lopes Francisco Parazzi^a, Camila Isabel Santos Schivinski^{b,*}

RESUMO

Objetivo: Verificar as repercussões do teste de esforço submáximo na mecânica respiratória e na função pulmonar de escolares.

Métodos: Estudo transversal com escolares de 7 a 14 anos submetidos à avaliação da mecânica respiratória por sistema de oscilometria de impulso (IOS) e da função pulmonar pela espirometria. Realizou-se também o teste de caminhada de seis minutos (TC6), todos segundo os padrões da Sociedade Torácica Americana. O TC6 foi executado duas vezes com intervalo de 30 minutos entre cada teste. O IOS e a espirometria foram feitos antes do primeiro TC6 (pré-TC6) e repetidos imediatamente após o primeiro TC6 (pós-TC6₁) e após o segundo TC6 (pós-TC6₂). A comparação dos resultados nos três tempos do estudo se deu por análise de variância para medidas repetidas (teste *post-hoc* de Bonferroni) ou teste de Friedman, sendo significativa $p \leq 0,05$.

Resultados: Participaram 21 sujeitos; 53% masculinos e idade média de $10,9 \pm 2,3$ anos. Encontraram-se diferenças entre resistência total (R5) e resistência central das vias aéreas (R20) nos 3 tempos do estudo ($p=0,025$ e $p=0,041$, respectivamente). A análise *post-hoc* indicou aumento de resistência R5 entre pré-TC6 e pós-TC6₁ ($R5=0,540 \pm 0,100$ versus $0,590 \pm 0,150$ kPa/L/s, $p=0,013$; e $R20=0,440 \pm 0,800$ versus $0,470 \pm 0,100$ kPa/L/s, $p=0,038$). A única variável espirométrica com alteração no decorrer do tempo foi o fluxo expiratório forçado 25–75% ($FEF_{25-75\%}$) ($p=0,003$).

Conclusões: As repercussões encontradas foram: aumento da resistência total e da resistência central das vias aéreas e redução do $FEF_{25-75\%}$ após o TC6 em escolares, sugerindo a necessidade de mais atenção na realização de testes submáximos em crianças com alguma predisposição a alterações das vias aéreas.

Palavras-chave: Criança; Oscilometria; Teste de função respiratória; Teste de esforço.

ABSTRACT

Objective: To verify repercussions of submaximal exercise testing on respiratory mechanics and pulmonary function in schoolchildren.

Methods: Cross-sectional study, with children aged 7 to 14 years, who had their respiratory mechanics assessed by impulse oscillometry (IOS), and pulmonary function by spirometry. They performed the six-minute walk test (6MWT), as per the standards by the American Thoracic Society. The 6MWT was performed twice with a 30-minute interval. IOS and spirometry were performed before the first 6MWT (Pre-6MWT) and immediately after the first (Post-6MWT₁) and second walking tests (Post-6MWT₂). The results in these three phases were compared by analysis of variance for repeated measures (post-hoc Bonferroni test) or by the Friedman's test, with $p \leq 0.05$ considered significant.

Results: Twenty-one subjects participated in the study: 53% were males and mean age was 10.9 ± 2.3 years. There were differences between total resistance (R5) and central airway resistance (R20) at the three phases of assessment ($p=0.025$ and $p=0.041$, respectively). Post-hoc analysis indicated increase in R5 when Pre-6MWT and Post-6MWT₁ were compared ($R5=0.540 \pm 0.100$ versus 0.590 ± 0.150 kPa/L/s, $p=0.013$; and $R20=0.440 \pm 0.800$ versus 0.470 ± 0.100 kPa/L/s, $p=0.038$). Forced expiratory flow 25–75% ($FEF_{25-75\%}$) changed over time ($p=0.003$).

Conclusions: Repercussions were: increase in central and total airway resistance and reduction of $FEF_{25-75\%}$ after 6MWT in schoolchildren, suggesting that greater attention should be given to submaximal tests in children with predisposition to airways alterations.

Keywords: Child; Oscillometry; Respiratory function tests; Effort test.

*Autor correspondente. E-mail: cacaiss@yahoo.com.br (C.I.S. Schivinski).

^aUniversidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

^bUniversidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Recebido em 04 de abril de 2017; aprovado em 08 de outubro de 2017; disponível on-line em 23 de outubro de 2018.

INTRODUÇÃO

Entre os principais testes de avaliação da capacidade funcional utilizados em pediatria, encontra-se o teste de caminhada de seis minutos (TC6), considerado de baixo custo, fácil aplicação, confiável e reprodutível.¹ Trata-se de um teste submáximo capaz de refletir a limitação dos indivíduos com doenças respiratórias crônicas.^{2,3} É comumente utilizado na avaliação de crianças^{1,4} com a finalidade de estabelecer valores/equações de referência^{5,6} e investigações de doenças respiratórias, neuromusculares e esqueléticas.⁷ Bem estabelecido na literatura, segue as diretrizes e recomendações da Sociedade Torácica Americana (*American Thoracic Society* — ATS) e da Sociedade Respiratória Europeia (*European Respiratory Society* — ERS).^{8,9}

Apesar de ser um teste de exercício e da literatura relatar possíveis mudanças no calibre das vias aéreas como importante determinante no fluxo de ar e no trabalho respiratório durante atividades físicas,^{10,11} pouco se sabe sobre a relação dinâmica da resistência das vias aéreas com sua execução. Segundo a ATS,¹² o broncoespasmo induzido pelo exercício descreve o estreitamento agudo das vias aéreas como resposta ao exercício, até mesmo em pacientes sem diagnóstico de asma. As pesquisas nessa linha têm se concentrado na análise da relação entre o estreitamento brônquico, a função pulmonar e os parâmetros cardiorrespiratórios e fisiológicos em indivíduos com asma.^{10,11}

Na asma e em outras enfermidades respiratórias, a espirometria tem sido indicada rotineiramente para monitorização da doença e controle de intervenções. É um exame conduzido com diretrizes bem determinadas e tido como padrão ouro para identificar a presença de obstrução e restrição das vias aéreas nas enfermidades pulmonares.¹³ Diante da dificuldade de sua execução na faixa etária pediátrica, o sistema de oscilometria de impulso (IOS) configura-se em ferramenta importante na análise dos parâmetros da mecânica pulmonar. Apresenta execução menos complexa,¹⁴ sendo um complemento aos resultados espirométricos.¹⁵ O IOS avalia parâmetros de impedância (Z), resistência (R) e reatância (X5) em múltiplas frequências, de 5 a 35 Hertz, com base em respirações a volume corrente. Considerado um exame prático, por ser de rápida execução e não exigir dos indivíduos avaliados esforço expiratório, permite identificar alterações obstrutivas no sistema respiratório.^{16,17}

Na literatura, já são investigadas relações das doenças respiratórias, como asma e fibrose cística, com os parâmetros oscilométricos e espirométricos, contudo, a avaliação conjunta a testes funcionais ainda não foi feita. Indivíduos com doenças respiratórias são rotineiramente avaliados quanto à sua capacidade funcional, no entanto, possíveis alterações provocadas após a realização de testes de exercício não são monitoradas. As duas vertentes de avaliação, tanto da capacidade funcional,

utilizando-se testes de exercício como TC6, como da integridade respiratória, por meio do IOS e da espirometria, fazem parte do manejo de doenças crônicas. O conhecimento de algumas relações entre elas nas crianças saudáveis favorece a compreensão dos mecanismos e respostas cardiorrespiratórias normais, viabilizando comparações e o controle das crianças doentes. Nessa linha, avaliar a repercussão de um teste submáximo de exercício como o TC6 nas vias aéreas de crianças e adolescentes saudáveis parece ser relevante.

O TC6 tem sido indicado na população adulta e pediátrica para avaliação da capacidade funcional, análise de propostas epidemiológicas para pesquisas, monitorização da eficácia de intervenções, especialmente como parâmetro de respostas a programas de reabilitação pulmonar e seguimentos de protocolos fisioterapêuticos.^{18,19} Sua repercussão em parâmetros de métodos de avaliação não invasivos, de fácil realização, seguros e validados na população pediátrica, como o IOS e a espirometria, ainda é pouco investigada. Assim, até o presente momento, não foram encontrados estudos que avaliem a repercussão de um teste de esforço submáximo em variáveis do IOS e da espirometria em crianças e adolescentes. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi verificar o comportamento da mecânica respiratória e da função pulmonar em escolares submetidos ao TC6.

MÉTODO

Trata-se de um estudo de corte transversal com escolares, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), sob número 99/2011, desenvolvido em Florianópolis (Santa Catarina, Brasil). A coleta de dados foi realizada em instituições públicas e particulares do ensino fundamental e médio da Grande Florianópolis no período de outubro de 2012 a dezembro de 2014. Os responsáveis foram informados sobre o estudo e, diante da concordância na participação, assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido e responderam a um questionário (*International Study of Asthma and Allergies in Childhood 20* – ISAAC), módulo asma e módulo rinite, validado para a língua portuguesa.^{20,21}

A amostra da corrente pesquisa foi recrutada por meio da seleção dos participantes do estudo para determinar as equações de referência para o IOS em crianças e adolescentes brasileiros saudáveis.²² A pesquisa incluiu escolares de ambos os sexos, com idades entre 6 e 14 anos, sem história de prematuridade nem exposição passiva ao tabagismo, sem infecção respiratória até duas semanas antes das avaliações e sem comprometimento respiratório como asma e rinite alérgica, segundo a nota de corte do questionário (ISAAC):

- módulo de asma: ≥ 5 pontos para crianças de 6 a 9 anos; ≥ 6 pontos para crianças de 10 a 14 anos)^{20,23};
- módulo rinite alérgica: ≥ 4 pontos para crianças de 6 a 9 anos; ≥ 3 pontos para crianças de 10 a 14 anos).^{20,21}

Excluíram-se as crianças que não conseguiram realizar todas as etapas da avaliação adequadamente.

O peso dos escolares foi verificado por meio de uma balança digital de vidro Ultra Slim W903 Wiso® (Santa Catarina, Brasil), e a altura, com o estadiômetro portátil Sanny® (São Paulo, Brasil). Classificou-se o índice de massa corporal (IMC) de acordo com as curvas de percentis da Organização Mundial da Saúde (OMS) (<http://www.telessaudebrasil.org.br/apps/calculadoras/page=7>).²⁴

Todos os participantes foram submetidos a manobras expiratórias forçadas da espirometria pelo Jaeger™ MasterScreen™ IOS (Erich Jaeger, Alemanha) (módulo espirometria), conforme as recomendações da ATS/ERS.¹³ Para que não houvesse um excessivo número de manobras que pudesse interferir na interpretação dos resultados, no decorrer das etapas do estudo, cada participante realizou três ou quatro manobras expiratórias forçadas, respeitando-se os critérios de três manobras aceitáveis e duas reprodutíveis.

A análise da mecânica respiratória foi realizada com o sistema de IOS Jaeger™ MasterScreen™ IOS (Erich Jaeger, Alemanha) (módulo oscilometria de impulso) acoplado ao mesmo equipamento, de acordo com as normas da ATS/ERS.^{25,26} As crianças foram orientadas a realizar respirações espontâneas em volume corrente, com a boca acoplada em um bocal. Adotou-se um tempo de gravação para aquisição de dados entre 20 e 30 segundos, com 3 medidas para cada um. Considerou-se a melhor medida entre as 3, respeitando-se critérios de aceitabilidade das manobras e diferença mínima de 10% entre os parâmetros das 3 medições. Foram levados em conta os parâmetros de: resistência respiratória total (R5) e central (R20); reatância respiratória (X5), impedância respiratória (Z5), frequência de ressonância (Fres) e área de reatância (AX).

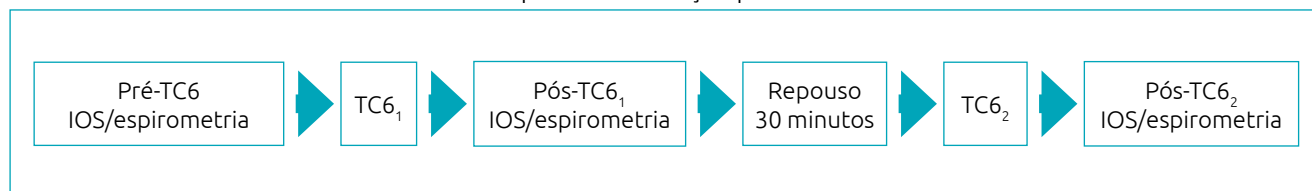
A avaliação da capacidade funcional foi realizada por intermédio do TC6, conduzido segundo as recomendações da ATS⁸ em um corredor plano e coberto de 30 metros. Utilizaram-se como materiais: cronômetro digital Polar Fs2c BLK® (Kempele, Finlândia) para marcar o tempo, oxímetro digital Nonin Onyx 9500® (Minnesota, Estados Unidos) para mensurar a frequência cardíaca (fc) e a saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e esfigmomanômetro Prestige Medical® (Califórnia, Estados Unidos) para aferir a pressão arterial (PA). A avaliação da sensação da dispneia foi realizada mediante a escala modificada de Borg. Foram considerados como valores esperados para a distância percorrida os propostos pela equação de Priesnitz et al.¹⁸ para crianças brasileiras.

As análises dos parâmetros do IOS e da espirometria foram performadas nas condições de repouso, ou seja, antes do primeiro TC6 (pré-TC6), imediatamente após o primeiro TC6 (pós-TC6₁) e após o segundo TC6 (pós-TC6₂), conforme a Figura 1. Além da higidez para a corrente investigação, exigiu-se que a amostra final fosse composta das crianças e dos adolescentes que não tivessem ultrapassado o número total de 12 manobras expiratórias forçadas na espirometria, considerando as três etapas de avaliação (pré-TC6, pós-TC6₁ e pós-TC6₂).

Para o cálculo do tamanho amostral, pensou-se em um estudo piloto do qual participaram crianças saudáveis de 7 a 14 anos. Em razão da sua representatividade na carga mecânica total do sistema respiratório, a variável selecionada para verificar alterações de forma mais específica foi a impedância respiratória. Os participantes apresentaram a média no pré-TC6₁ de 0,5 kPa/L/s e desvio padrão de 0,11 kPa/L/s e no pós-TC6₂, de 0,6 kPa/L/s, com desvio padrão de 0,15 kPa/L/s, sendo a diferença detectada de 0,1 kPa/L/s. O nível de significância foi fixado em 5%, com poder de teste de 80%. Com essas estimativas, a amostra necessária para o estudo era de 19 indivíduos.

Realizou-se a análise dos dados por meio do software *Statistical Package for the Social Sciences*® (SPSS) 20.0 (IBM, Nova York, Estados Unidos). Inicialmente, verificou-se a distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e, na sequência, aplicou-se o teste ANOVA (*post-hoc* Bonferroni) para medidas

Figura 1 Fluxograma da sequência dos procedimentos realizados para avaliação das repercussões do teste de caminhada de seis minutos na mecânica respiratória e função pulmonar de escolares saudáveis.



TC6: teste de caminhada de seis minutos; IOS: sistema de oscilometria de impulso; pré-TC6₁: pré-teste de caminhada de seis minutos; pós-TC6₁: após o primeiro teste de caminhada de seis minutos; pós-TC6₂: após o segundo teste de caminhada de seis minutos; TC6₁: primeiro teste de caminhada de seis minutos; TC6₂: segundo teste de caminhada de seis minutos.

repetidas ou teste de Friedman para comparação dos resultados nos três tempos do estudo. O nível de significância adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

Do total de 864 crianças e adolescentes avaliados no estudo de Assumpção et al.²², do qual participaram 123 indivíduos, 21 escolares (10 meninos) conseguiram realizar as manobras espirométricas conforme os critérios de inclusão preestabelecidos e constituíram a amostra final examinada.

A idade dos estudantes variou de 7 a 14 anos, com média de 10,9 anos. Não houve exclusões durante a realização dos testes (intercorrências e/ou desistências), e todos os escolares atenderam aos critérios determinados para a realização do presente estudo.

Dados descritivos referentes a peso, altura, IMC e distância percorrida no TC6 estão apresentados na Tabela 1. De acordo

Tabela 1 Média e desvio padrão das variáveis antropométricas.

Variáveis antropométricas	Média±desvio padrão	Mediana (mínimo–máximo)
Peso (kg)	41,1±10,8	42,9 (23,9–59,0)
Altura (cm)	147,9±12,3	147,2 (126,8–167,0)
IMC (kg/m ²)	18,4±2,8	18,5 (13,2–25,3)

Cm: centímetros; kg: quilograma; IMC: índice de massa corpórea; kg/m²: quilograma por metro ao quadrado.

com a classificação da OMS, a amostra foi constituída de 21 crianças, sendo 14 classificadas como eutróficas (peso adequado) e sete crianças classificadas como não eutróficas (quatro com sobrepeso e três obesas). Não houve diferença entre parâmetros basais cardiorrespiratórios das variáveis espirométricas e parâmetros oscilométricos no estudo.

Somente nove crianças apresentaram desempenho acima do esperado, conforme os valores de referência para crianças brasileiras. A descrição dos parâmetros cardiorrespiratórios do primeiro e do segundo TC6 encontra-se na Tabela 2.

Após os dois testes, observou-se diferença entre os parâmetros de resistência total das vias aéreas (R5) e resistência das vias aéreas centrais (R20) ($p=0,041$ e $p=0,025$, respectivamente) (Tabela 3). Pela análise *post-hoc*, identificou-se aumento significativo de R5 imediatamente após o primeiro TC6 (R5: $0,540 \pm 0,110$ versus $0,590 \pm 0,150$ kPa/L/s; $p=0,013$), assim como de R20 ($0,440 \pm 0,800$ versus $0,470 \pm 0,100$ kPa/L/s; $p=0,038$). O aumento de R20 também foi significativo ao se comparar o pré-TC6 e o pós-TC6₂ ($0,440 \pm 0,800$ versus $0,470 \pm 0,110$ kPa/L/s; $p=0,034$).

A única variável espirométrica que apresentou mudança significativa após os testes foi o fluxo expiratório forçado entre 25–75% (FEF_{25-75%}) ($p=0,003$), identificado pelo teste de Friedman. Para detalhar o momento em que essa alteração ocorreu, utilizou-se a análise múltipla. Observou-se que esse parâmetro diminuiu entre os momentos pré e pós-TC6₁ ($85,900 \pm 19,900\%$ versus $80,800 \pm 20,200\%$; $p=0,010$), assim como nos momentos pré e pós-TC6₂. O FEF_{25-75%} (escore Z) também apontou alteração

Tabela 2 Descrição dos parâmetros cardiorrespiratórios do primeiro e do segundo teste de caminhada de seis minutos.

Parâmetros avaliados	TC6 ₁		TC6 ₂	
	Basal	Final	Basal	Final
PA (mmHg)	99/59	106/64	101/61	107/63
FC (bpm)	81,1±13,5 81 (55–105)	128,5±22,7 131 (97–166)	84,4±14,1 86 (62–108)	125,3±22,5 126 (81–162)
SpO ₂ (%)	98,8±0,3 99 (98–99)	98,6±0,7 99 (96–99)	98,8±0,5 99 (97–99)	98,6±0,6 99 (97–99)
FR (rpm)	19,3±2,8 20 (15–24)	25,5±4,4 24 (19–36)	18,7±2,8 20 (14–24)	26,4±4,6 24 (18–36)
Borg	0 0	0,4±0,7 0 (0–3)	0 0	0,4±0,9 0 (0–4)
DP (m)	583,3±100,5 600,4 (545,2–659,4)		605,1±92,6 594,7 (439,6–779,6)	
Vel (m/s)	1,6±0,2 1,6 (0,9–2,0)		1,6±0,2 1,6 (1,2–2,1)	

TC6: teste de caminhada de seis minutos; TC6₁: primeiro teste de caminhada de seis minutos; TC6₂: segundo teste de caminhada de seis minutos; PA (mmHg): pressão arterial, em milímetros de mercúrio; FC (bpm): frequência cardíaca, em batimentos por minuto; SpO₂(%): saturação periférica de oxigênio, em porcentagem; FR (rpm): frequência respiratória, em respiração por minuto; DP (m) distância percorrida, em metros; Vel (m/s): velocidade, em metros por segundo.

Valores expressos em média e desvio padrão; mínimo e máximo.

quando comparados o pré-TC6 e o pós-TC6₂ ($p=0,001$). No presente estudo, somente quatro crianças apresentaram valores de FEF_{25-75%} basal abaixo do valor de 70% (Tabela 4).

DISCUSSÃO

A verificação do comportamento da mecânica respiratória e da função pulmonar em escolares submetidos a testes submáximos de esforço permite a compreensão das alterações no sistema respiratório. Particularmente, o presente estudo demonstrou que o TC6 foi capaz de alterar a variável espirométrica de FEF_{25-75%}. Considerada uma medida importante dos fluxos respiratórios, permite a avaliação da permeabilidade das vias aéreas, uma vez que representa a velocidade da saída do ar exclusivamente dos brônquios.²⁷ Observou-se que esse parâmetro diminuiu tanto após o primeiro teste quanto o segundo, demonstrando o esforço realizado depois de um exercício submáximo, acompanhado do aumento das resistências respiratórias total (R5) e central (R20).

Nesse sentido, este estudo, que analisou a função pulmonar pela espirometria antes e depois do TC6, demonstrou que o teste não provoca diminuição dos volumes nem das capacidades pulmonares, o que afirma a segurança da sua aplicabilidade na amostra do presente trabalho, no entanto, observou-se diminuição significativa da variável espirométrica FEF_{25-75%}. Essa variável representa o fluxo expiratório forçado médio de um segmento obtido durante a manobra de capacidade vital forçada (CVF), que inclui o fluxo de vias aéreas de médio e pequeno calibres, sendo considerada parâmetro sensível para detectar a obstrução

de pequenas vias aéreas.^{28,29} Essa resposta após o TC6 pode ser análoga a um efeito broncoconstritor de pequenas vias aéreas depois do exercício.²⁹ Fonseca et al.³⁰ discutem esse mesmo efeito em estudo que analisou a espirometria após broncoprovocação com exercício em crianças asmáticas com gravidade variável. Os autores verificaram que esse biomarcador pode estar reduzido em resposta ao exercício, principalmente em crianças com asma leve, e preconizaram seu uso, bem como do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), como critério de resposta broncoconstritora ao exercício.²⁹

A presente pesquisa também analisou a resposta do IOS ao TC6 e identificou aumento significativo de R5 após o teste ($p=0,028$). O IOS tem sido utilizado como ferramenta para análise de efeito de procedimentos e terapêuticas. Nessa linha, Lee et al.,³¹ ao avaliarem as características da obstrução das vias aéreas em 47 jovens asmáticos (média de 20,7 anos) após um teste de provocação brônquica com metacolina em esteira, observaram que R5 aumentou no grupo que apresentou hiperresponsividade das vias aéreas aos 5 e 10 minutos após o término do teste. Os autores concluíram que o IOS pode ser útil para a realização de avaliações objetivas e para a melhoria da compreensão de obstrução de vias aéreas induzida por exercício em jovens asmáticos. Esse achado valorizou o IOS como um instrumento útil para o diagnóstico precoce da asma. Na corrente pesquisa, o aumento de R5 após o TC6 também pode ser justificado pela instabilidade de pequenas vias aéreas durante o esforço físico, apesar de se tratar de estímulo relativamente rápido e que envolve esforço submáximo.

Tabela 3 Análises dos parâmetros oscilométricos pré-TC6, pós-TC6₁ e pós-TC6₂.

Parâmetros oscilométricos	Pré-TC6 Média±DP Mediana (mín-máx)	Pós-TC6 ₁ Média±DP Mediana (mín-máx)	Pós-TC6 ₂ Média±DP Mediana (mín-máx)	p-valor
R5 (Kpa/L/s)	0,54±0,11 ^I 0,58 (0,35-0,88)	0,59±0,15 ^I 0,62 (0,03-1,24)	0,57±0,15 0,59 (0,31-1,15)	0,025*
R20 (Kpa/L/s)	0,44±0,08 ^{II} 0,45 (0,30-0,65)	0,47±0,10 ^I 0,48 (0,31-0,75)	0,47±0,11 ^{II} 0,48 (0,26-0,78)	0,041*
X5 (Kpa/L/s)	-0,14±0,05 -0,15 (-0,27-0,06)	-0,14±0,06 -0,43 (-0,31-0,05)	-0,14±0,05 -0,14 (-0,31-0,05)	0,830
Z5 (Kpa/L/s)	0,56±0,11 0,59 (0,35-0,93)	0,61±0,15 0,64 (0,34-1,29)	0,59±0,16 0,62 (0,31-1,19)	0,051
Fres (Hz)	16,39±4,44 16,87 (9,26-25,62)	17,10±4,87 17,66 (9,24-30,17)	16,89±5,36 17,18 (9,40-30,80)	0,854
Ax (Kpa/L/s)	0,80±0,40 0,77 (0,14-2,62)	0,89±0,58 0,87 (0,12-5,64)	0,88±0,66 0,78 (0,15-4,18)	0,810

TC6: teste de caminhada de seis minutos; TC6₁: primeiro teste de caminhada de seis minutos; TC6₂: segundo teste de caminhada de seis minutos; DP: desvio padrão; mín: mínimo; máx: máximo; *significância do teste ANOVA (*post-hoc* Bonferroni) para medidas repetidas ($p\leq 0,05$); ^Isignificância entre pré-TC6 e pós-TC6₁; ^{II}significância entre pré-TC6 e pós-TC6₂; R5: resistência total; R20: resistência central; X5: reatância a 5 Hz; Z5: impedância respiratória a 5 Hz; Fres: frequência de ressonância; Hz: Hertz; AX: área de reatância; Kpa/L/s: unidade de medida em Kilopascal por litro por segundo; Kpa/L: Kilopascal por litro.

Além da asma, na fibrose cística o IOS tem sido considerado um método relevante. Vendrusculo et al.³² evidenciaram relação entre força muscular respiratória e mecânica pulmonar nessa população, e Díez et al.³³ constataram correlações entre VEF₁ e alguns parâmetros oscilométricos (Z, R5, X5). Moreau et al.³⁴ já haviam identificado relação inversa entre os valores de R5, Z e Fres e os parâmetros espirométricos como o VEF₁ em 15 crianças com fibrose cística entre 4 e 19 anos.

De maneira complementar, o IOS e a espirometria foram recentemente utilizados para avaliar a função pulmonar de 2.621 crianças e adolescentes suecos em idade escolar (149

pré-termo e 2.472 a termo). Os autores observaram que na idade de 8 anos o VEF₁ foi menor em indivíduos do sexo feminino pré-termo, em comparação a meninas a termo, mas não em indivíduos do sexo masculino nascidos prematuros. Para o grupo pré-termo, o IOS demonstrou maior resistência ajustada a 5 Hz para indivíduos do sexo masculino em comparação com o mesmo grupo a termo.³⁵

Estudos usando os dois instrumentos e relacionando-os a testes de exercício, como na presente investigação, são escassos, assim como a avaliação de populações saudáveis. O IOS tem sido empregado como ferramenta para identificação e

Tabela 4 Análises dos parâmetros espirométricos pré-TC6, pós-TC6₁ e pós-TC6₂.

Variáveis espirométricas	Pré-TC6 Média±dp Mediana (mín-máx)	Pós-TC6 ₁ Média±dp Mediana (mín-máx)	Pós-TC6 ₂ Média±dp Mediana (mín-máx)	p-valor
CVF (L)	2,6±0,6 2,5 (1,7-4,0)	2,6±0,7 2,5 (1,6-4,1)	2,60±0,6 2,6 (1,8-4,0)	0,611
CVF %	97,6±6,6 97,5 (87,5-114,0)	97,4±7,4 98,2 (86,4-116,6)	96,6±8,7 95,7 (78,9-114,5)	0,551
CVF (escore Z)	-0,1±0,6 -0,3 (-1,1-1,6)	-0,2±0,6 -0,3 (-1,2-1,8)	-0,2±0,7 -0,3 (-1,7-1,7)	0,764
VEF ₁ (L)	2,2±0,5 2,1 (1,5-3,5)	2,2±0,5 2,2 (1,5-3,3)	2,2±0,4 2,1 (1,5-3,0)	0,058
VEF ₁ %	90,4±5,4 89,6 (80,4-100,2)	88,8±5,7 87,8 (78,4-100,7)	87,4±6,1 86,8 (78,2-101,8)	0,053
VEF ₁ (escore Z)	-0,3±0,5 -0,3 (-1,0-0,6)	-0,3±0,9 -0,6 (-1,2-3,0)	-0,5±0,6 -0,6 (-1,5-0,8)	0,200
PFE (L/s)	4,9±1,2 4,3 (2,9-7,5)	4,8±1,1 4,6 (2,6-7,4)	4,8±1,1 4,6 (2,4-7,5)	0,438
PFE %	85,3±11,9 81,7 (64,2-108,9)	82,6±10,8 81,6 (58,0-110,8)	83,6±11,2 82,1 (53,6-111,4)	0,105
PFE (escore Z)	4,7±0,7 4,8 (3,4-6,3)	4,5±0,6 4,4 (3,4-6,3)	4,6±0,7 4,5 (3,0-6,4)	0,170
FEF _{25-75%} (L)	2,6±0,7 2,4 (1,3-4,7)	2,5±0,8 2,3 (1,2-4,3)	2,4±0,8 2,2 (1,4-4,8)	0,608
FEF _{25-75%} %	85,9±19,9 ^{II} 80,8 (55,5-136,7)	80,8±20,2 ^I 74,5 (52,0-125,2)	77,9±19,4 ^{II} 72,2 (44,0-120,3)	0,003*
FEF _{25-75%} (escore Z)	-0,3±0,8 ^{II} -0,6 (-1,8-1,6)	-0,4±1,2 -0,9 (-2,2-3,3)	-0,6±1,2 ^{II} -1,1 (-2,9-2,2)	0,001*
VEF ₁ /CVF	0,8±0,0 0,8 (0,7-0,9)	0,8±0,0 0,8 (0,7-0,9)	0,8±0,0 0,8 (0,7-0,9)	0,189
VEF ₁ /CVF (escore Z)	-0,2±0,9 -0,3 (-2,0-1,7)	-0,2±1,0 -0,1 (-2,3-2,3)	-0,4±0,8 -0,5 (-2,1-1,3)	0,079

TC6: teste de caminhada de seis minutos; TC6₁: primeiro teste de caminhada de seis minutos; TC6₂: segundo teste de caminhada de seis minutos; DP: desvio padrão; mín: mínimo; máx: máximo; *significância do teste de Friedman (p≤0,05); ^Isignificância entre pré-TC6 e pós-TC6₁; ^{II}significância entre pré-TC6 e pós-TC6₂; CVF (L): capacidade vital forçada em litros; CVF %: capacidade vital forçada em porcentagem; VEF₁ (L): volume expiratório forçado no primeiro segundo em litros; VEF₁ %: volume expiratório forçado no primeiro segundo em porcentagem; PFE (L/s): pico de fluxo expiratório forçado em litros por segundo; PFE %: pico de fluxo expiratório forçado em porcentagem; FEF_{25-75%} (L): fluxo expiratório forçado entre 25-75% da CVF em litros; FEF_{25-75%} %: fluxo expiratório forçado entre 25-75% da CVF em porcentagem; relação VEF₁/CVF: índice de Tiffeneau.

acompanhamento de alterações do sistema respiratório decorrentes de disfunções como asma e fibrose cística, o que dificulta comparações e o estabelecimento de parâmetros de normalidade. Nesse âmbito, a condução de estudos sobre a compreensão e a utilização das medições das resistências respiratórias ainda é pouco frequente e carente de elucidações.

Em relação aos resultados encontrados, verificou-se a proporção de crianças com sobrepeso e obesidade, no entanto, após análise estatística detalhada, não se identificou diferença nos valores espirométricos e oscilométricos entre os participantes dessa amostra. Portanto, optou-se por não conduzir grupos específicos associados à massa corpórea. Quanto à etnia dos participantes do estudo, todos foram classificados como brancos. Na literatura, ainda não foram encontrados estudos que correlacionassem a diferença étnica com o desempenho no TC6, apesar dessa característica sabidamente influenciar a função pulmonar.

Para garantir a validade interna e a da pesquisa, na seleção da amostra houve uma rígida preocupação no controle referente ao histórico de saúde e prematuridade, além da verificação da ausência de doenças pulmonares e valores espirométricos de acordo com a normalidade, de maneira que os participantes de ambos os grupos não tivessem interferências desses fatores. Além disso, evitou-se um possível viés no que concerne à repercussão de manobras expiratórias forçadas, uma vez que se limitou à inclusão de crianças que não excedessem o total de 12 manobras. Embora a amostra fosse pequena, atingiu o cálculo amostral prévio e, tendo sido controlados os possíveis vieses apontados, parece ter sido representativa de escolares saudáveis. A seleção dos participantes da amostra e os critérios

de inclusão, como número máximo de manobras expiratórias forçadas, viabilizaram o controle da validade externa do estudo, assim como a ausência de relação entre o TC6 e o fato do escolar ser considerado eutrófico ou não.

A importância do presente trabalho deve-se à possibilidade de se esclarecer a relação entre o IOS e outros instrumentos de avaliação, principalmente os já estabelecidos na comunidade científica, como a espirometria e o TC6. Estudos multicêntricos, com indivíduos separados agrupados por sexo, peso e idade, estatura e etnia, são necessários para maior acurácia dos resultados encontrados no presente estudo. Assim, a compreensão das respostas fisiológicas e respiratórias diante do esforço físico deve ser norteada por estudos com amostragens maiores.

O presente trabalho examinou o comportamento da mecânica respiratória e da função pulmonar de crianças e adolescentes submetidos ao TC6, identificando aumento das resistências das vias aéreas (total e central), além da diminuição significativa do $FEF_{25-75\%}$ após o teste. Tais achados implicam clinicamente mais atenção e cautela na realização de testes submáximos em crianças que apresentam alguma predisposição a alterações das vias aéreas, especialmente quando são submetidas a testes de exercício, assim como é feito em crianças com asma e fibrose cística.

Financiamento

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - bolsa.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Aquino ES, Mourão FA, Souza RK, Glicério BM, Coelho CC. Comparative analysis of the six-minute walk test in healthy children and adolescents. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14:75-80.
2. Lammers AE, Hislop AA, Flynn Y, Haworth SG. The 6-minute walk test: normal values for children of 4-11 years of age. *Arch Dis Child.* 2008;93:464-8.
3. Boyce D, Pullins E, McCormack MC, Mathai SC, Khair R. Safety of the six-minute walk test in chronic lung disease. Abstract of the American Thoracic Society 2016 International Conference; 2016 May 13-18; San Francisco, USA. p. A5722.
4. Geiger R, Strasak A, Trembl B, Gasser K, Kleinsasser A, Fischer V, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr.* 2007;150:395-9.
5. Saad HB, Prefaut C, Missaoui R, Mohamed IH, Tabka Z, Hayot M. Reference equation for 6-min walk distance in healthy North African children 6-16 years old. *Pediatr Pulmonol.* 2009;44:316-24.
6. Klepper SE, Muir N. Reference values on the 6-minute walk test for children living in the United States. *Pediatr Phys Ther.* 2011;23:32-40.
7. Bartels B, Groot JF, Terwee CB. The six-minute walk test in chronic pediatric conditions: a systematic review of measurement properties. *Phys Ther.* 2013;93:529-41.
8. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:111-7.

9. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014;44:1428-46.
10. Gotshall RW. Airway response during exercise and hyperpnoea in non-asthmatic and asthmatic individuals. *Sports Med*. 2006;36:513-27.
11. Wanrooij VH, Willeboordse M, Dompeling E, Kant KD. Exercise training in children with asthma: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2014;48:1024-31.
12. Parsons JP, Hallstrand TS, Mastrorarde JG, Kaminsky DA, Rundell KW, Hull JH, et al. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187:1016-27.
13. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26:319-38.
14. Komarow HD, Myles IA, Uzzaman A, Metcalfe DD. Impulse oscillometry in the evaluation of diseases of the airways in children. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2011;106:191-9.
15. Shirai T, Kurosawa H. Clinical application of the forced oscillation technique. *Intern Med*. 2016;55:559-66.
16. Assumpção MS, Gonçalves RM, Ferreira LG, Schivinski CI. Impulse oscillometry system in pediatrics: review. *Medicina (Ribeirão Preto)*. 2014;47:131-42.
17. Bickel S, Popler J, Lesnick B, Eid N. Impulse oscillometry: interpretation and practical applications. *Chest*. 2014;146:841-7.
18. Priesnitz CV, Rodrigues GH, Stumpf CS, Viapiana G, Cabral CP, Stein RT, et al. Reference values for the 6-min walk test in healthy children aged 6-12 years. *Pediatr Pulmonol*. 2009;44:1174-9.
19. Okuro RT, Schivinski CI. Six-minute walk test in pediatrics: the relationship between performance and anthropometric parameters. *Fisioter Mov*. 2013;26:219-28.
20. Solé D, Vanna AT, Yamada E, Rizzo MC, Naspitz CK. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC) written questionnaire: validation of the asthma component among Brazilian children. *J Invest Allergol Clin Immunol*. 1997;8:376-82.
21. Vanna AT, Yamada E, Arruda LK, Naspitz CK, Solé D. International study of asthma and allergies in childhood: validation of the rhinitis symptom questionnaire and prevalence of rhinitis in schoolchildren in São Paulo, Brazil. *Pediatr Allergy Immunol*. 2001;12:95-101.
22. Assumpção MS, Gonçalves RM, Martins R, Bobbio TG, Schivinski CI. Reference equations for impulse oscillometry system parameters in Brazilian healthy children and adolescents. *Respir Care*. 2016;61:1090-9.
23. Behl RK, Kashyap S, Sarkar M. Prevalence of bronchial asthma in school children of 6-13 years of age in Shimla City. *Indian J Chest Dis Allied Sci*. 2010;52:145-8.
24. Brazil - Ministério da Saúde [homepage on the Internet]. Telessaúde Brasil Redes [cited 2015 may 15]. Available from: <http://www.telessaudebrasil.org.br/apps/calculadoras/page=7>
25. Beydon N, Lombardi E, Allen J, Arets H, Aurora P, Bisgaard H, 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.
26. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farré R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J*. 2003;22:1026-41.
27. Costa D, Jamami M. Bases fundamentais da espirometria. *Rev Bras Fisioter*. 2001;5:95-102.
28. Gontijo PL, Lima TP, Costa TR, Reis EP, Cardoso FP, Cavalcanti Neto FF. Correlation of spirometry with the six-minute walk test in eutrophic and obese individuals. *Rev Assoc Med Bras*. 2011;57:387-93.
29. Rodrigues JC, Takahashi A, Olmos FM, Souza JB, Bussamra MH, Cardieri JM. Effect of body mass index on asthma severity and exercise-induced bronchial reactivity in overweight and obese asthmatic children. *Rev Paul Pediatr*. 2007;25:207-13.
30. Fonseca-Guedes CH, Cabral AL, Martins MA. Exercise-induced bronchospasm in children: comparison of FEV₁ and FEF_{25-75%} responses. *Pediatr Pulmonol*. 2003;36:49-54.
31. Lee JY, Seo JH, Kim HY, Jung YH, Kwon JW, Kim BJ, et al. Reference values of impulse oscillometry and its utility in the diagnosis of asthma in young Korean children. *J Asthma*. 2012;49:811-6.
32. Vendrusculo FM, Heinzmann-Filho JP, Piva TC, Marostica PJ, Donadio MV. Inspiratory muscle strength and endurance in children and adolescents with cystic fibrosis. *Respir Care*. 2016;61:184-91.
33. Díez JM, Villa Asensi JR, Vecchi AA. Resistance by oscillometry. Comparison of its behavior in patients with asthma and cystic fibrosis. *Rev Clin Esp*. 2006;206:95-7.
34. Moreau L, Crenesse D, Berthier F, Albertini M. Relationship between impulse oscillometry and spirometric indices in cystic fibrosis children. *Acta Paediatr*. 2009;98:1019-23.
35. Thunqvist P, Gustafsson PM, Schultz ES, Bellander T, Berggren-Broström E, Norman M, et al. Lung function at 8 and 16 years after moderate-to-late preterm birth: a prospective cohort Study. *Pediatrics*. 2016;137.