



ARTIGO ORIGINAL

Frequência de alterações espirométricas, aprisionamento aéreo e hiperinsuflação pulmonar em crianças e adolescentes com asma grave resistente à terapia: um estudo piloto

Frequency of spirometric changes, air trapping, and lung hyperinflation in children and adolescents with therapy-resistant severe asthma: a pilot study

Claudia Adamatti¹

orcid.org/0000-0003-2018-5578
claudia_adamatti@hotmail.com

João Paulo Heinzmann-Filho¹

orcid.org/0000-0002-8426-0250
joaopauloheinzmann@hotmail.com

Giovana dos Santos²

orcid.org/0000-0002-4668-1548
giovana7304@hotmail.com

Anastácia Ferreira Wiemann³

orcid.org/0000-0002-9075-6076
anastacia.wiemann@gmail.com

Gabriel Azeredo de Magalhães³

orcid.org/0000-0001-5985-9344
gabrielmagalhaes13@gmail.com

Paulo Márcio Pitrez⁴

orcid.org/0000-0001-7319-1133
ppitrez70@gmail.com

Received on: 11 jul. 2021.

Approved on: 11 out. 2021.

Published on: 15 dez. 2021.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
[Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Resumo

Objetivos: avaliar a frequência de alterações espirométricas e pletismográficas em crianças e adolescentes com asma grave resistente à terapia (AGRT). Além disso, testaram-se possíveis associações entre esses desfechos.

Métodos: trata-se de um estudo retrospectivo, no qual foram incluídas crianças e adolescentes (6-18 anos), com diagnóstico de AGRT, e que se encontravam em acompanhamento ambulatorial regular. Todos deveriam possuir informações antropométricas (peso, altura, índice de massa corporal), demográficas (idade, etnia e sexo), clínicas (teste cutâneo, teste de controle da asma, tabagismo familiar e medicações em uso) e de função pulmonar (espirometria e pletismografia corporal) registradas no banco de dados do serviço. Os testes de função pulmonar seguiram as recomendações das diretrizes nacionais e internacionais. Para fins estatísticos, utilizou-se análise descritiva e o teste de qui-quadrado de Pearson.

Resultados: de um total de 15 pacientes com AGRT, 12 deles foram incluídos na amostra. A média de idade foi de 12,2 anos, com predomínio do sexo feminino (66,7%). Destes, 50,0% apresentaram a doença controlada, 83,3% foram considerados atópicos e 50,0% tinham histórico de tabagismo familiar. Em relação aos testes de função pulmonar (% do previsto), as médias dos parâmetros espirométricos e de pletismografia corporal encontraram-se dentro dos limites inferiores da normalidade. Apenas 16,7% da amostra apresentou espirometria alterada (<percentil 5), 25,0% aprisionamento aéreo (volume residual>130,0%) e 16,7% hiperinsuflação pulmonar (capacidade pulmonar total>120,0%). Houve frequência estatisticamente maior ($p=0,045$) de aprisionamento aéreo nos participantes com espirometria alterada, em comparação à espirometria normal. Contudo, não se observou diferença ($p=0,341$) em relação à hiperinsuflação pulmonar.

Conclusões: os achados demonstraram pouco comprometimento espirométrico e dos volumes e das capacidades pulmonares em crianças e adolescentes com AGRT. Além disso, aqueles participantes com espirometria alterada obtiveram frequência maior de aprisionamento aéreo no exame de pletismografia corporal.

Palavras-chave: asma grave resistente a terapia, testes de função respiratória, medidas de volume pulmonar, pediatria.

Abstract

Aims: to assess the frequency of spirometric and plethysmographic changes in children and adolescents with severe therapy-resistant asthma (SRTA). In addition, possible associations between these outcome were tested.

Methods: this is a retrospective study. Children and adolescents (6-18 years old), diagnosed with SRTA and who were in regular outpatient follow-up were included. Everyone should have anthropometric (weight, height, body mass index), demographic (age, ethnicity and gender), clinical (skin test, asthma control test, family smoking and medications in use) and pulmonary function (spirometry and body plethysmography) recorded in the service's database. Pulmonary function

¹ Centro Universitário Cenecista de Osório (UNICNEC), Osório, RS, Brasil.

² Wixia Trials, Pesquisa Clínica, Porto Alegre, RS, Brasil.

³ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴ Hospital Moinhos de Vento, Porto Alegre, RS, Brasil.

tests followed the recommendations of national and international guidelines. For statistical purposes, descriptive analysis and Pearson's chi-square test were used.

Results: from a total of 15 patients with SRTA, 12 of them were included in the sample. The average age was 12.2 years, with a predominance of females (66.7%). Of these, 50.0% had the disease under control, 83.3% were considered atopic, and 50.0% had a family history of smoking. Regarding the pulmonary function tests (% of predicted), the means of spirometric parameters and body plethysmography were within the lower limits of normality. Only 16.7% of the sample had altered spirometry (<5th percentile), 25.0% air trapping (residual volume>130.0%) and 16.7% pulmonary hyperinflation (total lung capacity>120.0%). There was a statistically higher frequency ($p=0.045$) of air trapping in participants with altered spirometry, compared to normal spirometry. However, there was no difference ($p=0.341$) in relation to pulmonary hyperinflation.

Conclusions: the findings demonstrated little impairment of spirometry and lung volumes and capacities in children and adolescents with AGRT. In addition, those participants with altered spirometry had a higher frequency of air trapping in the body plethysmography exam.

Keywords: severe asthma resistant to therapy, respiratory function tests, lung volume measurements, pediatrics.

ABREVIATURAS: AGRT, asma grave resistente a terapia; CPT, capacidade pulmonar total; CVF, capacidade vital forçada; $FEF_{25-75\%}$, fluxo expiratório forçado 25% e 75%; IMC, índice de massa corporal; VEF_1 , Volume expiratório forçado no primeiro segundo; VR, volume residual.

Introdução

A asma pode ser entendida como uma doença inflamatória crônica, caracterizada por hiperresponsividade das vias aéreas inferiores e com limitação variável do fluxo aéreo (1). Sua etiologia resulta da interação entre a genética, exposição ambiental a alérgenos, irritantes, mudanças climáticas, dentre outros fatores, que levam ao desenvolvimento da sintomatologia da doença (2).

No mundo, estima-se que 300 milhões de pessoas são acometidas por essa enfermidade, sendo 60% dos casos atingindo o público infantil (3). Dados do *International Study of Asthma and Allergies in Childhood* demonstraram prevalência média no mundo de 11,7% na faixa etária de 6 a 7 anos e de 14,1% entre 13 e 14 anos. No Brasil, as projeções indicaram taxas de 24,3% para crianças e de 19,0% acometendo adolescentes (4, 5). Destas, 5% são classificadas com asma grave resistente à terapia (AGRT) (6).

Crianças com AGRT apresentam sintomas e exacerbações constantes, necessitando de atendimentos em pronto-socorro e, frequentemente, de hospitalizações (6). Tais implicações geram consequências e impactos negativos como absenteísmo escolar, comprometimento da qualidade de vida, mudança na rotina social da família, além de custos financeiros para o Sistema Único de Saúde, que chegam a R\$ 59.345,41 por ano (7).

Pela sua complexidade, a AGRT é uma patologia de difícil diagnóstico e tratamento, já que exige análise clínica e funcional minuciosa (6). Neste sentido, os testes de função pulmonar são importantes recursos para a avaliação e o acompanhamento clínico da doença. Dentre esses, podem-se listar o método de espirometria e o de pletismografia corporal (8, 9). O teste de espirometria é uma das ferramentas mais utilizadas na prática clínica devido a sua praticidade, no qual fornece informações acerca da obstrução pulmonar e da reversibilidade brônquica (6, 8). Já o teste de pletismografia corporal é uma ferramenta importante para a análise de volumes e capacidades pulmonares, sendo capaz de detectar alterações clínicas, como aprisionamento aéreo e hiperinsuflação pulmonar (8-10).

De acordo com o *Global Initiative for Asthma* GINA (12), o exame espirométrico é amplamente recomendado para o diagnóstico e o *tracking* de evolução da asma no público pediátrico. Entretanto, esse recurso não é considerado um teste sensível para a avaliação do controle da doença em crianças e adolescentes (12). Interessantemente, estudos sugerem que crianças com AGRT apresentam resultados espirométricos normais ou próximos da normalidade, diferindo-se dos achados tipicamente encontrados no público adulto (6, 11). Isso pode ocorrer devido às alterações pulmonares serem mais evidentes no início da idade adulta, visto que existe um maior tempo de exposição à doença e de remodelamento brônquico (6, 11, 13). Além disso, pesquisas conduzidas em adolescentes e adultos com asma grave identificaram a presença de aprisionamento aéreo e a hiperinsuflação por meio do exame de pletismografia corporal (14-16). Labbé G. et

al. (17) mostraram que 23% dos jovens (<15 anos) com asma intermitente e persistente, mesmo possuindo espirometria normal, apresentavam aprisionamento aéreo. Entretanto, são restritas as pesquisas sobre o tema especificadamente no público infanto-juvenil com AGRT (18), o que justifica o desenvolvimento desta pesquisa.

A hipótese deste estudo piloto é de que crianças e adolescentes com AGRT apresentam poucas alterações no exame espirométrico e nos volumes e capacidades pulmonares mensurados pela pletismografia corporal. Sendo assim, o objetivo principal deste estudo foi avaliar a frequência de alterações espirométricas e pletismográficas em crianças e adolescentes com AGRT. Secundariamente, buscaram-se possíveis associações entre esses desfechos.

Métodos

Trata-se de um estudo observacional, do tipo retrospectivo, baseado em um banco de dados secundário. As informações do estudo foram oriundas do banco de dados do Ambulatório de Asma do Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), inseridas pela equipe multiprofissional no período de julho de 2018 até dezembro de 2020.

Foram incluídas crianças e adolescentes (6-18 anos), de ambos os sexos, com diagnóstico clínico de AGRT (12), e que se encontravam em acompanhamento regular no Ambulatório de Asma do Hospital São Lucas da PUCRS. Para o estudo, todos os participantes deveriam possuir informações antropométricas, clínicas e de função pulmonar disponíveis no banco de dados do serviço. Por outro lado, excluíram-se os indivíduos com informações incompletas no banco de dados e/ou insucesso nos testes de função pulmonar (espirometria ou pletismografia corporal) (19, 20).

Primeiramente, as crianças e os adolescentes chegavam ao Ambulatório para a consulta de rotina, no qual se registravam, já inicialmente, os dados demográficos, antropométricos e clínicos. Após o atendimento da equipe e revisão das terapias, os participantes eram encaminhados para a realização da espirometria (19) e da ple-

tismografia corporal (20). Os testes de função pulmonar foram realizados no Laboratório de Fisiologia Respiratória, do Instituto de Pesquisas Biomédicas da PUCRS.

As características demográficas foram obtidas por meio de entrevista realizada pelo médico residente do serviço, com os próprios participantes e os responsáveis legais durante a consulta. Nesta abordagem eram registrados a idade, o sexo e a etnia dos participantes.

Os dados antropométricos eram medidos antes da realização dos testes de função pulmonar. O peso e altura foram mensurados em triplicata, ou até a obtenção de dois valores idênticos. O peso foi medido com os indivíduos em posição ortostática, com o mínimo de roupa, sem calçados e por uma balança digital (*G-Tech, Glass 1 FW*, Rio de Janeiro, Brasil). A altura foi avaliada com os participantes descalços, com os pés em posição paralela, tornozelos unidos e com a cabeça em posição neutra. As medidas de altura foram obtidas por meio de um estadiômetro portátil (*Altura Exata, TBW, São Paulo, Brasil*). Com base nessas aferições, o índice de massa corporal [Índice de massa corporal (IMC): peso(kg)/altura²(m)] foi expresso em valor absoluto e em escore-z, corrigido pela idade (21).

Quanto aos dados clínicos, investigaram-se o controle da doença (*Asthma control test questionnaire*) (22), a presença de atopia por meio do teste cutâneo (23), o histórico familiar de tabagismo e as medicações em uso (12).

A espirometria foi realizada conforme as recomendações da *American Thoracic Society – European Respiratory Society* (19). Os participantes realizaram o exame individualmente, na posição ortostática e sem o uso de clipe nasal, por meio do espirômetro *KOKO* (San Diego, California, USA). Todos os envolvidos realizaram pelo menos três manobras de expiração forçada, sendo registrados os seguintes parâmetros: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), relação de *tiffeneau* (VEF₁/CVF) e o fluxo expiratório forçado 25% e 75% (FEF_{25-75%}). Os resultados foram expressos em valores absolutos e percentuais do previsto,

com base em uma equação de referência internacional (24). Adicionalmente, os resultados espirométricos foram considerados alterados, quando algum parâmetro se encontrou menor do que o percentil 5 (25).

A pletismografia de corpo inteiro foi realizada conforme as diretrizes da *American Thoracic Society – European Respiratory Society* (20). O teste foi conduzido com o paciente sentado, dentro da cabine fechada, em posição confortável, com o uso de clipe nasal e os lábios firmemente fechados ao redor do bucal por meio do equipamento Vmax 22 (*Viasys Healthcare, Hörschberg, Germany*). O paciente foi orientado a respirar calmamente até a estabilização do nível expiratório final. O *shutter* se fechava automaticamente por 2-3 segundos, enquanto o paciente realizava uma série de manobras de respiração curta (contra 0,5-1,0 hertz de resistência), com ambas as mãos sustentando as bochechas. Foram realizadas de três a cinco manobras tecnicamente satisfatórias. Após esse procedimento, o *shutter* foi aberto para permitir a determinação do volume de reserva expiratório sendo que, posteriormente, o paciente inspirava até a capacidade pulmonar total (CPT). Isto era seguido de uma manobra expiratória forçada, na qual os pacientes expiravam até o volume residual (VR). Desse modo, obtiveram-se três manobras aceitáveis e reprodutíveis, com variação menor do que 5% entre elas. Os seguintes parâmetros foram registrados: CPT, volume de reserva expiratório, capacidade residual funcional e o VR. Os dados foram expressos em valor absoluto e em porcentagem do previsto (25). Por fim, foi considerado aprisionamento aéreo quando os resultados de VR fossem >130% do previsto e hiperinsuflação pulmonar na presença de CPT >120% do previsto (26).

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, sob o número do parecer consubstanciado 2668883. Este trabalho seguiu a resolução do Conselho Nacional de Saúde, através das normativas nº 196/1996 e nº 466/2012.

A normalidade das variáveis quantitativas foi avaliada por meio do teste de *Kolmogorov-S-*

mirnov. Os dados que apresentaram distribuição normal foram apresentados em média e desvio-padrão. As variáveis qualitativas foram expressas em frequência absoluta e relativa. A comparação entre os desfechos foi realizada pelo teste de qui-quadrado de Pearson. Todas as análises e o processamento dos dados foram executados com o programa IBM SPSS Statistics 18. Em todos os respectivos casos, as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

Resultados

De um total de 15 crianças e adolescentes com AGRT, 03 (20,0%) obtiveram insucesso no teste de pletismografia corporal. Assim, a amostra foi composta de 12 participantes, com média de idade de 12,2 anos. As características amostrais são apresentadas na **Tabela 1**.

TABELA 1 – Características sociodemográficas da amostra.

Variáveis	n=12
Idade, anos	12,2±1,9
Grupo etário, n (%)	
Crianças	05 (41,7)
Adolescentes	07 (58,3)
Sexo, n (%)	
Feminino	08 (66,7)
Masculino	04 (33,3)
Etnia, n (%)	
Caucasiana	09 (75,0)
Parda	03 (25,0)
Negra	-
Antropométricos	
Peso, kg	49,5±13,9
Altura, cm	148,1±10,4
IMC (absoluto)	22,7±7,5
(escore-z)	0,7± 0,4

IMC, índice de massa corporal. Variáveis quantitativas expressas em média±desvio-padrão e qualitativas apresentadas em frequência absoluta (n) e relativa (%).

Em relação às características clínicas, 83,3% foram atópicos e metade da amostra tinha a doença controlada, bem como histórico de tabagismo familiar. Destes, todos faziam uso de corticoide de longa duração (**Tabela 2**).

TABELA 2 – Características clínicas dos participantes.

Variáveis	n=12
Teste cutâneo, n (%)	
Atópico	10 (83,3)
Controle da doença	
Controlada	06 (50,0)
Tabagismo familiar, n (%)	
Presente	06 (50,0)
Medicações, n (%)	
Corticoide de curta duração	11 (91,7)
Corticoide de longa duração	12 (100,0)
Corticoide nasal	10 (83,3)
Leucotrienos	02 (16,7)
Anti-histamínicos	03 (25,0)
Uso de montelucaste	08 (66,7)

No que se refere aos dados da espirometria (% do previsto), a média do VEF₁ foi de 96,5 e do índice de *tiffeneau* foi de 93,4, indicando parâmetros dentro do limite inferior da normalidade. Já quanto à plestismografia corporal (% do previsto), o VR foi de 93,4 e a CPT foi de 106,1 (Tabela 3).

TABELA 3 – Resultados de espirometria e plestismografia corporal na amostra.

Variáveis	Litros	% do previsto
Espirometria		
VEF ₁	2,2±0,5	96,5±16,7
CVF	2,7±0,5	102,4±8,8
VEF ₁ /CVF	0,8±0,1	93,4±11,7
FEF _{25-75%}	2,5±1,2	87,8±37,7
Pletismografia corporal		
CRF	1,6±0,5	89,7±27,3
VR	0,7±0,4	93,4±51,4
CPT	3,4±0,7	106,1±15,8
VR/CPT	0,2±0,1	-

CVF, capacidade vital forçada; CRF, capacidade residual funcional; CPT, capacidade pulmonar total; FEF_{25-75%}, fluxo expiratório forçado em 25 e 75% da CVF; VEF₁, volume expiratório forçado no primeiro segundo; VR, volume residual.

Apenas 16,7% da amostra apresentou espirometria alterada, 25,0% aprisionamento aéreo e 16,7% hiperinsuflação por meio da plestismografia corporal (Figura 1). Houve frequência estatisticamente maior (100,0% vs. 10,0%; $p=0,045$) de aprisionamento aéreo nos participantes com espirometria alterada, em comparação à espirometria normal. No entanto, não se observou diferença significativa (espirometria alterada: 50,0% vs. espirometria normal: 10,0%; $p=0,341$) em relação à hiperinsuflação pulmonar (Figura 2).

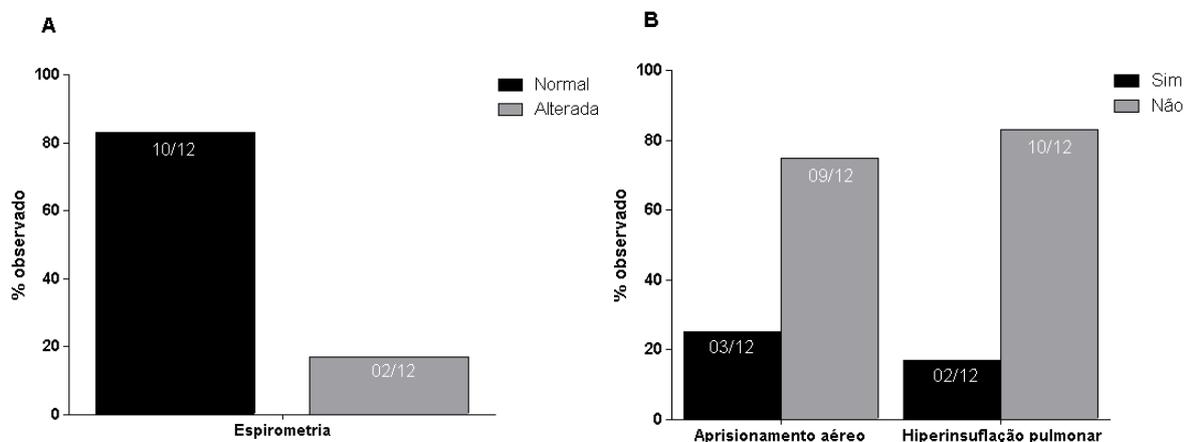


Figura 1 – Frequência de espirometria normal/alterada (A) e de aprisionamento aéreo/hiperinsuflação pulmonar (B) na amostra.

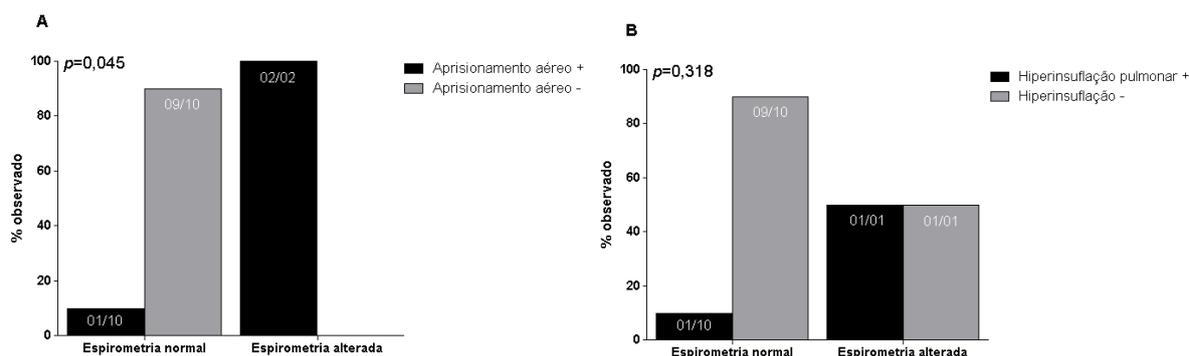


Figura 2 – Comparação da frequência de aprisionamento aéreo (A) e de hiperinsuflação pulmonar (B) entre asma grave resistente a terapia com espirometria normal e alterada.

Discussão

Os achados do presente estudo demonstraram baixa frequência de alterações espirométricas, aprisionamento aéreo e de hiperinsuflação pulmonar em crianças e adolescentes com AGRT no Sul do país. Embora o nicho estudado apresente uma doença de maior gravidade, os participantes da pesquisa parecem ter pouco comprometimento pulmonar. Além disso, aqueles indivíduos com espirometria alterada obtiveram frequência maior de aprisionamento aéreo no exame de pletismo-grafia corporal.

Considerando a complexidade da doença e os avanços no tratamento, crianças e adolescentes com AGRT podem apresentar espirometria normal ou próximo da normalidade (6, 12, 27, 28), o que corrobora com nossos resultados. Isto se difere dos resultados em amostras adultas, nos quais reportaram perdas importantes da função respiratória (11). As prováveis explicações para essas divergências são atribuídas ao uso de novas terapias farmacológicas (omalizumabe), ao menor remodelamento brônquico e à menor exposição temporal à doença no público infantojuvenil (6, 12, 27, 28). Malucelli et al. (29) reportaram ser as vias aéreas intermediárias e de grosso calibre as mais afetadas nos adultos, enquanto nas crianças o comprometimento ocorre nas vias aéreas distais. Tal fato está de acordo nos nossos dados, já que o parâmetro mais afetado da amostra foi o $FEF_{25-75\%}$, obtendo-se resultados abaixo de 33% do previsto em dois pacientes. Esse parâmetro avalia o fluxo expiratório intermediário, a partir da

manobra de CVF, sendo considerado o marcador mais sensível para detecção do estreitamento de vias aéreas inferiores (30).

A partir de nosso conhecimento, nenhum outro estudo avaliou a frequência de aprisionamento aéreo (>130%) e hiperinsuflação (>120%) em crianças e adolescentes com AGRT. Sendo assim, esta é a primeira pesquisa que divulga a ocorrência desses desfechos em âmbito mundial. Para o presente trabalho, utilizaram-se pontos de cortes baseados em documentos prévios (31, 32) e recomendados pela *American Thoracic Society* (33). Houve baixa frequência destes marcadores na amostra, obtendo somente 25,0% de aprisionamento aéreo e 16,7% de hiperinsuflação pulmonar. Isso pode ser justificado pela estabilidade clínica destes pacientes, possivelmente atrelado ao acompanhamento e ao tratamento regular por longos períodos neste serviço.

Somente dois pacientes na amostra apresentaram alterações nos parâmetros da espirometria e também possuíam aprisionamento aéreo, estando de acordo parcialmente com pesquisas anteriores (16, 30). No entanto, neste trabalho, não houve diferença na análise quanto à hiperinsuflação pulmonar. Esta ausência de associação pode ser explicada, pelo menos em parte, pela baixa severidade destes pacientes e pelo restrito tamanho amostral. Fisiologicamente, os mecanismos que levam ao aumento de volumes e de capacidades pulmonares incluem a limitação do fluxo de ar expiratório e o fechamento prematuro das pequenas vias aéreas, fato esse observado em nossa amostra (VEF_1 : 61,9%

e 70,9%; FEF_{25-75%}: 26,2% e 32,7%). Além do mais, pode ocorrer em virtude da atividade antecipada dos músculos inspiratórios no final da expiração e da elasticidade pulmonar reduzida (32, 34). Porém, a atividade neuromuscular e a impedância pulmonar não foram analisadas neste estudo, o que inviabiliza esta inferência (32, 34).

Encontrou-se taxa de sucesso 80,0% no teste de pletismografia corporal. Este resultado é similar à pesquisa de Santos N. et al. (35): na qual reportou 88% de sucesso no teste de espirometria e 79% para o método de pletismografia corporal (mensuração da *sraw*) em crianças de 2 a 6 anos (34). De acordo com Heinzmann-Filho et al. (36), a idade do participante, a cognição da criança, o treinamento prévio e a experiência do técnico responsável podem influenciar no desempenho dos testes de função respiratória. Entretanto, essa taxa está abaixo dos achados reportados por outros métodos em amostras pediátricas, incluindo o teste de manovacuometria (92,3%) (36) e o método do interruptor (98%) (37). Tal fato pode ser explicado, possivelmente, pela maior facilidade na compreensão e na execução das manobras respiratórias nestes métodos, em relação à pletismografia corporal.

A principal limitação deste trabalho se trata do pequeno tamanho amostral. Apesar disso, estes dados podem servir como ponto de partida para o desenvolvimento de estudos observacionais mais amplos sobre o tema no público infanto-juvenil. Além do mais, a baixa frequência dos desfechos respiratórios registrados se constitui em outra restrição desta pesquisa. Contudo, mesmo com somente dois participantes apresentando estas alterações pulmonares, constatou-se associação do aprisionamento aéreo com a espirometria alterada.

Em conclusão, os achados do presente estudo demonstraram pouco comprometimento espirométrico e baixa frequência de aprisionamento aéreo e hiperinsuflação pulmonar em crianças e adolescentes com AGRT. Além disso, os participantes com espirometria alterada obtiveram maior frequência de aprisionamento aéreo no exame de pletismografia corporal. Espera-se que a avaliação de volumes e de capacidades pulmonares seja amplamente recomendada em centros de referência

da doença, uma vez que esse método apresenta informações complementares e importantes quanto ao comprometimento da mecânica pulmonar.

Notas

Apoio financeiro

Este estudo não recebeu apoio financeiro de fontes externas.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses relevantes ao conteúdo deste estudo.

Contribuições dos autores

Todos os autores fizeram contribuições substanciais para concepção, ou delineamento, ou aquisição, ou análise ou interpretação de dados; e redação do trabalho ou revisão crítica; e aprovação final da versão para publicação.

Disponibilidade dos dados e responsabilidade pelos resultados

Todos os autores declaram ter tido total acesso aos dados obtidos e assumem completa responsabilidade pela integridade destes resultados.

Referências

- Maslan J, Mims JW. What is asthma? Pathophysiology, demographics, and health care costs. *Otolaryngol Clin North Am.* 2014;47(1):13-22. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2013.09.010>
- Mims JW. Asthma: definitions and pathophysiology. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2015;5(Suppl 1):2-6. <https://doi.org/10.1002/alr.21609>
- Dias C, Salles M, Friche A, Almeida M, Viana T, Mingoti S, et al. Temporal and Spatial Trends in Childhood Asthma-Related Hospitalizations in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil and Their Association with Social Vulnerability. *Res Public Helath.* 2016;13(7):704. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070704>
- Solé D, Camelo-Nunes IC, Wandalsen GF, Mallozi MC. Asthma in children and adolescents in Brazil: contribution of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Rev Paul Pediatr.* 2014;32(1):114-25. <https://doi.org/10.1590/s0103-05822014000100018>

5. Mallol J, Crane J, von Mutius E, Odhiambo J, Keil U, Stewart A; ISAAC Phase Three Study Group. The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Phase Three: a global synthesis. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2013;41(2):73-85. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2012.03.001>.
6. Costa E, Md, Phd, Melo JML, Md, Phd, et al. Guia para o manejo da asma grave. *Braz J Allergy Immunol*. 2015;3(5):205-25. <https://doi.org/10.5935/2318-5015.20150025>
7. Damasceno E, Costa Carvalho B, Solé D, Waldal-sen G. Custos diretos e indiretos da asma: revisão de literatura. *Rev Bras Alerg Immunopatol [Internet]*. 2012 [updated 2012 Dec];35(6):234-40. Available from: http://aai-asbai.org.br/detalhe_artigo.asp?id=652
8. Stirbulov R, Bernd LAG, Solé D. IV diretrizes brasileiras para o manejo da asma. *J Bras Pneumol [Internet]*. 2006;32(Supl7):447-74. Available from: <http://www.jornaldepneumologia.com.br/details-supp/39>
9. Pereira CAC, Moreira MAF. Pletismografia-resistência das vias aéreas. *J Bras Pneumol [Internet]*. 2002 [updated 2002 Oct];28(Supl3):139-150. Available from: <https://www.jornaldepneumologia.com.br/details-supp/45>
10. Pereira CAC, Moreira MAF. Espirometria. *J Bras Pneumol [Internet]*. 2002 [updated 2002 Oct];28(Supl3):1-82. Available from: <https://www.jornaldepneumologia.com.br/details-supp/45>
11. Rodrigues A, Roncada C, Santos G, Heinzmann-Filho JP, Godinho R, Vargas M, et al. Características clínicas de crianças e adolescentes com asma grave resistente a terapia. *J Bras Pneumol*. 2015;41(4):343-50. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004462>
12. Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for Asthma Management and Prevention [Internet]. 2021 June 01 [updated 2021]. Disponível em: <https://ginasthma.org/gina-reports>
13. Bacharier LB, Strunk RC, Mauger D, White D, Lemanske RF Jr, Sorkness CA. Classifying asthma severity in children: mismatch between symptoms, medication use, and lung function. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;170(4):426-32. <https://doi.org/10.1164/rccm.200308-1178OC>
14. Bártholo RM. Diferenças clínicas entre asma e doença pulmonar obstrutiva crônica. *Rev HUPE*. 2013;12(2):62-70. <https://doi.org/10.12957/rhupe.2013.8488>
15. Sorkness RL, Kienert C, O'Brien MJ, Fain SB, Jarjour NN. Compressive air trapping in asthma: effects of age, sex, and severity. *J Appl Physiol (1985)*. 2019;126(5):1265-71. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00924.2018>
16. Luo J, Liu D, Chen G, Liang B, Liu C. Clinical Roles of Lung Volumes Detected by Body Plethysmography and Helium Dilution in Asthmatic Patients: A Correlation and Diagnosis Analysis. *Sci Rep*. 2017;7:40870. <https://doi.org/10.1038/srep40870>
17. G Labbé, E Merlin, C Kauffman, J-L Fauquert, M-C Héraud, A Labbé. The role of lung volume measurements by plethysmography in the follow-up of asthma in children. *Rev Mal Respir*. 2010;27(1): 42-8. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2009.11.002>
18. Jenkins HA, Cherniack R, Szeffler SJ, Covar R, Gelfand EW, Spahn JD. A comparison of the clinical characteristics of children and adults with severe asthma. *Chest*. 2003;124(4):1318-24. <https://doi.org/10.1378/chest.124.4.1318>
19. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(8):e70-e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
20. Stocks J, Godfrey S, Beardsmore C, Bar-Yishay E, Castile R; ERS/ATS Task Force on Standards for Infant Respiratory Function Testing. European Respiratory Society/American Thoracic Society. Plethysmographic measurements of lung volume and airway resistance. ERS/ATS Task Force on Standards for Infant Respiratory Function Testing. European Respiratory Society/ American Thoracic Society. *Eur Respir J*. 2001;17(2):302-12. <https://doi.org/10.1183/09031936.01.17203020>
21. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85(9):660-7. <https://doi.org/10.2471/blt.07.043497>
22. Roxo JP, Ponte EV, Ramos DC, Pimentel L, D'Oliveira Júnior A, Cruz AA. Validação do Teste de Controle da Asma em português para uso no Brasil: validação for use in Brazil [Portuguese-language version of the Asthma Control Test]. *J Bras Pneumol*. 2010 Mar-Apr;36(2):159-66. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132010000200002>
23. Heinzerling L, Mari A, Bergmann KC, et al. The skin prick test - European standards. *Clin Transl Allergy*. 2013;3(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/2045-7022-3-3>
24. 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(6):1324-43. <https://doi.org/10.1183/09031936.00080312>
25. Koopman M, Zanen P, Kruitwagen CL, van der Ent CK, Arets HG. Reference values for paediatric pulmonary function testing: The Utrecht dataset. *Respir Med*. 2011;105(1):15-23. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.07.020>
26. Fernandez JJ, Castellano MVCO, Vianna FAF, Nacif SR, Rodrigues JR, Rodrigues SCS. Correlação clínica e funcional da diferença entre capacidade vital lenta e CVF. *J Bras Pneumol*. 2020;46(1):e20180328. <https://doi.org/10.1590/1806-3713/e20180328>

27. Francisco B, Ner Z, Ge B, Hewett J, König P. Sensitivity of different spirometric tests for detecting airway obstruction in childhood asthma. *J Asthma*. 2015 Jun;52(5):505-11. <https://doi.org/10.3109/02770903.2014.984842>.

28. Mattiello R, Mallol J, Fischer GB, Mocelin T, Rueda B, Sarria EE. Pulmonary function in children and adolescents with postinfectious bronchiolitis obliterans. *J Bras Pneumol*. 2010;36(4):453-9. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132010000400010>

29. Malucelli M, Rosário N, Riedi C, Kovalhuk L, Barros JA. Acurácia da espirometria na classificação da gravidade da asma em crianças e adolescentes. *Rev Bras Alegria Imunopatol [Internet]*. 2007 [updated 2007 jan];30(1):27-31. Available from: http://aaai-asbai.org.br/detalhe_artigo.asp?id=267

30. Sorkness RL, Bleecker ER, Busse WW, Calhoun WJ, Castro M, Chung KF, et al. Lung function in adults with stable but severe asthma: air trapping and incomplete reversal of obstruction with bronchodilation. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(2):394-403. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00329.2007>

31. Mahut B, Peiffer C, Bokov P, Beydon N, Delclaux C. Gas trapping is associated with severe exacerbation in asthmatic children. *Respir Med*. 2010;104(8):1230-3. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.05.005>

32. Rao DR, Gaffin JM, Baxi SN, Sheehan WJ, Hoffman EB, Phipatanakul W. The utility of forced expiratory flow between 25% and 75% of vital capacity in predicting childhood asthma morbidity and severity. *J Asthma*. 2012;49(6):586-92. <https://doi.org/10.3109/02770903.2012.690481>

33. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26: 948-968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>

34. Pellegrino R, Brusasco V. On the causes of lung hyperinflation during bronchoconstriction. *Eur Respir J*. 1997;10(2):468-75. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10020468>.

35. 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(1):38-41. <https://doi.org/10.1016/j.rppneu.2012.09.004>.

36. Heinzmann-Filho JP, Donadio MV. Teste de força muscular ventilatória: é viável em crianças jovens? *Rev Paul Pediatr*. 2015;33(3):274-9. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2015.01.008>

37. Veras TN, Pinto LA. Viabilidade da realização de espirometria em pré-escolares. *J Bras Pneumol*. 2011;37(1):69-74. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132011000100011>

Claudia Adamatti

Bacharel em Fisioterapia pelo Centro Universitário Cenecista de Osório (UNICNEC), em Osório, RS, Brasil.

João Paulo Heinzmann-Filho

Doutor em Saúde da Criança pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Porto Alegre, RS, Brasil; professor do Centro Universitário Cenecista de Osório (UNICNEC), em Osório, RS, Brasil.

Giovana dos Santos

Bacharel em Pedagogia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Porto Alegre, RS, Brasil.

Anastácia Ferreira Wiemann

Pneumologista Pediátrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Porto Alegre, RS, Brasil.

Gabriel Azeredo de Magalhães

Acadêmico de Medicina pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Porto Alegre, RS, Brasil.

Paulo Márcio Pitrez

Doutor em Medicina (Pneumologia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, RS, Brasil; Pneumologista Pediátrico do Hospital São Lucas da PUCRS e do Hospital Moinhos de Vento, em Porto Alegre, RS, Brasil.

Endereço para correspondência

João Paulo Heinzmann-Filho

Centro Universitário Cenecista de Osório

Rua 24 de maio, 141

95520-000

Osório, RS, Brasil

Os textos deste artigo foram revisados pela Poá Comunicação e submetidos para validação do(s) autor(es) antes da publicação.