



## ARTIGO DE REVISÃO

# Efeitos da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática



Aline Dill Winck<sup>a</sup>, João Paulo Heinzmann-Filho<sup>b,\*</sup>, Rafaela Borges Soares<sup>b</sup>,  
Juliana Severo da Silva<sup>b</sup>, Cristhiele Taís Woszezenki<sup>b</sup> e Letiane Bueno Zanatta<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS, Brasil

<sup>b</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>c</sup> Instituto Cenecista de Ensino Superior de Santo Ângelo (Iesa), Santo Ângelo, RS, Brasil

Recebido em 4 de novembro de 2015; aceito em 28 de fevereiro de 2016

Disponível na Internet em 31 de março de 2016

### PALAVRAS-CHAVE

Testes de função pulmonar;  
Medidas de volume pulmonar;  
Pletismografia total;  
Obesidade;  
Pediatria

### Resumo

**Objetivo:** Avaliar os efeitos da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes.

**Fontes de dados:** Trata-se de uma revisão sistemática, através das bases de dados Pubmed, Lilacs, SciELO e PEDro, por meio das seguintes palavras-chave: Plethysmography, Whole Body OR Lung Volume Measurements OR Total Lung Capacity OR Functional Residual Capacity OR Residual Volume AND Obesity. Foram selecionados estudos observacionais ou ensaios clínicos que avaliaram os efeitos da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes (0 a 18 anos), sem qualquer outra doença associada, nos idiomas inglês, português e espanhol. A qualidade metodológica foi avaliada através da Agency for Healthcare Research and Quality.

**Síntese dos dados:** Dos 1.030 artigos, apenas quatro foram incluídos nesta revisão. Os estudos totalizaram 548 participantes, com predomínio do sexo masculino e tamanho amostral entre 45 e 327 indivíduos; 100% dos estudos avaliaram o estado nutricional através do IMC (escore-z) e 50% informaram os dados da circunferência abdominal. Todos demonstraram que a obesidade causa efeitos negativos sobre os volumes e as capacidades pulmonares, causa redução, principalmente, da capacidade residual funcional em 75% dos estudos, do volume de reserva expiratório em 50% e do volume residual em 25%. A qualidade metodológica variou entre moderada e alta, com 75% dos estudos classificados com alta qualidade metodológica.

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rppede.2016.03.013>

\* Autor para correspondência.

E-mail: [joapauloheinzmann@hotmail.com](mailto:joapauloheinzmann@hotmail.com) (J.P. Heinzmann-Filho).

**Conclusões:** A obesidade causa efeitos deletérios sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes, com redução principalmente da capacidade residual funcional, volume de reserva expiratório e volume residual.

© 2016 Sociedade de Pediatria de São Paulo. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## KEYWORDS

Lung function tests;  
Lung volume  
measurements;  
Total  
plethysmography;  
Obesity;  
Pediatrics

## Effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents: a systematic review

### Abstract

**Objective:** To assess the effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents.

**Data source:** This is a systematic review, carried out in Pubmed, Lilacs, Scielo and PEDro databases, using the following Keywords: Plethysmography; Whole Body OR Lung Volume Measurements OR Total Lung Capacity OR Functional Residual Capacity OR Residual Volume AND Obesity. Observational studies or clinical trials that assessed the effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents (0-18 years) without any other associated disease; in English; Portuguese and Spanish languages were selected. Methodological quality was assessed by the Agency for Healthcare Research and Quality.

**Data synthesis:** Of the 1,030 articles, only four were included in the review. The studies amounted to 548 participants, predominantly males, with sample size ranging from 45 to 327 individuals. 100% of the studies evaluated nutritional status through BMI (z-score) and 50.0% reported the data on abdominal circumference. All demonstrated that obesity causes negative effects on lung volume and capacity, causing a reduction mainly in functional residual capacity in 75.0% of the studies; in the expiratory reserve volume in 50.0% and in the residual volume in 25.0%. The methodological quality ranged from moderate to high, with 75.0% of the studies classified as having high methodological quality.

**Conclusions:** Obesity causes deleterious effects on lung volume and capacity in children and adolescents, mainly by reducing functional residual capacity, expiratory reserve volume and residual volume.

© 2016 Sociedade de Pediatria de São Paulo. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Introdução

A obesidade infantil é, atualmente, um importante problema de saúde pública e aumenta em ritmo alarmante na população mundial, o que inclui a população brasileira.<sup>1</sup> Estima-se que 150 milhões de adultos e 15 milhões de crianças sejam obesos.<sup>2</sup> Recentemente, dados epidemiológicos indicam que a prevalência de obesidade nos Estados Unidos encontra-se em torno de 17% e afeta cerca de 12,7 milhões de crianças e adolescentes.<sup>3</sup> No Brasil, alguns estudos demonstram que a prevalência da obesidade varia entre 2,4-19,2% e afetando mais as regiões Sul e Sudeste do país.<sup>4</sup>

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a obesidade pode ser definida como uma condição anormal de gordura ou excesso de tecido adiposo, que ocasiona prejuízos à saúde do indivíduo.<sup>1</sup> Algumas situações ou condições clínicas parecem estar associadas ao seu desenvolvimento, como sedentarismo, asma, diabetes, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e respiratórias. Dentre essas, o sistema respiratório merece uma atenção especial, uma vez que o excesso de peso acarreta alterações diretas na mecânica ventilatória.<sup>1,5,6</sup>

Nas últimas décadas, estudos prévios sugerem que a obesidade causa uma importante mudança no sistema

respiratório, resulta em prejuízos no sincronismo tóraco-abdominal.<sup>7</sup> O aumento do peso corporal acarreta limitação da mobilidade diafragmática e redução do movimento costal, com comprometimento nas trocas gasosas pulmonares e no controle do padrão respiratório.<sup>7-10</sup> Além disso, o excesso de tecido adiposo está associado ao aumento de citocinas e mediadores inflamatórios, o que poderia alterar as vias aéreas pulmonares desses sujeitos e colaborar para o desenvolvimento de hiper-reatividade brônquica.<sup>11</sup>

Além das alterações acima citadas, a pesquisa no tema aponta para a presença de alterações importantes na função pulmonar de crianças e adolescentes com excesso de tecido adiposo, incluindo a redução do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>), da capacidade vital forçada (CVF) e do fluxo expiratório forçado entre 25 e 75% da CVF (FEF<sub>25-75%</sub>).<sup>12,13</sup> Uma revisão sistemática publicada em 2012<sup>14</sup> evidenciou, por meio de uma análise crítica de cinco estudos, que a obesidade leva a prejuízos principalmente no VEF<sub>1</sub> e a CVF. No entanto, tal estudo avaliou apenas os efeitos do peso corporal sobre as variáveis espirométricas.<sup>14</sup> Levando em conta que o teste de espirometria investiga de maneira direta os parâmetros de obstrução pulmonar e que o fator obesidade parece comprometer mais o padrão restritivo,<sup>1,5</sup> destaca-se a importância de investigar, por meio da pletismografia corporal, os efeitos da massa

corpórea sobre os volumes e as capacidades pulmonares na população infantil. Além disso, até o momento, os resultados são contraditórios no que tange ao impacto da obesidade sobre esses desfechos pulmonares em amostras jovens.<sup>15</sup>

Portanto, considerando o crescimento da prevalência de obesidade na população infantil, os prejuízos dessa condição crônica sobre a mecânica ventilatória e as informações conflitantes sobre o impacto do excesso de peso sobre os volumes pulmonares, sente-se a necessidade de se obter mais informações sobre o tema. Assim, o objetivo desta revisão foi avaliar os efeitos da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes.

## Método

O estudo consiste em uma revisão sistemática feita por meio de pesquisa nos bancos de dados Pubmed, Lilacs, SciELO e PEDro. Foram selecionados estudos observacionais ou ensaios clínicos, nos idiomas inglês, português e espanhol, sem filtro quanto à idade e ao ano de publicação dos artigos. O período da seleção dos estudos foi de setembro a outubro de 2015.

A busca usada para a seleção dos artigos foi baseada em seis palavras-chave, associadas com descritores booleanos. Usou-se a seguinte estratégia: *Plethysmography, Whole Body OR Lung Volume Measurements OR Total Lung Capacity OR Functional Residual Capacity OR Residual Volume AND Obesity*. Esses descritores deveriam constar, pelo menos, no título, no resumo ou nas palavras-chave.

Foram usados como critérios de inclusão estudos que avaliaram a função pulmonar por meio da pletismografia corporal em crianças e adolescentes com obesidade (0 a 18 anos). A obesidade foi definida como índice de massa corporal (IMC) com valores de  $\text{escore-z} > +2$  ou percentil  $\geq 97$ . Em contrapartida, foram excluídos estudos de revisão, relatos de caso, artigos que não avaliaram os volumes e as capacidades pulmonares através da pletismografia corporal, estudos que avaliaram a função respiratória por meio de outros métodos de avaliação ou que não normalizaram os resultados de função pulmonar (pletismografia corporal) em  $\text{escore-z}$ , percentual do previsto ou aqueles que não compararam os resultados com um grupo controle. Os estudos que avaliaram a faixa etária adulta ou que não incluíram somente crianças e adolescentes, também foram excluídos. Além disso, excluíram-se os estudos com sujeitos portadores de alguma outra doença crônica.

Após identificar os descritores no título, resumo e/ou palavras-chave, os artigos selecionados passaram por leitura dos resumos (*abstracts*) para avaliar a adequação quanto aos critérios de elegibilidade. Os estudos que apresentaram os critérios predeterminados tiveram o texto completo adquirido para análise detalhada e extração dos dados. A busca e a análise dos artigos, de acordo com a estratégia descrita anteriormente, foram conduzidas de forma independente por dois avaliadores e as divergências foram resolvidas com um terceiro avaliador, por consenso.

Foram registradas as seguintes características dos estudos: nome do primeiro autor, ano de publicação do estudo, país (origem) da coleta de dados, faixa etária, tamanho amostral, índice de massa corporal (IMC), circunferência

abdominal, equipamento pletismográfico, metodologia usada, forma de apresentação dos dados ( $\text{escore-z}$ , percentual do previsto ou litros), variáveis pletismográficas avaliadas [volume de reserva expiratório (VRE), volume de reserva inspiratório (VRI), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF), capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI) e capacidade pulmonar total (CPT)], testes pulmonares extras, principais resultados pletismográficos e os resultados adicionais.

A qualidade metodológica foi analisada por dois avaliadores, qualquer problema de divergência era resolvido por consenso. Usou-se uma escala apropriada para estudos observacionais da *Agency for Health Care Research and Quality* (AHRQ).<sup>16</sup> Esse instrumento avalia nove itens relacionados à questão do estudo, aspectos metodológicos, coerência dos resultados, discussão e patrocínio. O somatório final de cada item avaliado totaliza uma pontuação de 100, os estudos são classificados como de baixa (<50 pontos), moderada (50-66 pontos) e alta (>66 pontos) qualidade metodológica.

## Resultados

Foram encontrados 1.030 artigos, 808 no Pubmed, 218 no Lilacs, dois no SciELO e dois no PEDro. Desses, 199 foram excluídos por estar repetidos nas bases de dados usadas e 827 pelo fato de não preencherem os critérios de elegibilidade desta revisão. Assim, foram incluídos apenas quatro estudos que avaliaram os efeitos da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes por meio da pletismografia corporal. A [figura 1](#) apresenta o fluxograma em relação ao total de artigos encontrados nas bases de dados usadas e os motivos de exclusão dos estudos.

Os artigos selecionados totalizaram uma amostra de 548 participantes, com predomínio de 296 (54%) do sexo masculino. O tamanho amostral dos estudos apresentou grande diversidade, variou de 45 até 327 sujeitos. A idade dos participantes selecionados nos estudos variou de 6 a 18,9 anos. Todos avaliaram o IMC por meio do  $\text{escore-z}$  e dois (50,0%) informaram os dados da circunferência abdominal. Dos quatro estudos, dois foram feitos no continente asiático, um no americano e um no europeu ([tabela 1](#)).

Em relação às características dos equipamentos usados para a mensuração dos volumes e das capacidades pulmonares por meio da pletismografia corporal, três (75,0%) estudos usaram equipamentos da marca *SensorMedics* e apenas um aplicou um instrumento da marca *Jaeger*. Do total de estudos, três (75%) seguiram as recomendações das diretrizes internacionais, enquanto um não relatou a metodologia usada para obter os dados pulmonares. Todos os estudos incluídos normalizaram os achados dos volumes e das capacidades pulmonares por meio do percentual do previsto, apesar de um (25,0%) avaliar algumas variáveis pletismográficas em valores absolutos (litros). Além disso, todos mensuraram as variáveis espirométricas e 50% mediram a difusão do monóxido de carbono (DLCO).

Os dados pletismográficos avaliados incluíram CV, VRE, VR, CRF e CPT. Todos os estudos demonstraram que a obesidade causa efeitos negativos sobre os volumes e as capacidades pulmonares, com redução principalmente da

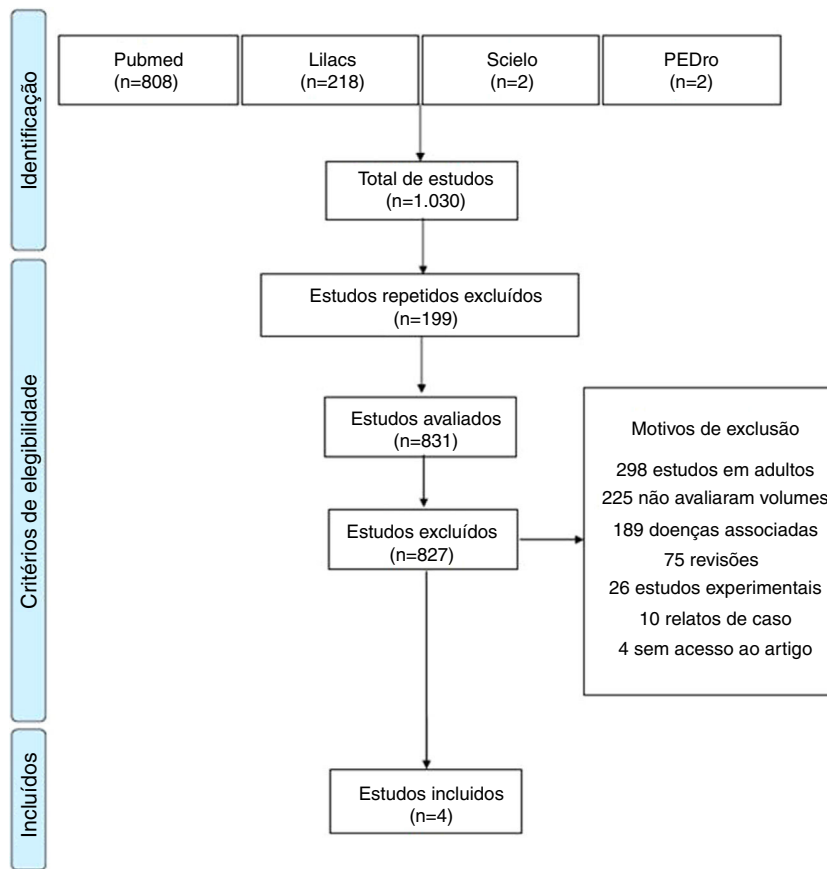


Figura 1 Fluxograma do total de artigos encontrados nas bases de dados.

Tabela 1 Identificação e características dos estudos incluídos nessa revisão

Primeiro autor	Ano	País	Faixa etária (anos)	Tamanho amostral	IMC (escore-z)	Circunferência abdominal
Davidson et al. <sup>17</sup>	2014	Canadá	6-17	327	2,18±0,41	NC
van de Griendt et al. <sup>18</sup>	2012	Holanda	8,5-18,9	112	3,38±0,40 (2,50-4,62)	122,2±15,7
Li et al. <sup>19</sup>	2003	China	7-18	64	2,42 (2,13-2,66)	NC
Kongkiattikul et al. <sup>20</sup>	2015	Tailândia	8,6-17,3	45	3,2±0,5 (1,9-4,6)	99,1±10,4 (81-134)

IMC, índice de massa corporal; NC, não consta a informação.

CRF em 75% dos estudos, do VRE em 50% e do VR em 25%. De maneira geral, os estudos também testaram associações das variáveis ventilatórias com desfechos relacionados à obesidade, incluindo o IMC, circunferência da cintura, índice de massa gorda e razão cintura-estatura (tabela 2).

Por fim, quanto à qualidade metodológica dos artigos selecionados (tabela 3), o escore médio foi de 71 pontos, com uma variação entre 63 e 83. Desses, um (25%) estudo obteve uma pontuação compatível à moderada qualidade metodológica e três (75%) com alta qualidade, de acordo com a escala de AHRQ. Os fatores que baixaram a pontuação da qualidade dos estudos selecionados foram relativos a alguns itens referentes à população do estudo, à comparação dos sujeitos, à mensuração dos desfechos, à análise estatística, à discussão dos dados e quanto às informações sobre patrocínio e/ou financiamento do estudo. Cabe destacar que, dos quatro estudos, apenas

um apresentou justificativa para o tamanho amostral, bem como relatou as informações quanto ao cegamento nas avaliações dos resultados. Além disso, apenas dois estudos relataram apoio ou financiamento da pesquisa, nenhum calculou o poder da análise e também como foram tratadas possíveis variáveis confundidoras e os vieses dos resultados.

## Discussão

Na presente revisão, foram identificados quatro estudos, a maioria de alta qualidade metodológica, que avaliaram os efeitos da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes.<sup>17-20</sup> Os achados demonstram redução principalmente da CRF, VRE e do VR,

**Tabela 2** Características e principais resultados dos estudos incluídos nessa revisão

Tipo de equipamento	Metodologia usada	Apresentação dos dados	Variáveis pletismográficas	Testes pulmonares extras	Principais resultados pletismográficos	Resultados adicionais
SensorMedics 6200 <sup>17</sup>	American Thoracic Society (ATS)	% do previsto e em litros*	CPT, CV*, CRF*, VRE*, VR*	Espirometria DLCO	Redução média de 0,44 da CRF, 0,22 do VRE e 0,20 do VR	Redução do VEF <sub>1</sub> /CVF ( $p<0,001$ ). Relação linear positiva entre o IMC e a CVF ( $p<0,001$ ) e a DLCO ( $p=0,015$ ) Relação linear negativa entre o IMC e a CRF ( $p<0,001$ ), VRE ( $p<0,001$ ), VR ( $p<0,001$ ) e o VEF <sub>1</sub> /CVF ( $p<0,001$ ).
Jaeger Viasys <sup>18</sup>	NC	% do previsto	CPT, VRE, CV	Espirometria	Redução média de 14,3% do VRE	Aumento de 2,91% ( $p=0,002$ ) do VEF <sub>1</sub> , 3,08% ( $p=0,001$ ) da CVF, 2,27% ( $p=0,001$ ) da CPT, 14,8% ( $p<0,001$ ) do VRE após redução do peso corporal. Correlações negativas do aumento do VRE com o IMC ( $r=-0,27$ ; $p=0,01$ ) e a CC ( $r=-0,34$ ; $p=0,002$ ).
SensorMedics 6200 <sup>19</sup>	British Thoracic Society	% do previsto	CPT, VR, CRF	Espirometria DLCO	Redução média de 7% da CRF	Redução de 23,5% da DLCO. Correlações negativas com a gordura corporal subtotal e do tronco, respectivamente de: CRF ( $r=-0,367$ ; $p<0,01$ ; $r=-0,337$ ; $p<0,01$ ), VR ( $r=-0,298$ ; $p<0,05$ ; $r=-0,290$ ; $p<0,05$ ), CPT ( $r=-0,268$ ; $p<0,05$ ; $r=-0,264$ ; $p<0,05$ ).
SensorMedics 6200 <sup>20</sup>	European Respiratory Society (ERS)	% do previsto	CPT, CRF, VR	Espirometria	Redução média de 33,1% da CRF	Correlações negativas da CRF com o IMC ( $r=-0,32$ ; $p=0,03$ ), razão cintura-estatura ( $r=-0,32$ ; $p=0,02$ ), % de gordura corporal ( $r=-0,32$ ; $p=0,03$ ), % de gordura no troco ( $r=-0,32$ ; $p=0,04$ ) e o IMG ( $r=-0,36$ ; $p=0,02$ ).

%, percentual; CV, capacidade vital; CPT, capacidade pulmonar total; CRF, capacidade residual funcional; VR, volume residual, VRE, volume de reserva expiratório; VEF<sub>1</sub>, volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF, capacidade vital forçada; DLCO, difusão do monóxido de carbono; CC, circunferência da cintura; IMG, índice de massa gorda; NC, não consta a informação.

indicaram efeitos negativos do excesso de peso corporal sobre esses desfechos pulmonares.

Estudos feitos em indivíduos obesos sem comorbidades associadas indicam que o aumento do tecido adiposo na região do tórax e do abdome causa elevação da pressão

intra-abdominal, com conseqüente redução da complacência pulmonar e mobilidade da parede torácica.<sup>14,15</sup>

Essas alterações causam assincronismo tóraco-abdominal, levam ao comprometimento na contração diafragmática devido ao aumento da carga imposta ao

**Tabela 3** Avaliação da qualidade metodológica dos incluídos nessa revisão sistemática

Crítérios avaliados	Pontuação de referência	Davidson et al. <sup>17</sup>	van de Griendt et al. <sup>18</sup>	Li et al. <sup>19</sup>	Kongkiattikul et al. <sup>20</sup>
Pergunta do estudo	2	2	2	2	2
População do estudo	8	5	5	5	8
Comparabilidade dos indivíduos para os estudos observacionais	22	16	14	11	11
Exposição ou intervenção	11	11	11	11	11
Medidas de resultados	20	20	15	15	15
Análise estatística	19	12	9	7	7
Resultados	8	8	8	8	8
Discussão	5	4	3	4	4
Financiamento e patrocínio	5	5	0	0	5
<b>Score total</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>71</b>

abdome e comprometem também o aumento do diâmetro torácico através da movimentação das costelas. Alguns achados sugerem que o aumento da massa corpórea está associado com a elevação da resistência elástica e com a diminuição da distensibilidade das estruturas extrapulmonares.<sup>15,21</sup>

Em situações fisiológicas normais, a CRF é o ponto de equilíbrio das retrações elásticas entre o pulmão e a parede torácica.<sup>22</sup> Assim, considerando que a CRF é a somatória do VR e do VRE, qualquer mudança nessas variáveis ventilatórias implica alterações desse ponto de equilíbrio, como evidenciado por Davidson et al.<sup>17</sup> As alterações no fole pulmonar causam redução dos volumes pulmonares, com consequente instalação de um padrão restritivo.<sup>23,24</sup> Kongkiattikul et al.<sup>20</sup> relataram ainda que a redução da CRF leva a aumento da resistência aérea, da resistência vascular periférica e compromete a ventilação alveolar. Além disso, dados sugerem que essas alterações fisiológicas aumentam o risco de atelectasias e hipoxemia em indivíduos obesos.<sup>20,25</sup> Uma revisão sistemática feita na população obesa adulta também evidenciou redução das mesmas variáveis pletismográficas, com adição da CPT e da CV.<sup>15</sup>

Metade dos estudos incluídos foi conduzido no continente asiático,<sup>19,20</sup> seguido do americano e europeu.<sup>17,18</sup> Até o presente momento, não foi encontrado estudo na população brasileira infantil que objetivasse avaliar a influência da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares. Talvez essa carência de informações em âmbito nacional deva-se ao fato de que existem poucos pletismógrafos corporais no país, ao elevado custo do equipamento e, também, à maior dificuldade para obtenção de um teste satisfatório na amostra infantil.<sup>26</sup> A maioria dos estudos usou equipamentos da marca *SensorMedics*<sup>17,19,20</sup> e todos normalizaram os resultados dos volumes pulmonares por meio do percentual do previsto,<sup>17-20</sup> embora um estudo não tenha relatado a equação usada.<sup>18</sup>

Do total de estudos incluídos, três seguiram as diretrizes internacionais para a pletismografia corporal, incluindo a *American Thoracic Society*, *European Respiratory Society* e a *British Thoracic Society*.<sup>17,19,20</sup> De maneira geral, as metodologias usadas parecem incluir as mesmas manobras ventilatórias para obtenção dos volumes e capacidade

pulmonar, o que contribui para uma maior validade externa dos resultados encontrados.

Recentemente, uma revisão sistemática evidenciou efeitos negativos da obesidade infantil sobre as variáveis espirométricas, indicou redução do VEF<sub>1</sub>, CVF e da relação VEF<sub>1</sub>/CVF. No entanto, tal estudo não investigou os efeitos do fator obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares.<sup>14</sup> Levando em conta que a obesidade pode ser considerada uma doença com padrão restritivo,<sup>1,5</sup> os dados aqui apresentados adicionam informações importantes sobre o impacto da doença no sistema respiratório infantil, em comparação com o estudo publicado em 2012.<sup>14</sup> Espera-se que futuras pesquisas, principalmente em nível nacional, sejam desenvolvidas para avaliar os efeitos dessa condição crônica sobre o sistema pulmonar. Contudo, destaca-se a importância de novos estudos estratificarem suas faixas etárias (crianças e adolescentes), para investigar a possível influência do estado maturacional sobre esses desfechos. Além disso, torna-se essencial a divisão desses sujeitos quanto aos diferentes graus da obesidade, já que na presente revisão não foi possível avaliar a influência desses fatores.

Apesar de ser possível avaliar a massa corporal de crianças e adolescentes por meio de diversos métodos, a quantificação do IMC destaca-se por ser uma ferramenta simples e de baixo custo.<sup>27</sup> Sabe-se que a normalização através do percentil ou do escore-z é essencial para uma melhor avaliação do estado nutricional da população infantil.<sup>27,28</sup> Todos os estudos incluídos nesta revisão avaliaram o IMC através do escore-z, o que está de acordo com as recomendações pediátricas.<sup>27,28</sup> Desses, dois estudos<sup>17,20</sup> demonstraram influência negativa do IMC sobre a CRF, VRE e o VR por meio de testes de correlações e de modelos de regressão. Esses resultados sugerem que quanto maior a composição corporal, menores são os volumes e as capacidades pulmonares. Além disso, estudos prévios demonstraram uma correlação negativa entre o IMC e as variáveis espirométricas, incluindo o VEF<sub>1</sub>, CVF, FEF<sub>25-75%</sub> e a relação do VEF<sub>1</sub>/CVF.<sup>10,17,20,29</sup> Tais achados corroboram a hipótese de que o aumento da massa corpórea cause limitação da mobilidade diafragmática, redução do movimento costal, e comprometa a fisiologia pulmonar.<sup>7,10</sup> Griendt et al.<sup>18</sup>

demonstraram que a redução do peso corporal está relacionada com ganhos significativos do VEF<sub>1</sub>, CVF, CPT e do VRE, indica que a redução do IMC colabora para o aumento desses desfechos. Os autores justificam esses resultados devido ao fato de que a redução do peso corporal aumenta o espaço do compartimento torácico e melhora a complacência pulmonar, facilita, assim, a mecânica ventilatória. A correlação entre o aumento do VRE e a diminuição da circunferência da cintura apoia essa justificativa.<sup>18</sup>

Estudos anteriores têm observado associação significativa entre fatores de risco cardiovasculares e a circunferência da cintura abdominal.<sup>30,31</sup> No período da infância e adolescência, o excesso de peso corporal pode estar relacionado com mudanças metabólicas relevantes, tais como hipertensão arterial, dislipidemias e hiperinsulinemia, o que resulta na síndrome metabólica.<sup>32,33</sup> Dados prévios indicam que a relação entre a obesidade e a síndrome metabólica é ainda mais forte se a adiposidade for localizada na região abdominal.<sup>34,35</sup> Nesta revisão, dois estudos avaliaram a circunferência abdominal de seus participantes.<sup>18,20</sup> Van de Griendt et al.<sup>18</sup> evidenciaram correlação negativa entre a redução da circunferência da cintura e o aumento do VRE. Já Kongkiattikul et al.,<sup>20</sup> além de demonstrar correlação negativa entre a circunferência da cintura e a CRF, evidenciaram associação inversa entre a razão cintura-estatura, percentual de gordura corporal e o índice de massa gorda com a CRF. Tais resultados apoiam o fato de que o aumento do tecido adiposo na região abdominal acarreta prejuízos diretos para a função pulmonar desses indivíduos.<sup>20</sup> Outros dados também demonstraram uma correlação inversa da razão cintura-estatura e as variáveis antropométricas com os valores pulmonares.<sup>36</sup> Dentre os dois estudos que avaliaram a circunferência da cintura, o de van de Griendt et al.<sup>18</sup> apresentou valores médios mais elevados, em comparação com o de Kongkiattikul et al.,<sup>20</sup> o que pode ser atribuído à amostra do primeiro ter incluído indivíduos de faixa etária mais elevada (8,5-18,9 anos) com obesidade grave, com peso corporal entre 52,3 e 192,2 quilogramas.

De maneira geral, a qualidade dos estudos selecionados foi considerada elevada, com variação entre moderada<sup>19</sup> e alta qualidade metodológica.<sup>17,18,20</sup> Para tal avaliação, usou-se uma escala modificada para quantificação de estudos observacionais.<sup>16</sup> Essa escala tem-se demonstrado adequada para esse tipo de delineamento<sup>14</sup> e avalia a questão de pesquisa, a população do estudo, a comparação dos participantes, as medidas de exposição, a análise estatística, os resultados, a discussão e o financiamento.<sup>16</sup> Os estudos incluídos nesta revisão parecem apresentar algumas limitações, embora acredite-se que tais restrições não influenciaram na questão de pesquisa investigada, tendo em vista a boa qualidade metodológica atingida.

Alguns fatores baixaram a pontuação da qualidade dos estudos, como ausência do cálculo amostral,<sup>17-19</sup> o poder da análise,<sup>17-19</sup> as informações quanto ao cegamento na quantificação dos resultados,<sup>18-20</sup> os cuidados referentes às possíveis variáveis confundidoras<sup>17-20</sup> e o impacto dos vieses sobre os resultados encontrados.<sup>17-20</sup> Como a maioria dos estudos incluídos apresentou delineamento transversal,<sup>17,19,20</sup> nenhum avaliou os sujeitos por um período de seguimento, com exceção do estudo de van de Griendt et al.,<sup>18</sup> que analisou o efeito de um programa de redução de peso sobre os parâmetros de função pulmonar

em crianças e adolescentes obesos. Além disso, nenhum estudo avaliou os efeitos da dose resposta e poucos fizeram modelos ou análises multivariadas, testes de comparação múltipla<sup>17,18,20</sup> e relataram financiamento ao estudo.<sup>17,20</sup> Esses itens acima colaboram, de maneira direta, para a redução da pontuação obtida nos estudos avaliados.

Em resumo, os achados desta revisão demonstram efeitos deletérios da obesidade sobre os volumes e as capacidades pulmonares em crianças e adolescentes, com redução principalmente da capacidade residual funcional, volume de reserva expiratório e volume residual. Os resultados ressaltam a necessidade da elaboração de medidas efetivas estratégicas no combate da obesidade infantil por meio de programas de intervenção, para evitar ou amenizar o impacto negativo da obesidade sobre a função pulmonar dessa população.

## Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Ofei F. Obesity: a preventable disease. *Ghana Med J.* 2005;39:98-101.
2. Netto-Oliveira ER, Oliveira AA, Nakashima AT, Rosaneli CF, Oliveira Filho AO, Rechenchosky L, et al. Sobrepeso e obesidade em crianças de diferentes níveis econômicos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2010;12:83-9.
3. Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. *JAMA.* 2014;311:806-14.
4. Nihues JR, Gonzales AI, Lemos RR, Bezerra PP, Haas P. Prevalence of overweight and obesity in children and adolescents from the age range of 2 to 19 years old in Brazil. *Int J Pediatr.* 2014;2014:583207.
5. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2014;384:766-81.
6. Prentice-Dunn H, Prentice-Dunn S. Physical activity, sedentary behavior, and childhood obesity: a review of cross-sectional studies. *Psychol Health Med.* 2012;17:255-73.
7. Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered respiratory physiology in obesity. *Can Respir J.* 2006;13:203-10.
8. Rosenkranz SK, Townsend DK, Steffens SE, Harms CA. Effects of a high-fat meal on pulmonary function in healthy subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109:499-506.
9. Ferreira MS, Mendes RT, de Lima Marson FA, Zambon MP, Paschoal IA, Toro AA, et al. The relationship between physical functional capacity and lung function in obese children and adolescents. *BMC Pulm Med.* 2014;14:199.
10. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest.* 2006;130:827-33.
11. Fantuzzi G. Adipose tissue, adipokines, and inflammation. *J Allergy Clin Immunol.* 2005;115:911-9.
12. Eisenmann JC, Arnall DA, Kanuho V, Interpreter C, Coast JR. Obesity and pulmonary function in Navajo and Hopi children. *Ethn Dis.* 2007;17:14-8.

13. Ulger Z, Demir E, Tanaç R, Gökşen D, Gülen F, Darcan S, et al. The effect of childhood obesity on respiratory function tests and airway hyperresponsiveness. *Turk J Pediatr.* 2006;48:43–50.
14. Tenório LH, Santos AC, Oliveira AS, Lima AM, Brasileiro-Santos MS. Obesidade e testes de função pulmonar em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. *Rev Paul Pediatr.* 2012;30:423–30.
15. Melo LC, Silva MA, Calles AC. Obesidade e função pulmonar: uma revisão sistemática. *Einstein (Sao Paulo).* 2014;12:120–5.
16. West S, King V, Carey TS, Lohr KN, McKoy N, Sutton SF, et al. Systems to rate the strength of scientific evidence. *Evid Rep Technol Assess (Summ).* 2002:1–11.
17. Davidson WJ, Mackenzie-Rife KA, Witmans MB, Montgomery MD, Ball GD, Egbogah S, et al. Obesity negatively impacts lung function in children and adolescents. *Pediatr Pulmonol.* 2014;49:1003–10.
18. Van de Griendt EJ, van der Baan-Slootweg OH, van Essen-Zandvliet EE, van der Palen J, Tamminga-Smeulders CL, Benninga MA, et al. Gain in lung function after weight reduction in severely obese children. *Arch Dis Child.* 2012;97:1039–42.
19. Li AM, Chan D, Wong E, Yin J, Nelson EA, Fok TF. The effects of obesity on pulmonary function. *Arch Dis Child.* 2003;88:361–3.
20. Kongkiattikul L, Sritippayawan S, Chomtho S, Deerojanawong J, Prapphal N. Relationship between obesity indices and pulmonary function parameters in obese Thai children and adolescents. *Indian J Pediatr.* 2015;82:1112–6.
21. Boran P, Tokuc G, Pisgin B, Oktem S, Yegin Z, Bostan O. Impact of obesity on ventilatory function. *J Pediatr (Rio J).* 2007;83:171–6.
22. Barreto S. Volumes pulmonares. *J Bras Pneumol.* 2008;28 Suppl 3:S83–94.
23. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Bras Pneumol.* 2002;28:155–65.
24. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J.* 2005;26:153–61.
25. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol.* 2010;108:206–11.
26. França DC, Camargos PA, Martins JA, Abreu MC, Avelar e Araújo GH, Parreira VF. Feasibility and reproducibility of spirometry and inductance plethysmography in healthy Brazilian preschoolers. *Pediatr Pulmonol.* 2013;48:716–24.
27. Sigulem DM, Devincenzi MU, Lessa AC. Diagnóstico nutricional de crianças. *J Pediatr (Rio J).* 2000;76 Suppl 3:S275–84.
28. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl.* 2006;450:76–85.
29. Dubern B, Tounian P, Medjadhi N, Maingot L, Girardet JP, Boulé M. Pulmonary function and sleep-related breathing disorders in severely obese children. *Clin Nutr.* 2006;25:803–9.
30. Botton J, Heude B, Kettaneh A, Borys JM, Lommez A, Bresson JL, et al. Cardiovascular risk factor levels and their relationships with overweight and fat distribution in children: the Fleurbaix Laventie Ville Santé II study. *Metabolism.* 2007;56:614–22.
31. Bitsori M, Linardakis M, Tabakaki M, Kafatos A. Waist circumference as a screening tool for the identification of adolescents with the metabolic syndrome phenotype. *Int J Pediatr Obes.* 2009;4:325–31.
32. Glueck CJ, Woo JG, Khoury PR, Morrison JA, Daniels SR, Wang P. Adolescent oligomenorrhea (age 14–19) tracks into the third decade of life (age 20–28) and predicts increased cardiovascular risk factors and metabolic syndrome. *Metabolism.* 2015;64:539–53.
33. Nathan BM, Moran A. Metabolic complications of obesity in childhood and adolescence: more than just diabetes. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2008;15:21–9.
34. Morrison JA, Friedman LA, Harlan WR, Harlan LC, Barton BA, Schreiber GB, et al. Development of the metabolic syndrome in black and white adolescent girls: a longitudinal assessment. *Pediatrics.* 2005;116:1178–82.
35. Pereira PF, Serrano HM, Carvalho GQ, Lamounier JA, Peluzio MC, Franceschini SC, et al. Circunferência da cintura como indicador de gordura corporal e alterações metabólicas em adolescentes: comparação entre quatro referências. *Rev Assoc Med Bras.* 2010;56:665–9.
36. Paralikar SJ, Kathrotia RG, Pathak NR, Jani MB. Assessment of pulmonary functions in obese adolescent boys. *Lung India.* 2012;29:236–40.