

**Fisioter Bras 2021;22(6):951-64**

doi: [10.33233/fb.v22i6.4837](https://doi.org/10.33233/fb.v22i6.4837)

## REVISÃO

**Postura, mobilidade diafragmática e função pulmonar em crianças e adolescentes obesos**

***Posture, diaphragmatic mobility and pulmonary function in obese children and adolescents***

Patrícia Clara Pereira dos Santos, D.Sc.\*, Vanessa Maria da Silva Alves Gomes, M.Sc.\*, Gisélia Alves Pontes da Silva, D.Sc.\*\* , Gisela Rocha de Siqueira, D.Sc.\*\*

*\*Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), \*\*Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)*

Recebido em 3 de julho de 2021; aceito em 1 de dezembro de 2021.

**Correspondência:** Patrícia Clara Pereira dos Santos, Av. Jorn. Aníbal Fernandes, 173, Cidade Universitária 50740-560 Recife PE, E-mail: [patriciacps@yahoo.com.br](mailto:patriciacps@yahoo.com.br)

Patrícia Clara Pereira dos Santos: [patriciacps@yahoo.com.br](mailto:patriciacps@yahoo.com.br)

Vanessa Maria da Silva Alves Gomes: [vanessaalvesfta@gmail.com](mailto:vanessaalvesfta@gmail.com)

Gisélia Alves Pontes da Silva: [giselialves@gmail.com](mailto:giselialves@gmail.com)

Gisela Rocha de Siqueira: [giselarsiqueira@gmail.com](mailto:giselarsiqueira@gmail.com)

## Resumo

**Introdução:** A sobrecarga corporal devida à obesidade contribui no surgimento de alterações no sistema musculoesquelético e respiratório. **Objetivo:** Analisar as evidências científicas referentes à influência da obesidade sobre a postura do tronco, a resposta cinético-funcional do diafragma e a função pulmonar em crianças e adolescentes. **Métodos:** Trata-se de uma revisão de literatura, utilizando as bases de dados Medline, Cochrane, Embase, Lilacs e *Web of Sciences*, nos idiomas inglês, português e espanhol, nos últimos 10 anos. Foram utilizados os descritores: “obesidade”, “postura”, “diafragma”, “função pulmonar”, “adolescentes”, “adultos jovens”. Os critérios de exclusão foram: estudos que abordaram distúrbios neuromusculares associados, cifoescoliose, fibrose cística, enfisema pulmonar, asma e DPOC e artigos não disponíveis na íntegra. **Resultados:** Foram identificados 226 estudos, porém 10 foram analisados. Os resultados apontaram que a postura do tronco nos obesos é

hipercifótica, hiperlordótica e com anteversão pélvica, além de apontar indícios de repercussão na dinâmica respiratória, com redução da mobilidade do diafragma e dos volumes e capacidades pulmonares. *Conclusão:* A obesidade contribui para a ocorrência de hipercifose, hiperlordose e anteversão da pelve, bem como na diminuição da atividade do diafragma e função pulmonar.

**Palavras-chave:** obesidade; postura; diafragma; função pulmonar; crianças; adolescentes.

### Abstract

*Introduction:* The body overload due to obesity contributes to the emergence of changes in the musculoskeletal and respiratory system. *Objective:* To analyze the scientific evidence regarding the influence of obesity on trunk posture, the functional kinetic response of the diaphragm and lung function in children and adolescents. *Methods:* This is a literature review, using the Medline, Cochrane, Embase, Lilacs and Web of Sciences databases, in English, Portuguese and Spanish, in the last 10 years. The descriptors were “obesity”, “posture”, “diaphragm”, “lung function”, “adolescents”, “young adults”. The studies that addressed associated neuromuscular disorders, kyphoscoliosis, cystic fibrosis, pulmonary emphysema, asthma and COPD and articles not available in full were excluded. *Results:* 226 studies were identified, however, 10 were analyzed. The results showed that the trunk posture in obese patients is hyperkyphotic, hyperlordotic and with pelvic anteversion, in addition to pointing out signs of repercussions on respiratory dynamics, with reduced diaphragm mobility and lung volume and capacity. *Conclusion:* The studies included in this review suggest that obesity contributes to the occurrence of hyperkyphosis, hyperlordosis and anteversion of the pelvis, as well as to a decrease in diaphragm activity and lung function.

**Keywords:** obesity; posture; diaphragm; pulmonary function; child; adolescents.

### Introdução

A obesidade é um distúrbio multifatorial caracterizado por acúmulo de gordura corporal que atinge todas as faixas etárias, sendo a adolescência um dos períodos mais críticos para a aquisição e manutenção do excesso de peso na vida adulta [1,2]. A prevalência mundial em 2016 é de 340 milhões de crianças e adolescentes com idades entre 5 e 19 anos com sobrepeso ou obesidade [2]. Pesquisa nos Estados Unidos indicou que 18,5% dos jovens com idades entre 2 e 19 anos eram obesos, dos quais 5,6% foram classificados na obesidade grave [3]. Dados são semelhantes no Brasil, onde a prevalência da população passou de 11,8% em 2006, para 20,3% em 2019,

segundo os dados da Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas (VIGITEL) [4].

Além do comprometimento sistêmico, a obesidade pode estar associada à ocorrência de alterações posturais, principalmente na coluna vertebral, para compensar o alinhamento vertebral em relação ao centro de gravidade [5-7]. Essa concentração de tecido adiposo na região abdominal pode predispor ao deslocamento anterior do centro de gravidade levando a adaptações na coluna vertebral, como a hipercifose dorsal, a protusão dos ombros, e a hiperlordose lombar [8-10]. Apesar da relação entre a adiposidade e alterações posturais serem observadas, os mecanismos subjacentes a essas compensações são pouco explicados [8].

No entanto, é relatado que além das repercussões musculoesqueléticas, a obesidade central também pode influenciar o funcionamento do sistema respiratório por provocar insuficiência da ativação dos músculos abdominais e do diafragma e alteração da mobilidade da caixa torácica [5,11,12]. Essa sobrecarga toracoabdominal limita a mobilidade da parede torácica e altera a relação de comprimento-tensão do diafragma [12], comprometendo a função pulmonar [12,13] e conseqüentemente a força muscular respiratória [14].

Porém, os mecanismos relacionados a essa redução da função respiratória em obesos não foram amplamente esclarecidos [13]. Esse impacto negativo sobre os sistemas musculoesquelético e respiratório é descrito na literatura como diretamente proporcional ao grau da obesidade em adultos [11,15,16]. No entanto, existem poucas evidências e com resultados conflitantes em crianças e adolescentes obesos.

A presente revisão teve como objetivo analisar os resultados dos estudos empíricos que avaliaram as influências da obesidade na postura do tronco, na mobilidade do diafragma e na função pulmonar, tendo em vista a carência de estudos direcionados a crianças e adolescentes.

## Métodos

Trata-se de um estudo descritivo, do tipo revisão de literatura. Foi realizada uma busca eletrônica de artigos indexados em cinco bases de dados (Medline, Pubmed, Cochrane, Embase, Lilacs e Web of Science). A seleção dos estudos foi realizada por um revisor e, para conferência quanto à elegibilidade dos estudos, um segundo revisor foi consultado. Para a seleção dos descritores foram utilizadas as ferramentas MeSH (Medical Subject Headings Section), do Medline, Pubmed, e do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), do Portal Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), com os seguintes

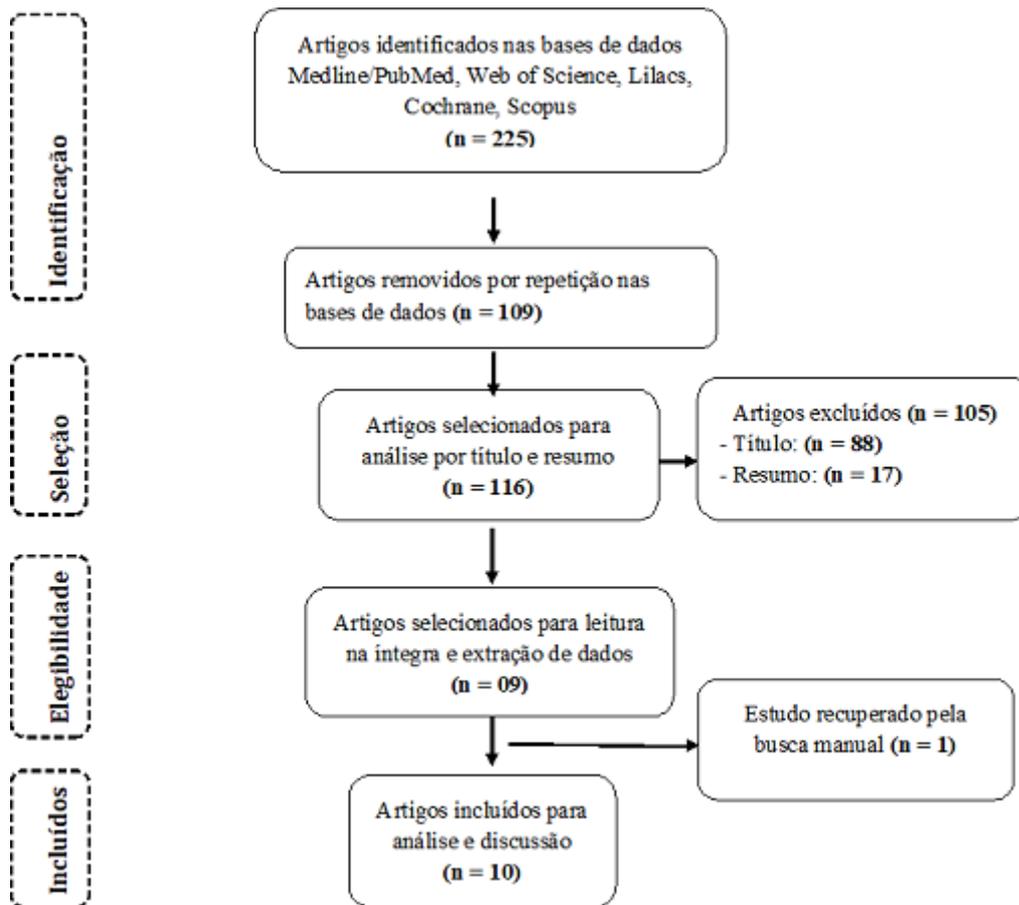
descritores: obesity, posture, diaphragm, pulmonary function, child, adolescents, e suas combinações com os respectivos operadores booleanos “and” e “or”.

Tendo em vista a necessidade de uma abordagem atualizada sobre essa temática, foram incluídos estudos publicados na íntegra em periódicos indexados, em português, inglês ou espanhol e nos últimos 10 anos. Foram excluídos: 1) artigos que abordavam distúrbios neurodegenerativos ou neuromusculares associados, alterações posturais como a cifoescoliose e alterações respiratórias prévias como fibrose cística, enfisema pulmonar, asma e DPOC; 2) amostra com faixa etária apenas de adultos e idosos; 3) estudos repetidos em diferentes bases de dados.

Inicialmente os artigos foram identificados pelo título e pelo resumo, sendo descartados aqueles que não atenderam aos critérios de inclusão e exclusão, bem como os repetidos. A seguir, foi realizada leitura na íntegra dos artigos selecionados. As informações incluídas nas tabelas I, II e III contemplam a caracterização dos estudos, métodos de avaliação e os desfechos relacionados postura, mobilidade diafragmática e na função pulmonar em indivíduos obesos, respectivamente.

## Resultados

A pesquisa identificou 226 artigos e um artigo identificado através de busca manual. Destes, 109 artigos presentes em diferentes bases de dados foram removidos, restando 117 artigos. Após leitura dos títulos ou resumos, 10 estudos foram selecionados para a leitura do texto completo. O processo de busca dos artigos está descrito no fluxograma (Figura 1).



(Liberati *et al.*, 2009)

**Figura 1** - Fluxograma das etapas de seleção dos artigos de acordo com o PRISMA

Nas tabelas I, II e III está apresentada uma descrição detalhada dos principais estudos selecionados sobre obesidade, postura, dinâmica do diafragma e função pulmonar em jovens, respectivamente. Foram destacados: os autores; o ano de publicação; o tipo de estudo empregado; as características da amostra; e o instrumento avaliativo usado.

**Tabela I - Relação entre a obesidade e postura do tronco**

Autor	Ano – tipo de estudo	Amostra	Método	Resultados
Rusek et al. [18]	2019 - transversal	464 voluntários (eutróficos, sobrepeso e obesos), entre 6 e 16 anos.	Topografia - Sistema Zebris APGMS Pointer software e ultrassom.	Obesidade foi encontrada em 9% dos meninos e em 5,7% das meninas. Verificou-se que, maior massa corporal (maior IMC) coincidiu com uma distância maior das escápulas no plano frontal (H = 11,47 mm; p = 0,009).
Maciałczyk-Paprocka et al. [17]	2017 - transversal	2.732 voluntários (controles, sobrepeso e obesos), entre 3 e 18 anos.	Exame Postural - Avaliação Visual (avaliação de Dega)	Obesos apresentaram maiores erros posturais (78,6%), sobrepeso (69,2%) e controles (67%). Além disso, crianças e adolescentes obesos apresentaram mal alinhamento abdominal, joelhos valgos e pés chatos.
Siqueira et al. [10]	2015 - transversal	141 indivíduos, com sobrepeso e obesidade, entre 18 e 25 anos, separados em grupo com hiperlordose lombar (n = 70) ou não (n = 71).	Fotogrametria	Indivíduos com hiperlordose verificou maior CA e quantidade de gordura visceral.
Aleixo et al. [9]	2012 - transversal	34 indivíduos e adolescentes, com (11) sobrepeso e (23) obesidade, entre 6 e 12 anos.	Exame Postural – Avaliação de Kendall	Obesos: Hiperlordose em 61,7%. Protusão do abdome em 78,37% e de ombro 63,6%.
Silva et al. [19]	2011 - transversal	51 indivíduos e adolescentes, ambos os sexos, divididas em: obesos (n=33) e não-obesos (n=18), entre 9 e 17 anos.	Fotogrametria	Meninos obesos: ombro protuso e dor na coluna (28%). Meninas obesos: dor na coluna (88,2%).
Smith et al. [6]	2011 - transversal	1.373 adolescentes, entre 14 e 15 anos. Diferentes IMC.	Fotogrametria	As proporções de subgrupos posturais: Neutro (29%), plano (22%), balanço (27%) e hiperlordótico (22%). A classe de trajetória do IMC foi associada ao subgrupo postural hiperlordótico.

CA = circunferência abdominal; H = altura; IMC = Índice de Massa Corporal; mm= milímetros; Nota: Apresentação dos estudos em ordem cronológica

**Tabela II - Relação entre a obesidade e dinâmica do diafragma**

Autor	Ano	Tipo de estudo	População e faixa etária	Método de avaliação	Resultados
El-Halaby et al. [27]	2016	transversal	400 indivíduos saudáveis. Entre 1 mês e 16 anos. Divididos em quatro grupos iguais (grupo 1: 1 mês-2 anos; grupo 2: 2-6 anos; grupo 3: 6-12 anos); e grupo 4: 12 a 16 anos)	US modo M. Mobilidade e espessura.	Correlações fracas entre a excursão do diafragma e peso corporal em todas as faixas etárias ( $r = 0,52, 0,25, 0,27$ e $0,20$ ; $P < 0,001, 0,013, 0,011$ e $0,047$ para os diferentes grupos respectivamente).
Silva et al. [15]	2015	transversal	35 indivíduos, entre 8 e 12 anos. Obesos e sobrepesos.	Pletismografia optoeletrônica	Na criança obesa a cinemática toracoabdominal é influenciada pela postura supina, com aumento da contribuição abdominal e diminuição da caixa torácica para a ventilação.

US = ultrassonografia

**Tabela III - Obesidade e função pulmonar**

Autor	Ano	Tipo de estudo	População e faixa etária	Método de avaliação	Resultados encontrados
Ferreira et al. [34]	2017	transversal	77 indivíduos = 38 obesos e 39 com peso normal. Entre cinco e 17 anos.	espirometria e capnografia volumétrica.	Obesos apresentaram maiores valores no CVF e VEF1, e menor valor de (VEF1/CVF).
Faria et al. [35]	2014	transversal	92, obesos ( $n = 47$ ), e eutróficos ( $n = 45$ ), entre 10 e 17 anos	Manuacuometria, Espirometria	Os valores de VVM, CVF, e VEF1 foram menores nos obesos. VRE reduzido em todos os obesos.

CVF = Capacidade Vital Forçada; VEF1 = volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF1/CVF = relação do índice de Tiffeneau; VRE = volume de reserva expiratória; VVM = ventilação voluntária máxima; Nota: Apresentação dos estudos em ordem cronológica

## Discussão

### *Alterações posturais do tronco no obeso*

A associação entre a obesidade, postura do tronco e pelve tem sido estudada recentemente [7,10,17,18]. Em indivíduos obesos as alterações descritas em relação ao

alinhamento anteroposterior são: hipercifose dorsal, hiperlordose lombar e alterações no alinhamento pélvico (anteversão e retroversão) [6,9,10,17-19]. O acúmulo de tecido adiposo abdominal, principalmente visceral, provoca anteriorização do centro de massa do indivíduo e conseqüentemente adaptação da postura do tronco, que assume uma posição de translação anterior associada à anteversão dos íliacos e translação posterior da pelve em relação à linha média, conforme descrito em algumas pesquisas [7,20].

A hipercifose torácica é uma alteração postural presente nos obesos [6,9,17,19], e essa sobrecarga imposta ao sistema osteomioarticular do tronco pode causar danos a toda biomecânica corporal [10,18,21]. Esse agravo pode provocar outras alterações posturais devido a mecanismos compensatórios, como a hiperlordose cervical, anteriorização da cabeça, ombros protraídos e tórax achatado anteriormente [10,18,19]. Estudos de Aleixo *et al.* [9] e Silva *et al.* [19] mostraram que adolescentes obesos possuíam maior protusão de ombro e abdome. Assim como, estudo de Rusek *et al.* [18] verificou maior distância entre as escápulas de obesos.

Além das alterações posturais, Pan *et al.* [5] realizaram uma revisão sistemática e concluíram que a obesidade reduziria também a mobilidade de movimento torácico. Essa diminuição poderia ser decorrente da sobrecarga adiposa sobre a região torácica [5,13,22]. Ademais, em crianças com diferentes índices de massas corporais (IMCs), verificou-se prejuízos à mobilidade da coluna, decorrentes das compensações posturais, como na hiperlordose lombar [6]. Esse mecanismo pode promover maior ativação dos músculos extensores do tronco e promover maior inclinação torácica e ângulo do tronco [23,24].

Além das alterações no alinhamento do tronco, o depósito de gordura abdominal pode afetar a dinâmica respiratória, alterando a mobilidade do músculo diafragma [12]. Sabe-se que a resposta funcional respiratória pode estar comprometida devido a uma postura alterada que afeta a caixa torácica, abdome ou pelve [23,25,26]. Poucas evidências acerca dessa associação entre o índice de massa corporal e a dinâmica do músculo diafragma são relatadas [15,27] (tabela II).

No entanto, o aumento da circunferência abdominal leva a efeitos mecânicos na função pulmonar, parcialmente explicado pelo comprometimento do movimento do diafragma e da parede do tórax [12,13,15,16,22]. Em obesos, o acúmulo de tecido adiposo ao redor da caixa torácica e abdome promovem uma sobrecarga toracoabdominal limitando a mobilidade da parede torácica e do diafragma, alterando a função ventilatória [14,16,22,28]. Além disso, provoca compressão sobre o músculo diafragma [26,28], o que pode alterar a relação comprimento-tensão deste músculo [16,28]. E assim, influenciar o funcionamento do sistema respiratório por provocar

insuficiência da contração dos músculos abdominais e do diafragma e alteração da mobilidade da caixa torácica [6,16,22,28].

Ademais, são relatadas várias adaptações na estrutura musculoesquelética, incluindo aumento da deposição lipídica intra e intermuscular [28,29]. Outra explicação sugere que a obesidade pode alterar o perfil das fibras musculares, devido ao aumento na expressão das citocinas inflamatórias e alteração no tipo de fibra muscular, de lenta para a rápida como observado em estudos experimentais [30]. Estudo de Buras *et al.* [29] verificou deposição de adipócitos e colágeno na fibra muscular do diafragma em ratos obesos que dificultaria o processo contrátil. Corroborando esses achados, pesquisa recente de Rodrigues *et al.* [31] observou maior demanda oxidativa mitocondrial e teor lipídico na fibra muscular de ratos obesos, sugerindo adaptação nesse fenótipo.

Em humanos, sugere-se que o impacto negativo sobre o sistema musculoesquelético e respiratório seria diretamente proporcional ao grau da obesidade em adultos [13,15,32,33]. Contudo, são escassos os estudos em crianças e adolescentes. Apenas um estudo, o de El-Halaby *et al.* [27] avaliou 400 indivíduos de diferentes idades, pesos corporais e ambos os sexos, para estipular os valores de referência de mobilidade e espessura diafragmática. Assim, verifica-se que não há dados suficientes sobre a função diafragmática na obesidade em jovens, e os achados ainda são incipientes.

Ademais, a obesidade também contribui no funcionamento do sistema respiratório por provocar uma insuficiência da contração dos músculos abdominais e do diafragma e uma alteração da mobilidade da caixa torácica, influenciando na função pulmonar [15,16,22]. De acordo com o descrito na tabela III, em dois estudos, os obesos tiveram valores maiores de capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado (VEF1) e índice de Tiffeneau (VEF1/CVF) [34], e hipoventilação em bases pulmonares ou atelectasias, além de volume de reserva expiratório (VRE) reduzido [35]. Quanto maior o IMC, mais acentuadas serão as alterações nessas variáveis espirométricas [22], em ambos os sexos, e com menor tolerância ao exercício [35]. Para avaliação, foram utilizados diversos instrumentos como a pletismografia optoeletrônica [22] e a espirometria [34], considerada o padrão-ouro de análise, não-invasiva, acessível e a mais utilizada nas pesquisas e na clínica [14,16,34,35].

Em adultos obesos, as alterações respiratórias podem ter relação direta ao IMC [22,32,33], ou não [36]. No entanto, evidências dessas alterações pulmonares em crianças e adolescentes são recentes [16,34-36]. Revisão sistemática de Winck *et al.* [37] evidenciou falta de rigor metodológico nos estudos com relação à função pulmonar em crianças e adolescentes obesos, apesar da redução nas variáveis (CVF, VEF1 e

VEF1/CVF). Os resultados são distintos na literatura, nos quais se verifica aumento de CVF e VEF1 associado a uma maior circunferência de cintura [36] ou nenhuma influência dos parâmetros antropométricos sob a função pulmonar em obesos de baixo grau de IMC [38]. Esse impacto negativo sobre o sistema respiratório poderia estar relacionado ao IMC e a circunferência abdominal, no entanto, esses efeitos mecânicos e metabólicos da obesidade na função pulmonar são pouco esclarecidos e de complexa estimativa [13,22,39,40].

Nota-se que a relação entre a função pulmonar e a obesidade entre crianças e adultos pode diferir. Esses mecanismos não estão esclarecidos acerca da diminuição da complacência do sistema respiratório em obesos, seja decorrente de redução na complacência pulmonar ou da parede do tórax, ou uma combinação de ambos [13,39,40]. Em crianças, o IMC também pode estar relacionado a aumentos nos valores de CVF do que do VEF1, e que contribuem em menor relação de VEF1/CVF [32].

Estudo de metanálise de Forno *et al.* [33] incluiu 44 estudos, os quais sugerem que a obesidade pode ter efeitos mais evidentes sobre o VEF1 e o CVF entre obesos sem asma do que entre aqueles com asma, e esse achado foi mais pronunciado em crianças do que em adultos. Outra pesquisa recente de Sharma *et al.* [39] observou apenas cinco estudos relacionando comorbidades respiratórias em indivíduos entre cinco e 18 anos.

Um possível mecanismo é o acúmulo de gordura visceral na região abdominal, que gera maior circunferência da cintura e altera a atividade contrátil dos músculos abdominais, causando prejuízos, particularmente, na expiração forçada [16] além de alteração na fibra muscular [29,31]. Assim, essas repercussões podem se prolongar ao longo da vida do indivíduo obeso e predispor a testes de função pulmonar sugestivas de um déficit obstrutivo ou restritivo [40]. Logo, torna-se importante avaliar o alinhamento do tronco, a mobilidade diafragmática e a função pulmonar e suas associações com a obesidade.

## Conclusão

A presente revisão mostrou que a presença da obesidade interfere no alinhamento postural com a hipercifose torácica, hiperlordose lombar e anteversão pélvica, favorecendo disfunções na coluna que podem interferir na vida adulta. Além disso, algumas pesquisas apontam alteração na mobilidade do diafragma e na função pulmonar associada à obesidade.

**Conflitos de interesse**

Não há conflito de interesses

**Contribuição dos autores**

*Construção do trabalho, elaboração do artigo:* Santos PCP, Silva GAP e Siqueira GR;  
*Processo de busca e revisão do artigo:* Gomes VMS

**Fonte de financiamento**

Não houve financiamento

**Referências**

1. Maffei C, Grezzani A, Pietrobelli A, Provera S, Tatò L. Does waist circumference predict fat gain in children? *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25(7):978-83. doi: 10.1038/sj.ijo.0801641
2. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. [cited 2020 Sept 8]. Available from: [who.int/news\\_room/fact\\_sheets/detail/obesity\\_and\\_overweight](http://who.int/news_room/fact_sheets/detail/obesity_and_overweight)
3. Fryar CD, Carroll MD, Ogden CL. Prevalence of overweight, obesity, and severe obesity among children and adolescents aged 2-19 years: United States, 1963-1965 through 2015-2016. In *Health E-Stats*; National Center for Health Statistics: Hyattsville, MD, USA, 2018.
4. Brasil. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa, Secretaria de vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. VIGITEL Brasil 2019. Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2019. [cited 2020 Set 7]. Available from: <https://www.saude.gov.br/images/pdf/2020/April/27/vigitel-brasil-2019-vigilancia-fatores-risco.pdf>
5. Pan F, Firouzabadi A, Reitmaier S, Zander T, Schmidt H. The shape and mobility of the thoracic spine in asymptomatic adults - A systematic review of in vivo studies. *J Biomech* 2018;10;78:21-35. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.07.041
6. Smith AJ, O'Sullivan PB, Beales DJ, De Klerk N, Straker LM. Trajectories of childhood body mass index are associated with adolescent sagittal standing posture. *Int J Pediatr Obes* 2011;6(2-2):e97-106. doi: 10.3109/17477166.2010.530664
7. Jalai CM, Diebo BG, Cruz DL, Poorman GW, Vira S, Buckland AJ, Lafage R, et al. The impact of obesity on compensatory mechanisms in response to progressive sagittal malalignment. *Spine J* 2017;17(5):681-8. doi: 10.1016/j.spinee.2016.11.016
8. Araújo F, Lucas R, Alegrete N, Azevedo A, Barros H. Individual and contextual characteristics as determinant in sagittal standing posture, a population-based study in adults. *Spine J* 2014;14(10):2373-83. doi: 10.1016/j.spinee.2014.01.040
9. Aleixo AA, Guimarães EL, Walsh IAP, Pereira K. Influence of overweight and obesity on posture, overall praxis and balance in schoolchildren. *Influence of overweight and obesity on posture, overall praxis and balance in schoolchildren. Rev Bras Crescimento Desenvol Hum* [Internet]. 2012 [cited 2021 Dec 2];22(2):239-45.

- [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12822012000200017&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12822012000200017&lng=pt&nrm=iso)
10. Siqueira GR, Alencar GG, Rocha MBN, Silva LR, Moura MCGG, Silva GAP. Relação entre lordose lombar e depósito de gordura abdominal em adolescentes e adultos jovens. *Rev Bras Ciênc Mov* 2015;23(2):74-80. doi: 10.18511/0103-1716/rbcm.v23n2p74-80
  11. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest* 2006;130(3):827-33. doi: 10.1378/chest.130.3.827
  12. Hodges P, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol* 2000;89(3):967-76. doi: 10.1152/jappl.2000.89.3.967
  13. Dixon AE, Peters U. The effect of obesity on lung function. *Expert Rev Respir Med* 2018;12(9):755-67. doi: 10.1080/17476348.2018.1506331
  14. Tenório LH, Santos AC, Câmara Neto JB, Amaral FJ, Passos VM, Lima AM, et al. The influence of inspiratory muscle training on diaphragmatic mobility, pulmonary function and maximum respiratory pressures in morbidly obese individuals: a pilot study. *Disabil Rehabil* 2013;35(22):1915-20. doi: 10.3109/09638288.2013.769635
  15. Silva L, Barcelar JDEM, Rattes CS, Sayão LB, Reinaux CA, Campos SL, et al. The influence of supine posture on chest wall volume changes is higher in obese than in normal weight children. *Appl Physiol Nutr Metab* 2015;40(2):178-83. doi: 10.1139/apnm-2014-0201
  16. Holguera RM, Nieves AIT, Torres RR, Alonso MC. The effects of truncal adiposity in forced spirometry: Sex differences. *Respir Physiol Neurobiol* 2018;247:167-73. doi: 10.1016/j.resp.2017.10.009
  17. Maciałczyk-Paprocka K, Stawińska-Witoszyńska B, Kotwicki T, Sowińska A, Krzyżaniak A, Walkowiak J, et al. Prevalence of incorrect body posture in children and adolescents with overweight and obesity. *Eur J Pediatr* 2017;176(5):563-72. doi: 10.1007/s00431-017-2873-4
  18. Rusek W, Leszczak J, Bara J, Adamczyk M, Weres A, Baran R, et al. Role of body mass category in the development of faulty postures in school-age children from a rural area in south-eastern Poland: a cross-sectional study. *BMJ Open* 2019;9(11):e030610. doi: 10.1136/bmjopen-2019-030610
  19. Silva LR, Rodacki FAL, Brandalize M, Lopes MFA, Bento PCB, et al. Alterações posturais em crianças e adolescentes obesos e não-obesos. *Rev Bras Cienc Des Hum* 2011;13(6):448-54. doi: 10.1590/1980-0037.2011v13n6p448
  20. Gilleard W, Smith T. Effect of obesity on posture and hip joint moments during a standing task, and trunk forward flexion motion. *Int J Obes (Lond)* 2007;31(2):267-71. doi: 10.1038/sj.ijo.080343

21. Siqueira GR, Silva GAP. Alterações posturais da coluna e instabilidade lombar no indivíduo obesos: uma revisão de literatura. *Fisioter Mov* 2011;24(3):557-66. doi: 10.1590/S0103-51502011000300020
22. Barcelar JM, Aliverti A, Melo TLLB, Dornelas CS, Lima CSFR, Reinaux CM, et al. Chest wall regional volumes in obese women. *Respir Physiol Neurobiol* 2013;189(1):167-73. doi: 10.1016/j.resp.2013.07.016
23. Beeckmans N, Vermeersch A, Lysens R, Wambeke PV, Goossens N, Thys T, et al. The presence of respiratory disorders in individuals with low back pain: a systematic review. *Man Ther* 2016;26:77-86. doi: 10.1016/j.math.2016.07.011
24. Claeys K, Brumagne S, Deklerck J, Vanderhaeghen J, Dankaerts W. Sagittal evaluation of usual standing and sitting spinal posture. *J Bodyw Mov Ther* 2016;20(2):326-33. doi: 10.1016/j.jbmt.2015.10.002
25. Hellyer NJ, Andreas NM, Bernstetter AS, Cieslak KR, Donahue GF, Steiner EA, et al. Comparison of diaphragm thickness measurements among postures via ultrasound imaging. *PM R* 2017;9(1):21-5. doi: 10.1016/j.pmrj.2016.06.001
26. Wallden M. The diaphragm e More than an inspired design. *J Bodyw Mov Ther* 2017;21(2):342-9. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.03.013
27. EL-Halaby H, Abdel-Hady H, Alsawah G, Abdelrahman A, El-Tahan H. Sonographic evaluation of diaphragmatic excursion and thickness in healthy infants and children. *J Ultrasound Med* 2016;35(1):167-75. doi: 10.7863/ultra.15.01082
28. Bollinger LM. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. *Gait Posture* 2017;56:100-7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.05.003
29. Buras ED, Converso-Baran K, Davis CS, Akama T, Hikage F, Michele DE, et al. Fibro-adipogenic remodeling of the diaphragm in obesity-associated respiratory dysfunction. *Diabetes* 2019;68(1):45-56. doi: 10.2337/db18-0209
30. Hodges PW, Blomster L, Hall L, Schmid A, Shu C, Little C, Melrose J, et al. Multifidus muscle changes after back injury are characterized by structural remodeling of muscle, adipose and connective tissue, but not muscle atrophy. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40(14):1057-71. doi: 10.1097/BRS.0000000000000972
31. Rodrigues GC, Rocha NN, Maia LA, Melo I, Simões AC, Antunes MA, Bloise FF, et al. Impact of experimental obesity on diaphragm structure, function, and bioenergetics. *J Appl Physiol* 2020;129:5:1062-74. doi: 10.1152/jappphysiol.00262.2020
32. Chapman D, King G, Forno E. Obesity and lung function: From childhood to adulthood. *Mechanisms and Manifestations of Obesity in Lung Disease*. Chapter 3; 2019 p. 45-65. doi: 10.1016/B978-0-12-813553-2.00003-8
33. Forno E, Han YY, Mullen J, Celedon JC. Overweight, obesity, and lung function in children and adults-a meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2018;6(2):570-581e10. doi: 10.1016/j.jaip.2017.07.010

34. Ferreira MS, Mendes RT, Marson FAL, Zambon MP, Antonio MARGM, Paschoal IA, et al. Spirometry and volumetric capnography in lung function assessment of obese and normal-weight individuals without asthma. *J Pediatr (Rio J)* 2017;93(4):398-405. doi: 10.1016/j.jped.2016.10.007
35. Faria AG, Ribeiro MAGO, Marson FAL, Schivinski CIS, Severino SD, Ribeiro JD, Barros Filho AA. Effect of exercise test on pulmonary function of obese adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2014;90(3):242-9. doi: 10.1016/j.jped.2013.08.005
36. Chen Y, Rennie D, Cormier Y, Dosman JA. Waist circumference associated with pulmonary function in children. *Pediatr Pulmonol* 2009;44(3):216-21. doi: 10.1002/ppul.20854
37. Winck AL, Heinzmann-Filho JP, Soares RB, Silva JS, Woszezenki CT, Zanatta LB. Effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents: a systematic review. *Rev Paul Pediatr* 2016;34(4):510-7. doi: 10.1016/j.rpped.2016.02.008
38. Boran P, Tokuc G, Pisgin B, Oktem S, Yegin Z, Bostan O. Efeitos da obesidade na função ventilatória. *J Pediatr* 2007;83(2):171-6. doi: 10.2223/JPED.1609
39. Sharma V, Coleman S, Nixon J, Sharples L, Hamilton-Shield J, Rutter H, et al. A systematic review and meta-analysis estimating the population prevalence of comorbidities in children and adolescents aged 5 to 18 years. *Obes Rev* 2019;20(10):1341-9. doi: 10.1111/obr.12904
40. Forno E. Moving beyond the confines of body mass index in the quest to understand obese asthma. Editorial. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;201(3):271-2. doi: [10.1164/rccm.201910-2031ED](https://doi.org/10.1164/rccm.201910-2031ED)



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.