DOI: 10.5433/1679-0367.2025v46n2p190

Alterações Diafragmáticas em diferentes condições clínicas: Uma Revisão Narrativa

Diaphragmatic Changes in different clinical conditions: A Narrative Review

Taciane Melegari da Silva[1], Mariana Lima[2,]
Sonia Trannin de Mello[3], Aline Rosa Marosti[4]

Resumo

O diafragma é o principal músculo da respiração e participa da estabilização do tronco. Pode ser acometido por doenças que lesionam suas fibras ou afetam o feixe neuromuscular, o que leva à disfunção diafragmática, com diminuição da capacidade inspiratória e da resistência do próprio músculo. Os achados sobre suas alterações, porém, estão dispersos em áreas distintas e raramente são comparados. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo investigar o músculo diafragma nas suas especificidades: em indivíduos saudáveis, com disfunções posturais, alterações respiratórias, obesidade e no envelhecimento. O estudo constitui uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo. As bases de dados utilizadas para busca bibliográfica foram SciELO, PubMed, LILACS e Biblioteca Virtual em Saúde. Em indivíduos saudáveis, a espessura e a mobilidade do diafragma variam conforme a região medida, o sexo e o biotipo. Nas disfunções posturais, o músculo apresenta maior fatigabilidade e menor excursão, com repercussão na mecânica da coluna e em dores decorrentes de postura inadequada. No envelhecimento, há perda expressiva de massa muscular, o que reduz a capacidade respiratória, contribuindo para a insuficiência respiratória e a diminuição da mobilidade torácica. Na doença pulmonar obstrutiva crônica, a hiperinsuflação, e na obesidade, a compressão exercida pelo acúmulo de gordura, alteram a relação comprimento-tensão do músculo. Conclui-se que as alterações diferem entre os contextos, mas se repetem em poucos mecanismos, e que a ultrassonografia pode auxiliar na identificação do mecanismo predominante e na escolha da conduta de reabilitação.

Palavras-chave: Diafragma; Obesidade; Envelhecimento; Músculos respiratórios

[1] Graduada em Fisioterapia pelo Centro Universitário Ingá. E-mail: taciane_melegari@hotmail.com. Orcid: https://orcid.org/0009-0006-0050-2395.

[2] Doutora em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Estadual de Maringá. Atualmente Professora no Departamento de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Estadual de Maringá. E-mail: marianammuglia@gmail.com. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3348-6487.

[3] Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá. Atualmente Professora no Departamento de Ciências Morfológicas, Universidade Estadual de Maringá. E-mail: stmello@uem.br. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7279-8408.

[4] Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Maringá. Atualmente Professora no Centro Universitário Ingá (Uningá). E-mail: alinermarosti@gmail.com. Orcid:https://orcid.org/0000-0003-0996-4853.

Abstract

The diaphragm is the main muscle of respiration and contributes to trunk stabilization. It can be affected by diseases that damage its fibers or impair the neuromuscular bundle, leading to diaphragmatic dysfunction, with decreased inspiratory capacity and reduced endurance of the muscle itself. However, findings on its alterations are scattered across different fields and are rarely compared. Therefore, this study aimed to investigate the specificities of the diaphragm muscle in healthy individuals, postural dysfunctions, respiratory alterations, obesity, and aging. This is a descriptive narrative literature review. The databases used for the bibliographic search were SciELO, PubMed, LILACS, and the Virtual Health Library. In healthy individuals, diaphragm thickness and mobility vary according to the region measured, sex, and body type. In postural dysfunctions, the muscle shows greater fatigability and reduced excursion, affecting spinal mechanics and pain resulting from inadequate posture. In aging, there is a marked loss of muscle mass, which reduces respiratory capacity and contributes to respiratory insufficiency and decreased thoracic mobility. In chronic obstructive pulmonary disease, hyperinflation, and in obesity, the compression exerted by fat accumulation, alter the length-tension relationship of the muscle. It is concluded that the alterations differ across contexts but recur in a small number of mechanisms, and that ultrasonography may help identify the predominant mechanism and guide the choice of rehabilitation approach.

Keywords: Diaphragm; Obesity; Aging; Respiratory muscles

Introdução

O diafragma é o principal músculo da respiração[1] e participa também da estabilização do tronco, desempenhando função postural que se mantém independentemente de sua atividade respiratória[2,3]. Por acumular as duas atribuições, esse músculo interessa a áreas distintas: a pneumologia e a terapia intensiva se ocupam de sua função ventilatória, enquanto a fisioterapia e a reabilitação investigam seu papel postural.

Esse músculo atua como um septo musculotendíneo, cujas partes (esternal, costal e lombar) convergem para o centro tendíneo[4]. A parte esternal é formada por dois fascículos musculares, que se inserem de forma proximal ao processo xifoide; a parte costal contém fascículos musculares mais largos que se inserem nas seis cartilagens costais inferiores e suas costelas adjacentes; e por fim, a parte lombar que tem como inserção proximal os ligamentos arqueados medial e lateral e as vértebras lombares superiores que formam dois pilares musculares, denominados direito e esquerdo[4].

A contração diafragmática gera, num só movimento, dois gradientes de pressão com consequências distintas. Ao encurtarem-se, as fibras da zona de aposição, correspondente à parte costal, rebaixam a cúpula central e elevam a caixa torácica inferior por força de inserção; o tórax ganha dimensão craniocaudal e sua pressão torna-se negativa, o que insufla os pulmões, enquanto a pressão intra-abdominal se eleva e projeta a parede abdominal anteriormente[1]. É essa pressurização abdominal que sustenta a segunda atribuição do músculo: o suporte à coluna lombar e ao controle de tronco, exercido de forma antecipatória, uma vez que o diafragma contrai antes do deslocamento dos membros[5]. Daí a dupla repercussão de suas

alterações biomecânicas, que comprometem tanto a mecânica ventilatória quanto a estabilidade e a propriocepção, predispondo à lombalgia[5]. A demanda imposta por uma atividade contínua, rítmica e ininterrupta explica o perfil de resistência à fadiga do músculo, em que cerca de 55% das fibras são do tipo I, 21% do tipo IIA e 24% do tipo IIB[1].

A literatura já descreve alterações do diafragma em diferentes contextos. Em indivíduos saudáveis, a espessura do músculo varia conforme o ponto anatômico de medida[6]. Além disso, a sua mobilidade acompanha a composição corporal, fatores como sexo, idade, índice de massa corporal (IMC) e perímetro da cintura exercem influência sobre a excursão diafragmática. Observa-se que indivíduos hígidos de menor faixa etária, associados a menores valores de IMC e de circunferência abdominal, tendem a exibir uma excursão diafragmática reduzida[7]. Em pacientes com dor lombar crônica, observaram-se menor excursão e posição mais elevada do diafragma[8], além de maior fatigabilidade após carga inspiratória [2].

No envelhecimento, a sarcopenia reduz a força muscular e constitui fator de risco para incapacidade[9], e a força da musculatura respiratória mostra-se associada à capacidade funcional dos idosos[10]. Na doença pulmonar obstrutiva crônica, a mobilidade diafragmática correlaciona-se com a obstrução ao fluxo aéreo, a hiperinsuflação e a gravidade da dispneia[11], enquanto em terapia intensiva a disfunção do músculo atinge cerca de 60% dos pacientes ventilados[12]. Na obesidade, as pressões inspiratória e expiratória máximas podem estar reduzidas, com contração ineficaz e fadiga precoce[13].

Em qualquer desses contextos, o comprometimento do músculo pode configurar disfunção diafragmática, definida como perda de força muscular, parcial (fraqueza) ou completa (paralisia), com redução da capacidade inspiratória e comprometimento da resistência da musculatura respiratória; pode acometer um ou ambos os hemidiafragmas[1].

No entanto, esses achados vêm de áreas distintas, foram obtidos por métodos heterogêneos de avaliação e raramente são comparados entre si. Falta, portanto, uma síntese que indique se as alterações descritas em cada contexto correspondem a mecanismos independentes ou a manifestações de um mesmo conjunto de mecanismos. Além disso, a condição recebe pouco reconhecimento na prática clínica: por sua apresentação inespecífica, a disfunção diafragmática é subdiagnosticada[1].

Assim, esta pesquisa teve como objetivo revisar as alterações morfológicas e funcionais do músculo em indivíduos saudáveis e em quatro condições clínicas: disfunções posturais associadas à dor lombar, envelhecimento, alterações respiratórias e obesidade, reunindo em um mesmo texto o que se descreve em cada uma delas. A revisão limita-se à literatura publicada entre 2014 e 2024, admitidos estudos e obras de referência anatômica anteriores a esse período, e a estudos em seres humanos, com ressalva dos modelos animais identificados ao longo do texto. Não são objeto deste estudo as malformações congênitas e as hérnias diafragmáticas.

Material e Método

Essa pesquisa consiste em uma revisão narrativa, sobre os artigos publicados nos últimos 10 anos (2014 a 2024), sobre o diafragma e as suas alterações em diferentes contextos clínicos. Foram admitidos estudos anteriores a esse período quando considerados de referência para o tema. Para isso, foram selecionados estudos indexados nas bases de dados científicas SciELO, PubMed, LILACS e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Os termos utilizados nas buscas foram: “Indivíduos Saudáveis”, “Problemas posturais”, “Envelhecimento”, “Alterações respiratórias” e “Obesidade” correlacionados com “Músculo Diafragma”, os mesmos também foram buscados em inglês: “Healthy Individuals”, “Postural Problems”, “Aging”, “Respiratory Changes” e “Obesity” relacionados com “Diaphragm Muscle”. Além disso, foi realizada uma busca na referência dos artigos encontrados para complementar as informações relacionadas acima.

Foram selecionados artigos que tratam da relação entre o músculo diafragma e suas diferentes variações em indivíduos saudáveis, indivíduos com problemas posturais, alterações respiratórias, obesos, além de artigos que tratavam de alterações decorrentes do processo de envelhecimento. Foram encontrados 23 artigos nas bases de dados. Como critério de inclusão foram selecionados os artigos que relacionavam o tema principal aos termos utilizados na busca, apresentando resultados fundamentados e explicações detalhadas. Foram excluídos artigos que abordavam o tema de modo superficial, aqueles que não citavam considerações relevantes sobre o músculo diafragma, e aqueles que apareceram repetidamente nas buscas.

Resultados e discussão

Os resultados estão organizados em cinco subseções. A primeira caracteriza o diafragma em indivíduos saudáveis, estabelecendo os parâmetros de normalidade e a variabilidade sem os quais as alterações descritas adiante não podem ser interpretadas. As quatro seguintes tratam, nesta ordem, das disfunções posturais associadas à dor lombar, do envelhecimento, das alterações respiratórias e da obesidade.

O diafragma em indivíduos saudáveis

A ultrassonografia diafragmática é uma técnica utilizada para avaliar in vivo a anatomia e função do diafragma, especificamente a excursão e o espessamento diafragmático. Recentemente o uso do ultrassom (US) para a avaliação diafragmática tem sido cada vez mais explorado na literatura e empregado na avaliação de indivíduos com diferentes alterações diafragmáticas. Além disso, esse equipamento tem sido empregado também em indivíduos saudáveis, a fim de investigar a relação entre força e desempenho com espessura e mobilidade deste músculo [14].

O diafragma de indivíduos saudáveis foi estudado utilizando-se um aparelho ultrassonográfico de alta frequência. Foram realizadas medições em 3 pontos: linha axilar posterior, linha axilar média e linha médio-clavicular. Os resultados indicaram que a espessura do diafragma sobre a linha axilar média apresentava maior variabilidade na direção crânio caudal e produziu as medições mais consistentes. Além disso, a espessura na face posterior das linhas axilares e médio claviculares também apresentam diferenças significativas. Sendo assim é possível observar que mesmo em indivíduos saudáveis, o diafragma pode apresentar variabilidades importantes[6].

Foram encontradas diferenças na mobilidade diafragmática direita e esquerda entre homens e mulheres saudáveis, sugerindo, por meio de análise de regressão múltipla, que o sexo talvez seja um fator importante na influência da mobilidade diafragmática[6]. Os resultados dos estudos mostraram que os homens têm a mobilidade diafragmática maior quando comparados às mulheres, isso se justifica pela anatomia da caixa torácica, maior nos homens do que nas mulheres[7].

As cúpulas do diafragma apresentam grande variabilidade entre os indivíduos saudáveis, podendo variar conforme a fase da ventilação e as características biotípicas. Em geral, elas tendem a estar em uma posição mais elevada em indivíduos de baixa estatura com excesso de peso, em comparação com pessoas altas e magras. Ademais, em situações como a insuflação em excesso do pulmão, como ocorre nos casos de enfisema, por exemplo, o diafragma sofre uma depressão em sua forma. Além disso, é valido destacar que o diafragma apresenta muitas variações anatômicas, como ausência de sua parte esternal[15]. Estabelecidos esses parâmetros de normalidade, é possível examinar o que se altera em cada condição clínica.

Disfunções posturais e alterações do diafragma

A primeira condição analisada envolve a função menos evidente do músculo, a postural, e nela o comprometimento não se expressa primariamente como perda de força, mas como alteração do padrão de ativação. O diafragma desempenha um

papel fundamental na estabilização postural, pois durante a contração, desloca-se caudalmente, reduzindo a pressão intratorácica e aumentando a pressão intra-abdominal, o que contribui para a rigidez da coluna. Durante atividades que envolvem carga e levantamento, a pressão intra-abdominal está diretamente relacionada à forte coativação do diafragma e musculatura abdominal. Esse mecanismo tem relação com as demandas posturais, de modo que à medida que essas demandas aumentam, os músculos abdominais e o diafragma atuam de forma sinérgica para gerar a pressão intra-abdominal adequada para estabilizar a coluna vertebral[3].

Assim, alterações na biomecânica do diafragma podem comprometer a estabilidade, a propriocepção e predispor a disfunções que podem gerar dor lombar[5]. A atividade do diafragma e músculos abdominais precedem os movimentos do esqueleto apendicular ajustando a postura de forma antecipada. Isso significa que o diafragma é ativado antes desses movimentos, o que explica sua participação no controle postural e estabilidade para realização de exercícios. Portanto, a resposta do diafragma e dos músculos abdominais à carga da coluna pode resultar em dor[3].

Estudos mostram que durante as tarefas posturais, como levantamento de carga, promovem o abaixamento do diafragma, independente do padrão respiratório do indivíduo, seja a respiração retida ou não. Além disso, verificaram que o diafragma se move de forma significativa caudalmente durante a inspiração, e que aumenta as excursões quando é submetido a carga[3].

Na literatura, um dos pontos a serem destacados em justificativa à relação entre dor lombar e o diafragma, é a diferença de ativação exercida entre as suas regiões anterior e posterior. Em indivíduos com lombalgia, a região anterior do diafragma, traciona as três primeiras vértebras lombares, reduzindo pressão intra-abdominal. Esse tracionamento pode gerar dor caso essa musculatura não esteja fortalecida para garantir estabilidade no movimento, resultando em sobrecarga nas vértebras e na musculatura. Além disso, observa-se maior fadiga na musculatura respiratória nesses indivíduos[16].

Adicionalmente, falhas no controle postural e propriocepção podem estar associadas a alterações do diafragma. Em indivíduos com dor lombar crônica, o diafragma apresentou descoordenação contrátil em atividades que desafiam a postura, o que sugere que em indivíduos com alterações posturais, o diafragma pode ser comprometido de forma significativa[5].

Deste modo, indivíduos com lombalgia crônica estão relacionados com descoordenação diafragmática durante contração isométrica do esqueleto apendicular. Essa descoordenação pode gerar uma tração anterior das vértebras lombares, favorecendo a hiperlordose. Somado a isso, esses indivíduos também apresentam limitação do movimento da parte anterior e média do diafragma, sugerindo que a falha de ativação do diafragma pode ser um mecanismo envolvido na dor lombar, causado por essa falha de mobilidade[8,17]. O que leva a importância significativa de avaliação desse músculo em pacientes que apresentam lombalgia e/ou outros problemas posturais.

Envelhecimento e o diafragma

Enquanto nas disfunções posturais o comprometimento descrito é sobretudo de coordenação e de padrão de ativação, no envelhecimento a alteração envolve o tecido muscular. Sabe-se que com o envelhecimento, ocorre uma diminuição de reserva funcional dos idosos, ou seja, capacidade de realizar atividades do dia a dia, devido ao estresse oxidativo das células e sua menor capacidade de renovação. Ocorre ainda, a redução do número de unidades motoras e atrofia muscular, que podem levar ao desenvolvimento de sarcopenia e dinapenia (redução da força muscular relacionada ao processo de envelhecimento)[18].

A sarcopenia do músculo diafragma ainda não foi bem estudada. No entanto, é fundamental para determinar os impactos do envelhecimento na função respiratória. Os estudos sugerem que as alterações musculares relacionadas ao envelheci-

mento podem predispor à fadiga muscular durante esforços respiratórios extenuantes, aumentando o risco de insuficiência respiratória[19].

Pesquisas recentes demonstraram que a perda de força do músculo diafragma reduz a capacidade ventilatória, devido a atrofia seletiva das fibras musculares do tipo IIb. Além disso, descreve-se aumento da proteólise da elastina, com predomínio relativo do colágeno no parênquima pulmonar e consequente enrijecimento da caixa torácica. No próprio músculo, a substituição progressiva de fibras por tecido fibroso, desprovido de capacidade contrátil, reduz a força gerada pelo diafragma a longo prazo [10,19]. Portanto, é provável que a sarcopenia muscular respiratória seja o fator central para o desenvolvimento de insuficiência respiratória e redução da depuração das vias aéreas em idosos[19].

As alterações musculares associadas à idade afetam a função muscular respiratória, apresentando redução significativa de 25% na força do diafragma de idosos quando comparado a adultos jovens[9]. Essa diminuição da força muscular, pode estar associada a perda das fibras musculares do tipo I e II. Esses efeitos podem ser atenuados com treinamento específico da musculatura respiratória, que tem como objetivo melhorar a condição e a força dos músculos respiratórios[20].

Um programa de treinamento dos músculos respiratórios, com estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) mostrou impactos sobre a função pulmonar em idosos[20]. Os resultados demonstraram aumento de força muscular e do volume corrente dos pulmões mediante a utilização do EDET. Desta forma, o diafragma tem papel significativo na qualidade de vida em idosos, o que torna imprescindível a sua inclusão em programa de treinamento e avaliações voltadas à manutenção da funcionalidade respiratória ao longo do processo de senescência.

Alterações respiratórias e o diafragma

Se no envelhecimento a perda de força decorre de alterações do próprio tecido muscular, nas doenças respiratórias o diafragma é afetado pela alteração da mecânica respiratória. Essa alteração repercute na contratilidade e mobilidade em pacientes com doenças respiratórias, como a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Nessas condições, alterações musculares podem ser agravadas pela hiperinsuflação pulmonar e aprisionamento de ar, comprometendo a eficiência respiratória e levando a piora dessa função[21].

O aprisionamento de ar é o principal fator que limita a mobilidade diafragmática (MD) nos pacientes[21]. Um estudo avaliou o diafragma por meio de US e revelou que pacientes com DPOC apresentam menor mobilidade diafragmática. Além disso, o estudo identificou que a fraqueza muscular encontrada em pacientes com sintomas mais acentuados, é um dos principais fatores responsáveis por essa redução da MD[11].

Pacientes submetidos a ventilação mecânica no leito da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) também apresentaram alterações significativas na função diafragmática. Aproximadamente 60% dos pacientes ventilados dentro de 24 horas após admissão na UTI apresentam disfunção diafragmática, podendo ser causada por fadiga do músculo, espessamento do nervo frênico e até pressões no músculo advindas de uma patologia respiratória grave. Esse dado ressalta a importância da avaliação e monitoramento contínuo do paciente até sua alta hospitalar, já que essas alterações podem resultar em sequelas graves como paralisia do diafragma [12].

Nos pacientes que evoluíram para terapia intensiva durante a pandemia de COVID-19, o diafragma ficou exposto aos dois mecanismos já descritos para o doente crítico: a disfunção associada à sepse e a induzida pelo ventilador [12]. Fora desse contexto, contudo, a repercussão sobre o músculo não está demonstrada. Em um estudo com 63 atletas avaliados por ultrassonografia diafragmática e teste Yo-Yo, não foi encontrada associação entre a espessura diafragmática e o consumo máximo de oxigênio ($r = 0,30$; $p = 0,22$); tampouco se observou diferença entre infectados e não infectados quanto à espessura ($p = 0,91$) ou ao desempenho

físico (p = 0,69). Os próprios autores ponderam as limitações do achado: delineamento observacional, que não permite inferência causal, número reduzido de atletas infectados (n = 10) e heterogeneidade da amostra, composta por praticantes de diferentes modalidades. Na evidência disponível, portanto, o comprometimento diafragmático associado à COVID-19 parece restringir-se aos casos que demandaram suporte ventilatório, permanecendo indeterminado nos quadros de menor gravidade[14].

Obesidade e o diafragma

A obesidade, por sua vez, é um distúrbio multifatorial caracterizado pelo acúmulo excessivo de gordura corporal, que pode afetar todas as faixas etárias. No entanto, a adolescência é um dos períodos mais críticos para o ganho de peso, sendo determinante para a manutenção da obesidade na fase adulta[22].

Além de afetar diversos sistemas, a obesidade pode comprometer significativamente o sistema respiratório, devido à insuficiência na ativação dos músculos da respiração, os abdominais e o diafragma. Pode ocorrer também alterações de mobilidade torácica, uma vez que o excesso de gordura tóraco-abdominal interfere na relação entre comprimento-tensão do diafragma, comprometendo tanto a força muscular respiratória, quanto a função pulmonar[23,24].

Em modelos animais de obesidade, descreve-se ainda o remodelamento do próprio músculo. O acúmulo de adipócitos e a deposição de colágeno entre as fibras do diafragma dificultam a contração muscular [24], e observa-se aumento da demanda oxidativa mitocondrial e do teor lipídico das fibras [25]. Essas alterações estruturais podem contribuir para a redução da mobilidade diafragmática e da função pulmonar observada em indivíduos obesos[22].

Estudos mostram a maior atividade eletromiográfica em indivíduos obesos, porém, a contração muscular foi ineficaz levando a fadiga precoce. Além disso, observa-se redução das atividades pressóricas do pulmão, provavelmente decorrentes da distensão do diafragma, do aumento do trabalho respiratório e da ineficiência biomecânica muscular, que são provocadas pelo acúmulo excessivo de gordura torácica e abdomina [13].

Consideradas em conjunto, as cinco subseções indicam que o diafragma se altera de modo distinto em cada contexto, mas por um número reduzido de vias: a falha de coordenação, nas disfunções posturais; a perda de massa contrátil, no envelhecimento e na obesidade experimental; e a desvantagem mecânica por alteração da relação comprimento-tensão, na DPOC e na obesidade. Em todos os contextos, a ultrassonografia foi o principal instrumento de avaliação do músculo.

Conclusão

Mesmo em indivíduos saudáveis, a espessura e a mobilidade do diafragma variam conforme a região medida, o sexo e o biotipo, o que impossibilita o uso de um valor único como referência. Nas condições revisadas, o músculo se altera de maneiras diferentes: nas disfunções posturais o déficit é de coordenação e não de força, no envelhecimento há perda de massa muscular, e nas doenças respiratórias e na obesidade o diafragma passa a trabalhar fora do seu comprimento adequado.

Ainda assim, os quatro contextos repetem poucos mecanismos. A mudança na relação comprimento-tensão aparece na hiperinsuflação da DPOC e na compressão abdominal da obesidade. A perda de massa contrátil ocorre no envelhecimento e foi descrita em modelos animais de obesidade. A falha de coordenação é própria das disfunções posturais. Em idosos e obesos, mais de um mecanismo atua ao mesmo tempo, o que pode explicar a fadiga respiratória mais precoce nesses grupos.

A ultrassonografia, empregada na maioria dos estudos revisados, mede separadamente a excursão e a espessura do músculo e pode indicar qual mecanismo predomina em cada caso. Incluí-la na avaliação de pacientes com lombalgia crônica, idosos, obesos e pacientes em ventilação mecâni-

ca ajudaria a decidir entre o treinamento muscular inspiratório e a reeducação do padrão respiratório.

Este estudo tem limitações. Por ser uma revisão narrativa, não seguiu protocolos sistemáticos de busca, o que pode ter influenciado a seleção dos artigos. Os estudos analisados variam bastante nos protocolos de medida por ultrassom, o que dificulta comparações, e parte da evidência sobre obesidade vem de modelos animais. Pesquisas futuras precisam padronizar essas medidas e verificar se identificar o mecanismo predominante altera o resultado da reabilitação.

Referências

1 Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Ultrassonografia diafragmática: uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. J Bras Pneumol. 2020;46(6):e20200064. doi: 10.36416/1806-3756/e20200064.

2 Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, Hermans G, Troosters T, Gayan-Ramirez G. Greater diaphragm fatigability in individuals with recurrent low back pain. Respir Physiol Neurobiol [Internet]. 2013;188(2):119–23. doi: 10.1016/j.resp.2013.05.028.

3 Sembera M, Busch A, Kobesova A, Hanychova B, Sulc J, Kolar P. Postural-respiratory function of the diaphragm assessed by M-mode ultrasonography. PLoS One. 2022;17(10):e0275389. doi: 10.1371/journal.pone.0275389.

4 Silva Filho AR, Leitão AMF, Bruno JA. Atlas texto de anatomia humana aplicada. Fortaleza: EdUnichristus; 2009.

5 Barbosa JES, Almeida LPS, Oliveira MP, Sacramento MS, Gomes VA, Petto J, et al. Influência do músculo diafragma no controle postural, na propriocepção e na dor lombar. Rev Bras Fisiol Exerc. 2019;18(4):236-46. doi: 10.33233/rbfe.v18i4.3111.

6 Haaksma ME, van Tienhoven AJ, Smit JM, Heldeweg MLA, Lissenberg-Witte BI, Wennen M, et al. Anatomical variation in diaphragm thickness assessed with ultrasound in healthy volunteers. Ultrasound Med Biol. 2022;48(9):1833–9. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2022.05.008.

7 Kantarci F, Mihmanli I, Demirel MK, Harmanci K, Akman C, Aydogan F, et al. Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with M-mode sonography. J Ultrasound Med. 2004;23(2):255–60. doi: 10.7863/jum.2004.23.2.255.

8 Kolar P, Sulc J, Kyncl M, Sanda J, Cakrt O, Andel R. et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. J Orthop Sports Phys Ther. 2012;42(4):352-62. doi: 10.2519/jospt.2012.3830.

9 Alexandre TS, Duarte YAO, Santos JLF, Wong R, Lebrão ML. Sarcopenia according to the European Working Group on Sarcopenia in older people (EWGSOP) versus dynapenia as a risk factor for disability in the elderly. J Nutr Health Aging. 2014;18(5):547–53. doi: 10.1007/s12603-014-0465-9.

10. Simões LA, Dias JMD, Marinho KC, Pinto CLLR, Britto RR. Relação da função muscular respiratória e de membros inferiores de idosos comunitários com a capacidade funcional avaliada por teste de caminhada. Rev Bras Fisioter. 2010;14(1):24-30. doi: 10.1590/S1413-35552010000100005.

11. Silva BCF, Abreu DC, Souza YR, Figueiredo M, Macêdo JF, Mafort TT, et al. Ultrasonography as a way of evaluating the diaphragm muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Medicine (Baltimore). 2024;103(38):e39795. doi: 10.1097/MD.0000000000039795.

12. Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, Langiano N, Zangrillo A, Bove T. Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2019;33(9):2525-36. doi: 10.1053/j.jvca.2019.01.003.

13. Mafort TT, Rufino R, Costa CH, Lopes AJ. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. Multidiscip Respir Med. 2016 Jul 12;11:28. doi: 10.1186/s40248-016-0066-z.

14. Farias AS, Soloaga AO, Rezende LC, Zanatto SF, Silva VM, Coelho-Ravagnani CF. Efeitos da COVID-19 na espessura diafragmática e desempenho físico de atletas. Fisioter Mov. 2023;36:e36129. doi: 10.1590/fm.2023.36129.

15. Standring S, editor. Gray's anatomia: a base anatômica da prática clínica. 40ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010.

16. Cavaggioni L, Ongaro L, Alberti G. Diaphragm, core stability & low back pain: a rehabilitative-preventive perspective. MOJ Orthop Rheumatol. 2017;7(5):11-2. doi: 10.15406/mojor.2017.07.00285.

17. Roussel N, Nijs J, Truijen S, Vervecken L, Mottram S, Stassijns G. Altered breathing patterns during lumbopelvic motor control tests in chronic low back pain: a case-control study. Eur Spine J. 2009;18(7):1066-73. doi: 10.1007/s00586-009-1020-y.

18. Camões M, Fernandes F, Silva B, Rodrigues T, Costa N, Bezerra P. Exercício físico e qualidade de vida em idosos: diferentes contextos sociocomportamentais. Motricidade. 2016;12(1):96-105. doi: 10.6063/motricidade.6301.

19. Botelho PM, Rios LF, Maia MS, Luz MRMS, Silva Junior MCM, Jesus SLF, et al. Associação entre força muscular periférica e força muscular respiratória em idosos hospitalizados. Rev Pesqui Fisioter. 2020;10(1):43-9. doi: 10.17267/2238-2704rpf.v10i1.2629.

20. Santos LA, Borgi JR, Daister JLN, Pazzianotto-Forti EM. Efeitos da estimulação diafragmática elétrica transcutânea na função pulmonar em idosos. Rev Bras Geriatr Gerontol. 2013;16(3):495–502. doi: 10.1590/s1809-98232013000300008.

21. Scaramuzzo G, Ottaviani I, Volta CA, Spadaro S. Mechanical ventilation and COPD: from pathophysiology to ventilatory management. Minerva Med. 2022;113(3):460–70. doi: 10.23736/S0026-4806.22.07974-5.

22. Santos PCP, Gomes VMSA, Silva GAP, Siqueira GR. Postura, mobilidade diafragmática e função pulmonar em crianças e adolescentes obesos. Fisioter Bras. 2021;22(6):951-64. doi: 10.33233/fb.v22i6.4837.

23. 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.

24. 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.

25. Rodrigues GC, Rocha NN, Maia LA, Melo I, Simões AC, Antunes MA, et al. Impact of experimental obesity on diaphragm structure, function, and bioenergetics. J Appl Physiol (1985). 2020;129(5):1062-74. doi: 10.1152/japplphysiol.00262.2020.

Recebido em: 09 mai. 2025
Aceito em: 23 set. 2025