

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação de Especialização em Fisioterapia

Anne Marie Mader de Oliveira

**O PAPEL POSTURAL DO DIAFRAGMA
NA DOR LOMBAR CRÔNICA**

Belo Horizonte

Anne Marie Mader de Oliveira

**O PAPEL POSTURAL DO DIAFRAGMA
NA DOR LOMBAR CRÔNICA**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Ortopédica.

Orientador(a): MSc. Ana Cristina Sakamoto

Belo Horizonte

2022

O48p Oliveira, Anne Marie Mader de
2022 O papel postural do diafragma na dor lombar crônica. [manuscrito] / Anne Marie Mader de Oliveira – 2022.
32 f.: il.

Orientador: Ana Cristina Lamounier Sakamoto

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 27-31

1. Dor lombar. 2. Diafragma. 3. Exercícios respiratórios. I. Sakamoto, Ana Cristina Lamounier. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 615.825

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: n° 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESPECIALIZAÇÃO EM FISIOTERAPIA

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

O papel postural do diafragma na dor lombar crônica

Anne Marie Mader de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pela Coordenação do curso de ESPECIALIZAÇÃO EM FISIOTERAPIA, do Departamento de Fisioterapia, área de concentração FISIOTERAPIA EM ORTOPEDIA.

Aprovada em 03 de dezembro de 2022, pela banca constituída pelos membros: Ana Cristina Lamounier Sakamoto, Italo Ribeiro Lemes e Caique José de Souza.

Renan Alves Resende

Prof. Dr. Renan Alves Resende
Coordenador do curso de Especialização em Fisioterapia

Belo Horizonte, 03 de Janeiro de 2023

*Aos meus ancestrais,
guerreiros, que
atravessaram o oceano,
rumo ao desconhecido,
para oferecer um futuro
de possibilidades
à nossa família.*

AGRADECIMENTOS

meu marido, amigo e companheiro de vida,
por seu apoio incondicional.

meus filhos Gabriel e Alice,
pois o amor de vocês é o vento sob minhas asas.

Meus pais,

por sempre alimentarem minha curiosidade.

A todos os professores que passaram pela minha vida,
Sem vocês muitas perguntas não teriam sido respondidas
e outras tantas não teriam sido feitas.

RESUMO

A dor lombar é um problema de saúde altamente recorrente e que gera limitações importantes. Exercícios visando o fortalecimento dos músculos que compõem o sistema central de estabilização (*core*), têm sido comprovados como um tratamento eficaz para as lombalgias. O diafragma é um dos músculos que compõe o *core*, mas seu papel nessa patologia ainda é pouco discutida. Sua anatomia, bem como sua biomecânica, nos levam a crer na existência de uma função postural, além da ventilatória. O objetivo do presente trabalho foi procurar artigos que tenham investigado o papel funcional do diafragma na estabilização do tronco de pacientes com dor lombar. Especificamente, se a função desse músculo estaria de alguma maneira comprometida e se seu fortalecimento geraria algum benefício a esses pacientes. Foi realizada uma revisão de literatura utilizando os descritores “diaphragm function” e “low back pain”, plataformas de busca Pubmed, PEDro e BVSsalud nos meses de abril a julho de 2022, resultando em 10 artigos que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão. Esses artigos, encontraram diferenças na espessura, mobilidade, fatigabilidade e excursão do diafragma de pacientes com lombalgia. Muitos desses indivíduos, após treinamentos com exercícios sistêmicos associados a exercícios de resistência inspiratória, apresentaram melhora do condicionamento e redução dos sintomas. Isso sustenta a hipótese de que existe um papel postural do diafragma e que o treinamento do diafragma na reabilitação de pacientes com lombalgia é recomendável.

Palavras-chave: Dor lombar. Função do diafragma. Exercícios de resistência inspiratória.

ABSTRACT

Low back pain is a highly recurring health problem that generates important limitations. Exercises aimed at strengthening the muscles that make up the core system have been proven as an effective treatment for low back pain. The diaphragm is one of the muscles that built up the core, but its role in this pathology is still little discussed. Its anatomy, as well as its biomechanics, lead us to believe in the existence of a postural function, in addition to the ventilatory one. The aim of this study was to look for articles that have investigated the functional role of the diaphragm in trunk stabilization of patients with low back pain. Specifically, if the function of this muscle would be in any way compromised and if its strengthening would generate any benefit to these patients. A literature review was conducted using the descriptors "diaphragm function" and "low back pain", in the Pubmed, PEDro and BVSsalud search platforms from April to July 2022, resulting in 10 articles that met the inclusion and exclusion criteria. These articles found differences in thickness, mobility, fatigue and diaphragm excursion of patients with low back pain. Many of these individuals, after training with systemic exercises associated with inspiratory resistance exercises, showed improvement in conditioning and reduction of symptoms. This supports the hypothesis that there is a postural role of the diaphragm and that diaphragm training in the rehabilitation of patients with low back pain is recommended.

Keywords: Low back pain. Diaphragm function. Inspiratory resistance exercises.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1- INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 Revisão anatômica do diafragma | 9 |
| 1.2 Objetivo geral | 11 |
| 1.3 Objetivos específicos | 11 |
| 2- METODOLOGIA | 12 |
| 2.1 Design | 12 |
| 2.2 Procedimentos | 12 |
| 2.3 Critérios de inclusão | 12 |
| 2.4 Critérios de exclusão | 12 |
| 2.5 Extração e Análise de dados | 13 |
| 3- RESULTADOS | 14 |
| Figura 1 Fluxograma | 14 |
| Quadro 1 Resultados da Revisão de Literatura | 16 |
| 4- DISCUSSÃO | 22 |
| 5- CONCLUSÃO | 28 |
| 6- REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Revisão anatômica do diafragma

O diafragma é conhecido em sua função de músculo principal da respiração. Entretanto, mais recentemente seu papel multifatorial, em vista de seu posicionamento e conexões anatômicas, tem sido melhor investigado (KOCJAN *et al.*, 2017). O diafragma é uma estrutura músculo-tendinosa em forma de cúpula, muito fina (2-4 mm) e côncava em seu lado inferior que separa o tórax do abdômen, com anexos anatômicos, na região costal, esternal e lombar (DOWNEY, 2011). A porção costal (lateral) origina-se na superfície interna e na margem superior das últimas seis costelas inferiores, através de seis ligamentos finos que se entrecruzam aos do músculo transverso do abdômen. A porção esternal do diafragma é a menor, estendendo-se da camada posterior da bainha do reto (compartimento fibroso que contém os músculos reto do abdômen e piramidal) e da parte posterior do processo xifoide para o tendão central do diafragma (DOWNEY, 2011).

A porção lombar deriva dos pilares diafragmáticos medial, intermediário e lateral. O pilar medial direito, que é mais grosso e mais longo que sua contraparte lateral, torna-se um tendão plano que termina no corpo das vértebras L2-L3, e às vezes L4 (DOWNEY, 2011). Os pilares laterais inserem na lombar e se dividem em dois tendões robustos: um, o ligamento arqueado medial (acima do músculo psoas) conectando a vértebra L1 e a apófise transversal, e o outro, o ligamento do arqueado lateral (acima do músculo quadrado lombar) conectando o processo transverso de L1 e o ápice da décima segunda costela. Os ligamentos arqueado medial e lateral atuam como uma ponte entre a fáscia torácica posteriormente e a fáscia transversal anteriormente (DOWNEY, 2011).

Em uma situação fisiológica, durante a inspiração, deve ocorrer uma expansão da cavidade torácica abdominal e inferior em todas as direções, ou seja, lateral e dorsal, com aumento da pressão intra-abdominal (LUCE & CULVER, 1982). A função postural do diafragma está relacionada ao aumento da pressão transdiafragmática (CRESSWELL; GRUNDSTRÖM; THORSTENSSON, 1992). O papel de estabilização muscular influencia a dinâmica dos músculos não apenas na área onde os músculos se

inserir, ela também está interconectada com todo o padrão de movimento (cadeia biomecânica global). Assim, o diafragma é ativado mesmo durante o movimento dos membros inferiores e superiores (HODGES *et al.*, 2000).

Apesar do diafragma possuir uma conexão anatômica direta com a coluna através das fibras crurais, ele não pode mover o tronco voluntariamente. O funcionamento sinérgico dos músculos abdominais profundos e do diafragma é necessário para estabilidade postural e controle da pressão intra-abdominal (PIA), em respiração normal (KOLAR *et al.*, 2012; NOVAK *et al.*, 2021). A PIA pode ser elevada pelo controle do volume inspirado durante uma tarefa postural, assim aumentando a estabilidade lombar (FINTA *et al.*, 2020; MCGILL, SHARRATT, SEGUIN, 1995). Essa função postural e ventilatória do diafragma é executada simultaneamente, e é independente da fase da respiração, o que sugere que a resposta esteja pré-programada pelo sistema nervoso central (KOCJAN *et al.*, 2017).

Os estabilizadores globais (extensores superficiais) e os músculos locais estabilizadores (multífido, transverso do abdômen, músculos do assoalho pélvico e diafragma) possuem uma ação sinérgica primordial durante tarefas posturais e juntos formam um “cilindro” de estabilização da coluna lombar (FINTA *et al.*, 2020; MCGILL, 2001). Como o “teto” do cilindro de músculos profundos que cercam a coluna e que mantém sua estabilidade, o diafragma atua mantendo a pressão intra-abdominal, favorecendo a estabilidade lombar. Para que o transverso do abdômen aumente a tensão da fáscia tóraco-lombar, a atividade diafragmática é requerida para evitar o deslocamento das vísceras abdominais. A fáscia tóraco-lombar é essencial para os músculos que envolvem a coluna. Ela se desenvolve posteriormente da região sacral em direção a região torácica. Envolve músculos como latíssimo do dorso, trapézio, glúteo máximo, e o oblíquo externo, bem como os ligamentos que ligam o íleo ao sacro. Uma disfunção diafragmática afetará negativamente esse tecido, podendo gerar sintomas centrais e periféricos (WILLARD *et al.*, 2012).

A coordenação pobre de determinadas partes do diafragma ou um posicionamento e recrutamento anômalo do músculo podem resultar em ativação assimétrica durante a inspiração, levando a subsequente redução da pressão intra-abdominal e consequente desequilíbrio biomecânico do cilindro muscular que estabiliza

a região lombar, o que pode ser um mecanismo subjacente a dor lombar crônica - DLC (KOLAR *et al.*, 2012). Janssens *et al.* (2015) encontraram que, pessoas com DLC possuem o diafragma em posição mais elevada que o habitual, menor excursão do músculo e maior fatigabilidade. Um estudo de Hodges, Heidjen e Gandevia (2001) demonstrou que o músculo diafragma e transverso do abdômen contribuem continuamente para a respiração e o controle postural durante os movimentos. Como resultado, a atividade combinada tônica e fásica desses músculos fornece um mecanismo para que o sistema nervoso central possa coordenar a respiração (KOCJAN *et al.*, 2017) e controlar a coluna vertebral durante os movimentos dos membros (HODGES, HEIJNEN, GANDEVIA, 2001; HODGES *et al.*, 2000).

1.2 Objetivo geral

O objetivo desse estudo é investigar o papel do diafragma na estabilização da coluna lombar como um fator relevante na abordagem terapêutica das lombalgias crônicas não específicas.

1.3 Objetivo específico

Analisar artigos que investigaram o papel postural do diafragma durante atividades motoras e também o efeito do fortalecimento dos músculos inspiratórios associados a exercícios de fortalecimento da musculatura lombar em pacientes com dor lombar.

2 METODOLOGIA

2.1 Design

Esse estudo trata-se de uma revisão de literatura com o objetivo de identificar artigos científicos que investiguem o papel postural do diafragma e o efeito do seu treinamento específico na dor lombar.

2.2 Procedimentos

A busca dos estudos foi realizada nas base de dados da Pubmed, PEDro e BVSsalud nos meses de abril a julho de 2022, utilizando os descritores “diaphragm function” e “low back pain”, com a finalidade de identificar estudos que compreendam e investiguem a relevância do músculo diafragma na postura e sua influência na dor lombar crônica. Foram utilizados estudos publicados no idioma inglês, pois em português e espanhol nenhum foi encontrado.

2.3 Critérios de Inclusão

Foi utilizado como critério de inclusão, artigos que correlacionassem a função postural do diafragma com a dor lombar, bem como aqueles que investigam disfunções respiratórias associadas a dor lombar e que por consequência tenham presente alterações do diafragma. Também foram incluídos ensaios clínicos que investigam o efeito do treinamento específico do diafragma sobre a dor lombar.

2.4 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram artigos em idiomas além do inglês, português e espanhol, artigos que o acesso ao texto completo não foi possível ou sobre protocolos de estudo ou estudos pilotos. Estudos que correspondessem ao tema diafragma e dor lombar, associado a outras patologias, também não foram incluídos.

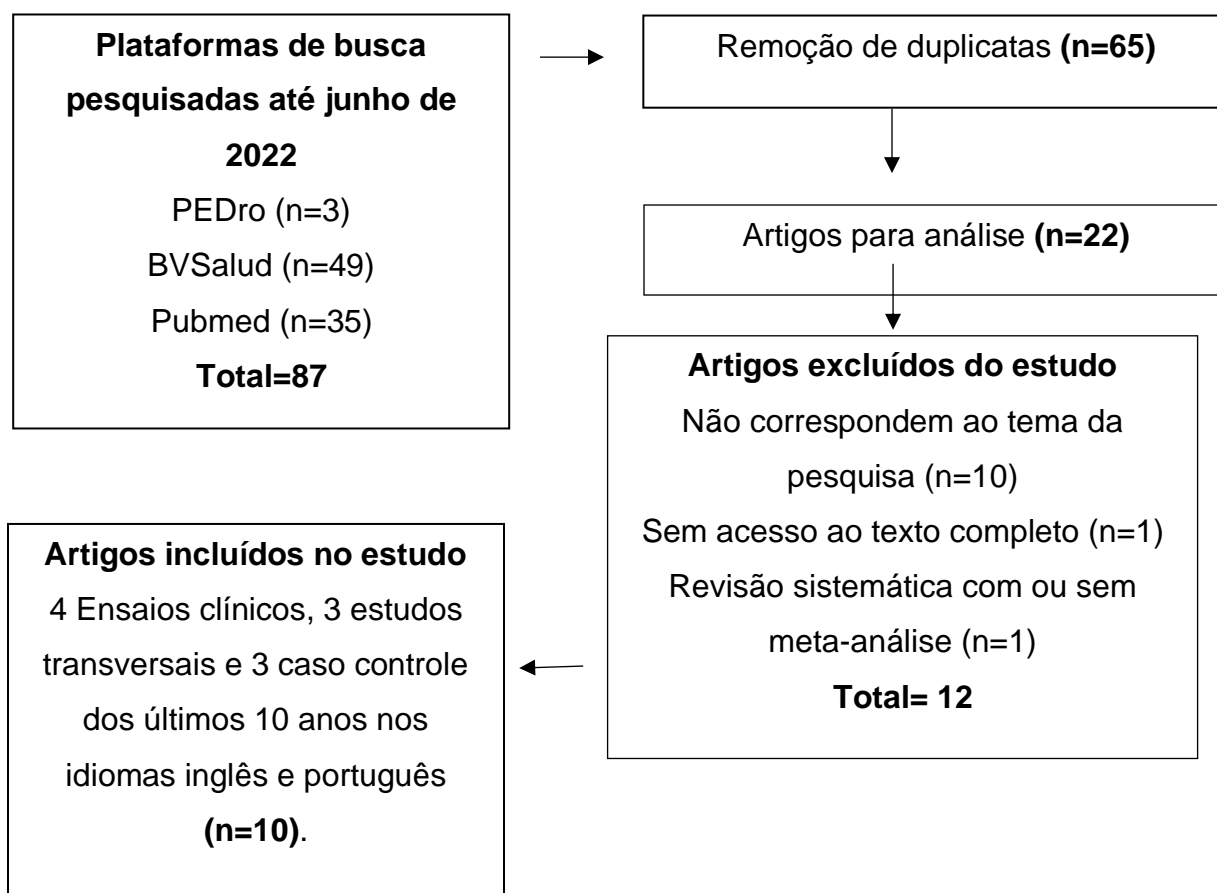
2.5 Extração e Análise de dados

Foram extraídos dos estudos considerados elegíveis os seguintes dados: nome do primeiro autor, ano da publicação, tipo de estudo, número de participantes, objetivos do estudo, tipo de intervenção, os instrumentos de avaliação e os resultados. Os dados foram extraídos, compilados e apresentados de maneira descritiva. O desenho dos estudos e os resultados relevantes de cada um constam no Quadro 1.

3 RESULTADOS

Foram identificados 49 artigos na BVSsalud, 35 na Pubmed e 3 no PEDro, com as palavras de busca utilizadas. Após aplicados os critérios de exclusão, propostos nesta revisão, 10 artigos na Lilacs, 11 artigos na Pubmed e 1 artigo no PEDro foram selecionados. Deste total de 22 artigos, após a eliminação dos duplicados, restaram 10 artigos a serem revisados, publicados entre 2012 e 2021. (FIGURA 1).

Figura 1. Fluxograma de inclusão e exclusão dos estudos.



Dos 10 estudos selecionados, três são estudos de caso-controle, três são estudos transversais e quatro são ensaios clínicos. A maioria dos estudos possuía grupo controle saudável comparado a pacientes com dor lombar crônica. Quanto aos instrumentos de avaliação para a observação do posicionamento, mobilidade e espessura do diafragma foi feita através de ultrassom ou ressonância magnética. Como instrumento de medida da capacidade funcional e dosagem da resistência inspiratória a ser empregada, foram utilizados o espirômetro e um aparelho de resistência a inspiração (Powerbreathe). Os estudos tem por principal objetivo observar o comportamento do músculo diafragma ora correlacionado a demandas posturais e respiratórias, ora mensurando as alterações diafragmáticas em si. Os detalhes individuais de cada estudo são fornecidos no quadro 1.

Quadro 1 – Resultados da Revisão de Literatura

| Autores/ data | Estudo design | Amostra | Objetivos | Procedimentos | Instrumentos de avaliação | Resultados |
|----------------------------------|----------------------------|---|---|---|--|--|
| KOLAR <i>et al.</i> , 2012. | Estudo de caso controle | 18 sujeitos com dor lombar crônica e 29 sujeitos saudáveis | Examinar a função do diafragma durante atividades posturais dos membros | Mensurações da mobilidade do diafragma foram realizadas na posição supina durante respiração de repouso e também em flexão isométrica dos membros superiores e inferiores contra resistência. | Ressonância magnética funcional Leituras espirométricas PImax e PE max | Menores excursões do diafragma e um posicionamento mais cranial no grupo com dor lombar durante a tarefa de MMSS (P= 0,012). Maior inclinação na porção medial posterior do diafragma durante a inspiração e tarefa de MMSS (41,4 mm) comparado ao controle (20,7mm) As diferenças entre grupos somente surgiram quando as tarefas posturais foram impostas. |
| JANSSENS, <i>et al.</i> ,2013 | Estudo transversal | 14 indivíduos com dor lombar crônica (DLC) e 11 controles | Determinar a fatigabilidade do diafragma após exercícios de carga inspiratória (CMI) | O protocolo foi realizado com o auxílio de um dispositivo de carregamento eletrônico portátil (MicroRMA). O dispositivo impõe uma resistência constante ao fluxo de ar inspirado. Pressões transdiafragmáticas de contração (TwPdi) foram registradas em 10 pacientes DLC e 10 controles, inicialmente e também após 20 e 45 min de imposição de carga muscular inspiratória (CMI). Os indivíduos foram instruídos a inalar contra a carga resistida inspiratória em uma frequência de 15 respirações/min, ciclo de trabalho de 0,5, e um fluxo de 0,6 l/s até que o fluxo não pudesse mais ser mantido. O teste de respiração foi com uma resistência inspiratória predefinida constante de 70% da carga de trabalho máximo alcançada durante o protocolo de carregamento incremental. | Leitura espirométricas VEF1 e CVF Escala de Borg adaptada (0-10) para avaliar o esforço respiratório durante a CMI Transdutor de pressão eletrônico (MicroRPM) para aferir Pressões transdiafragmáticas de contração (TwPdi) | Os indivíduos com DLC apresentaram uma redução significativa do TwPdi potencializado, 20min (-20%) (p=0,002) e 45min (-17%) (p=0,006) após CMI A fadiga do diafragma (queda de TwPdi \geq 10%) esteve presente em 80% (20 minutos após o IML) e 70% (45 min após o IML) dos pacientes DLC em comparação com 40% (p = 0,010) e 30% (p = 0,005) dos controles, respectivamente. Indivíduos com DLC apresentam maior propensão para fadiga do diafragma quando comparado s indivíduos sem dor. |

| Autores/ data | Estudo design | Amostra | Objetivos | Procedimentos | Instrumentos de avaliação | Resultados |
|--------------------------------|----------------------------|---|---|---|--|--|
| VOSTATEK <i>et al.</i> , 2013 | Estudo transversal | 16 indivíduos saudáveis e 17 com dor lombar crônica. | Identificar mudanças no movimento e forma do diafragma quando demandas posturais sobre o corpo são aumentadas. | Dois conjuntos de características foram calculados a partir de gravações de ressonância magnética, onde o plano de projeção foi colocado em três pontos distintos direcionado paravertebralmente no lado direito, no centro do corpo vertebral e na borda da parede torácica. Com os indivíduos em supino foram aferidos: 1) parâmetros dinâmicos refletindo a ação do diafragma (ângulo e deslocamento) 2) parâmetros estáticos refletindo características anatômicas do diafragma (espessura). | Ressonância magnética | Alterações respiratórias e posturais do diafragma foram mais lentas, maiores em tamanho e melhor equilibradas no grupo controle. Quando uma carga foi aplicada nos membros inferiores, os sujeitos com dor lombar não foram capazes de manter a função respiratória do diafragma, que foi reduzida em 4%. Os sujeitos do grupo controle apresentaram parâmetros mais estáveis tanto da função respiratória quanto da postural ($p < 0,001$). |
| JANSSENS, <i>et al.</i> , 2015 | Ensaio clínico randomizado | 28 indivíduos com dor lombar designados aleatoriamente em grupos de alta e baixa intensidade de treinamento muscular inspiratório | Investigar se o treinamento da musculatura inspiratória (TMI) afeta a propriocepção em indivíduos com dor lombar, durante uma atividade de deslocamento do centro de pressão sobre uma superfície instável. | 8 semanas de treinamento. Treinamento de inspiração diafragmática, sob um P _I max de 60%, executando 30 ciclos respiratórios, duas vezes ao dia, 7 dias da semana, com uma frequência de 15 respirações por minuto. A propriocepção foi avaliada com os indivíduos de olhos vendados e descalços sobre uma plataforma de força instável. 3 testes foram aplicados: vibração muscular bilateral, ora do tríceps sural, ora paravertebral ora ambos. | Plataforma de força (Bertec) Vibração muscular Transdutor de pressão eletrônico (MicroRPM) Powerbreathe | Após treinamento muscular inspiratório (TMI) de alta intensidade, os indivíduos apresentaram respostas menores à vibração muscular do tornozelo, maiores respostas à vibração muscular nas costas, maior força muscular inspiratória e redução da dor nos indivíduos com DLC ($P < 0,05$). Essas alterações não foram observadas após o baixo TMI ($P > 0,05$). |

| Autores/ data | Estudo design | Amostra | Objetivos | Procedimentos | Instrumentos de avaliação | Resultados |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|--|--|
| FINTA, NAGY, BENDER, 2018 | Ensaio clínico randomiza do | 52 indivíduos com histórico de dor lombar crônica, divididos em dois grupos randômicos: 1) programa de treinamento complexo associado a treinamento do diafragma - TD (26 indivíduos); 2) grupo controle só realizava treinamento complexo - C (21 indivíduos) | Observar os efeitos do treinamento do diafragma na dor lombar crônica e na espessura dos músculos estabilizadores da coluna lombar | <p>A espessura do transverso do abdômen, diafragma e músculo multífido lombar foi medida com ultrassonografia em duas posições: deitado e sentado. Todos os músculos foram avaliados em estado relaxado e em estado contraído em decúbito dorsal e sentado e durante o halterofilismo na posição sentada.</p> <p>Treinamento complexo: 10 min de exercícios dinâmicos e respiratórios realizados de pé; 40 min de exercícios de fortalecimento muscular geral, equilíbrio postural estático e dinâmico; 10 min aeróbico leve, alongamentos e exercícios respiratórios. Frequência de 2 sessões por semana, com 60 minutos de duração, durante 8 semanas para ambos os grupos.</p> <p>O treinamento do diafragma consistia em 2 vezes ao dia, 30 inalações no aparelho Powerbreathe (gera resistência) por sessão a uma velocidade de 15 inalações por minuto. A resistência utilizada foi a de 60% da pressão inspiratória máxima.</p> | <p>Ultrassom</p> <p>Powerbreathe medic plus (para determinar a magnitude da resistência inspiratória durante o treinamento)</p> <p>Visual analog scale (VAS) foi utilizado para medir dor.</p> | <p>Após o treinamento, a gravidade da dor foi significativamente reduzida em ambos os grupos. A espessura do transverso do abdômen aumentou em estado relaxado e relativamente relaxado nos dois grupos. O músculo diafragma do grupo TD, obteve aumento (0,14 - 0,23= p< 0,01) no estado de posição supina e contraído, enquanto o controle não apresentou diferença. Em relação à espessura do multífido lombar, um aumento significativo (p< 0,05) só foi encontrado no músculo à esquerda em estado relaxado, relativamente relaxado e relativamente contraído e no caso do lado direito em estado relativamente contraído no grupo de treinamento do diafragma.</p> |

| Autores/ data | Estudo design | Amostra | Objetivos | Procedimentos | Instrumentos de avaliação | Resultados |
|-------------------------------|----------------------------------|---|--|---|--|---|
| FINTA <i>et al.</i> , 2020 | Ensaio clínico randomizado | 52 indivíduos com histórico de dor lombar crônica, divididos em dois grupos randômicos: 1) programa de treinamento convencional associado a treinamento do diafragma (26 indivíduos) ; 2) grupo controle só realizava treinamento convencional (21 indivíduos) | Determinar o efeito do treinamento para fortalecimento do diafragma nos limites de estabilidade do tronco e da função inspiratória em pacientes com dor lombar | O grupo de treinamento convencional associado ao treinamento do diafragma realizava duas vezes ao dia 30 inalações, com auxílio do Powerbreathe, no período de 2 minutos. O mesmo dispositivo foi utilizado durante os exercícios de fortalecimento da musculatura do tronco. O programa de exercícios convencionais de 8 semanas (2x semana, 60 min duração) incluiu exercícios de fortalecimento, mobilização e alongamento dos músculos do tronco e exercícios de equilíbrio para melhorar propriocepção. | Powerbreathe medic plus Sitting/modified functional reach test (mFRT) e Modified Lateral Reach test (mLRT) | Os testes de pressão inspiradora máxima e limite de estabilidade mostraram melhora estatisticamente significativa ($p < 0,05$) apenas no grupo de treinamento de diafragma. Também foram encontradas melhoras significativas na excursão torácica e nos testes de fluxo expiratório de pico em ambos os grupos ($p < 0,05$); com melhora relevante no grupo de treinamento diafragma. |

| Autores/ data | Estudo design | Amostra | Objetivos | Procedimentos | Instrumentos de avaliação | Resultados |
|-----------------------------|--------------------|--|---|---|--|---|
| MOHAN, <i>et al.</i> , 2018 | Estudo transversal | 34 indivíduos saudáveis e 34 indivíduos com dor lombar | Correlacionar a função respiratória e outras variáveis entre pacientes com dor lombar crônica inespecífica (DLCl) | <p>Correlação dos resultados da escala de dor (ODI), função pulmonar: Total Faulty breathing scale</p> <p>Medidas de mobilidade torácica foram realizadas nos níveis da axila, 4º intercostal e processo xifoide. A mobilidade diafragmática foi aferida através do ultrassom.</p> <p>Avaliações de espirometria para resistência muscular respiratória foram realizadas com auxílio de um espirômetro. A força muscular ins e expiratória foi avaliada enquanto realizando máximo esforço ora ins ora expiratório contra a resistência do MicroRPM por 1 segundo.</p> <p>O valor da resistência do MicroRPM não foi informado.</p> | <p>Total Faulty breathing scale (TFBS)</p> <p>Espirômetro</p> <p>Expansão torácica</p> <p>Ultrassom</p> <p>Unidade de Biofeedback de pressão (PBU)</p> <p>Oswestry Disability Index (ODI)</p> <p>MicroRPM Respiratory pressure meter</p> | <p>A mobilidade diafragmática (P=0,03) e resistência muscular respiratória (P=0,09) foram menores no grupo DLCl. A expansão torácica apresentou uma diminuição significativa (p=0,10) no nível do quarto espaço intercostal do grupo DLCl, mas a força muscular respiratória e a estabilidade do núcleo não apresentaram diferenças significantes entre os dois grupos. Correlações positivas foram encontradas bastante significativas em relação à força muscular respiratória. (p< 0,05).</p> |

| Autores/ data | Estudo design | Amostra | Objetivos | Procedimentos | Instrumentos de avaliação | Resultados |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|
| ZIAEIFAR, <i>et al.</i> , 2021 | Estudo de caso- controle | 37 indivíduos com dor lombar crônica inespecífica e 34 indivíduos saudáveis | Comparar a integridade estrutural e função do hemidiafragma direito e esquerdo, através do US, em sujeitos com e sem dor lombar inespecífica (DLCI). | A espessura, a mudança de espessura e a excursão do hemidiafragma direito e esquerdo foram comparadas dentro e entre os grupos durante a respiração silenciosa (QB) e respiração profunda (DB) através do modo B da imagem de ultrassom no modo M. | Ultrassom | O grupo (DLCI). apresentou um grau significativamente menor de variação da espessura do hemidiafragma direito ($P = 0,001$) em comparação com o grupo controle saudável, com um forte tamanho de efeito. No grupo saudável, o hemidiafragma direito apresentou uma espessura significativamente menor na expiração e maior variação de espessura em comparação com o hemidiafragma esquerdo, com um tamanho de efeito moderado. |
| DÜLGER <i>et al.</i> , 2018 | Estudo clínico não randomizado | 21 mulheres com dor lombo pélvica, divididas em grupo controle (10) e grupo de tratamento (11) | Observar os efeitos de exercícios de estabilização lombo-pélvica na espessura e movimento do músculo diafragma | Exercícios de fortalecimento para músculos das costas, quadril e abdominais. Foram 30 sessões, 3 x por semana. A espessura e o movimento muscular do diafragma foram avaliados por meio de ultrassom, e a estabilidade lombo pélvica foi avaliada por meio de testes de estabilidade lombo pélvica. | Ultrassom Testes de estabilidade lombo-pélvica | Aumento na espessura do diafragma e melhora da estabilidade lombo-pélvica foram estatisticamente relevantes ($p < 0,05$) no grupo submetido ao protocolo de tratamento. |
| CALVO- LOBO, <i>et al.</i> 2019 | Estudo de caso- controle. | 40 atletas emparelhados: 20 indivíduos com dor lombo pélvica (DLP); e 20 sem DLP - grupo de controle saudável | O objetivo deste estudo foi comparar a espessura do diafragma e a sua excursão entre atletas com e sem dor lombo-pélvica (DLP) através de imagens de ultrassom. | A espessura do diafragma e a sua excursão (cm) foram avaliadas durante a atividade respiratória de repouso (inspiração máxima e T_{ins} , expiração e T_{exp} e $t_{ins-exp}$) através da imagem do ultrassom de reabilitação trans-costal e trans-hepático (RUSI). | Ultrassom de reabilitação (RUSI) | Diferenças estatisticamente significantes ($P < .05$) com um tamanho de efeito de moderado a grande ($d = 0,63 - 1,07$) foram mostradas para reduções bilaterais de espessura do diafragma em T_{ins} e diferença de espessura em $T_{ins} - T_{exp}$ do hemi-diafragma direito para atletas com DLP, também foi menor, em comparação com atletas saudáveis. |

4 DISCUSSÃO

O objetivo desta revisão foi buscar estudos que investigaram o efeito postural do diafragma em pacientes com dor lombar, alguns com e outros sem intervenções. Os artigos selecionados demonstram que pacientes com dor lombar possuem: menor espessura, mobilidade e por vezes uma maior inclinação da porção medial do diafragma; maior fatigabilidade e menor pressão de contração transdiafragmática; queda da função respiratória (em alguns casos) e aumento da função postural quando há aumento de carga nos membros (KOLAR *et al.*, 2012; JANSSENS *et al.*, 2013; VOSTATEK *et al.*, 2013; CALVO-LOBO *et al.*, 2019). Alguns estudos encontraram melhora do condicionamento e redução dos sintomas em pacientes com lombalgia após treinamentos com exercícios sistêmicos associados a exercícios de resistência inspiratória (FINTA *et al.*, 2020; DÜLGER, *et al.*, 2018).

Kolar *et al.* (2012), encontraram que indivíduos com dor lombar crônica apresentavam posicionamento anormal com maior inclinação do diafragma na porção média-posterior, algo que consideraram como possível contribuição para a etiologia da dor lombar. A pesquisa comparou 18 sujeitos com dor lombar crônica a 29 sujeitos saudáveis, avaliados realizando flexão isométrica dos membros superiores e inferiores contra resistência dentro do aparelho de Ressonância Magnética funcional. Apesar do grupo com dor lombar ter apresentado recrutamento normal da porção crural do diafragma, o movimento das porções anterior e medial foram limitadas pelas tarefas posturais (mantendo-se em posicionamento mais cranial). Essa coordenação pobre das diferentes porções do diafragma resultaram em ativação assimétrica durante a inspiração, em se observando a relação entre a tarefa postural e a ação funcional do diafragma, bem como evidenciando padrões respiratórios alterados durante as atividades, extenuantes ou não, em indivíduos com dor lombar. Os autores então, hipotetizaram que o diafragma, por ser um músculo que contribui para a modulação da PIA (HEMBORG, MORITZ, LÖWING, 1985), pode exercer papel importante na estabilidade postural, conjecturando que através do aumento da PIA ocorre uma redução da carga que incidiria sobre a coluna devido a ativação em co-contração dos músculos do tronco (KOLAR, *et al.*, 2012). Hodges *et al.* (2005) afirmaram que, o aumento da

pressão intra-abdominal (PIA) proporciona "rigidez relativa" e, portanto, aumenta a estabilidade da região lombar, que é necessária durante as tarefas de sustentação e manipulação de carga.

Considerando que o sistema nervoso central parece ser capaz de antecipar o movimento dos membros e estabilizar a coluna através da ativação da musculatura do Core (que inclui o diafragma) para fornecer uma base estável para a contração muscular dos membros (HODGES, HEIJNEN & GANDEVIA 2001), Vostatek *et al.*, (2013) investigaram o movimento do diafragma durante a respiração de repouso e a respiração sob a aplicação de uma carga nos membros inferiores. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: com e sem patologias da coluna lombar. O objetivo principal desse estudo, foi de separar movimentos diafragmáticos respiratórios de não respiratórios, para então avaliar seu papel na estabilização da coluna. Os resultados indicaram movimentos mais simétricos do diafragma no grupo controle, bem como uma relevante proporção de movimento diafragmático não respiratório, referente a estabilização postural para que ocorram movimentos dos membros. Esse movimento (diafragmático não respiratório) constituiu um terço da amplitude de movimento do diafragma durante a respiração em repouso. Esses achados apoiam a hipótese de Kolar, *et al.* (2012), de que ocorre uma contração diafragmática menos expressiva no grupo patológico, com uma correlação significativa entre uma pior habilidade em contrair o diafragma adequadamente (maior abaullamento) e a existência de dor lombar no indivíduo.

Mohan *et al.* (2018) fizeram uma ampla pesquisa, comparando indivíduos saudáveis com aqueles com dor lombar crônica, em relação a função respiratória e variáveis como ventilação pulmonar, expansão torácica, escala de dor (ODI), resistência e força muscular diafragmática relacionados a mobilidade do diafragma (aferida por US). As únicas alterações relevantes encontradas foram, a mobilidade e resistência muscular reduzidas do diafragma dos pacientes com dor lombar crônica, sugerindo que a função ventilatória do músculo não estava alterada nos indivíduos com dor lombar, mas sim, sua função postural.

No estudo de imagem ultrassonográfica feito por Calvo-Lobo *et al.* (2019), foram comparadas a espessura e a excursão do diafragma de atletas com e sem dor lombopélvica (DLP). Os atletas possuíam dor lombopélvica bilateral, bem como um teste de

lasegue positivo. Através de avaliação ultrassonográfica durante atividade respiratória de repouso, encontraram valores menores da espessura do diafragma (sugerindo fraqueza deste músculo) em atletas com DLP. O trabalho de Hodges e Richardson (1996), que ofereceu base para essa pesquisa, já havia demonstrado que atletas com DLP apresentam a função de estabilização lombar alterada associada a perda da contração antecipatória dos músculos profundos do tronco. Essas pesquisas demonstram que alterações da espessura do diafragma estão relacionadas a pacientes com instabilidade e dor lombar, o que sugere um papel ativo desse músculo, mesmo que em coadjuvância com outros músculos para garantir a qualidade da postura lombo-pélvica.

O estudo de Calvo-Lobo *et al.* (2019) encontrou, assim como Vostatek *et al.* (2013), que pessoas com dor lombo-pélvica possuem diafragmas menos espessos. Porém, não encontraram nenhuma redução da excursão diafragmática (mobilidade) e nem um posicionamento elevado do músculo como Kolar *et al.* (2012) e Vostatek *et al.* declararam. Talvez, algumas das diferenças dos resultados obtidos nessas pesquisas esteja no instrumento de imagem empregado para avaliação do diafragma. Na pesquisa de Calvo-Lobo *et al.* (2019) o instrumento de imagem para mensuração foi o ultrassom (HARPER *et al.*, 2013; VALERA-CALERO *et al.*, 2021) e no estudo de Kolar *et al.* (2012) e Vostatek *et al.* (2013) foi a ressonância magnética. Calvo-Lobo *et al.* (2019), também se preocuparam em comparar os hemi-diafragmas intra-sujeito e inter-sujeitos, além de utilizarem atletas, que potencialmente estão sujeitos a maiores volumes inspiratórios forçados pelo exercício, razão pela qual a mobilidade diafragmática reduzida não tenha sido encontrada nesse grupo de investigação.

Com o objetivo de comparar a integridade estrutural e funcional dos hemi-diafragmas direito e esquerdo por ultrassonografia, durante a respiração de repouso e profunda, Ziaefar *et al.* (2021), investigaram a espessura do diafragma e sua variação, bem como sua excursão em pacientes com ou sem dor lombar. A ideia deste estudo, foi quantificar e qualificar a função diafragmática para criar uma avaliação e tratamento da dor lombar crônica de forma não invasiva e com resultados mais objetivos. O resultado encontrado inter-sujeitos, apresentou uma espessura significativamente menor do hemi-diafragma direito em pacientes com dor lombar. O relato de dor lombar nesse estudo,

não especifica o lado da dor, e portanto, não nos permite entender se a diferença da espessura de hemi-diafragma direito e esquerdo condiz com o lado da dor, ou se está ligado a um desequilíbrio muscular que favorece uma instabilidade da região lombar em sujeitos com lombalgia. Outra possibilidade em relação a observação do hemi-diafragma direito ter sido melhor quantificada, pode ser devido a posição anatômica das estruturas (baço e pulmão esquerdo) gerarem interferência, oferecendo imagens menos nítidas do lado esquerdo, dificultando as comparações durante a ventilação (DÜLGER *et al.*, 2018).

Em 2013, Janssens *et al.*, motivados em investigar se havia uma maior propensão a fadigabilidade do músculo diafragma, fizeram seu estudo com o auxílio do MicroRMA (aparelho que tem por objetivo quantificar a resistência dos músculos inspiratórios), em indivíduos com dor lombar recorrente comparados a pessoas saudáveis. A prevalência da fadiga diafragmática foi de 80%, 20 min após a carga inspiratória, e 70% após 45 min, nos indivíduos com dor lombar e 40 e 30% respectivamente em indivíduos sem dor. Os autores sugeriram novos estudos para investigar se intervenções de treinamento da musculatura inspiratória podem ter efeito positivo sobre a fadigabilidade diafragmática, a estabilidade lombar e os sintomas da dor lombar. Esses mesmos pesquisadores em 2015, realizaram outra investigação sobre o treinamento da musculatura inspiratória, desta vez correlacionando com a propriocepção e a dor lombar. Eles tomaram como base, entre outras, uma pesquisa realizada por Claeys *et al.* (2011) sobre o declínio da variabilidade das estratégias de controle postural em jovens com dor lombar não específica, levando a alteração na redistribuição proprioceptiva do peso. Pesquisaram se o treinamento da musculatura inspiratória (TMI) afeta a propriocepção em indivíduos com dor lombar, durante uma atividade de deslocamento do centro de pressão sobre uma superfície instável. Janssens *et al.* (2015), encontraram que indivíduos com lombalgia apresentaram uma dominância do uso da propriocepção do calcanhar, ao invés de confiarem no input proprioceptivo proximal (lombar). Indicando um déficit na reação do core (para preservação da estabilidade antecipatória do tronco) necessária a ativação muscular dos membros. Outro achado interessante desses autores, foi que os indivíduos que ficaram no grupo de treinamento inspiratório de alta intensidade (60% da PI máx) obtiveram ganhos na PI máxima e uma melhora da propriocepção lombar,

enquanto o grupo de baixa intensidade (10% da PI máx), não obtiveram melhora nessas variáveis.

Compreendendo que alterações de espessura e mobilidade são recorrentes nesses indivíduos, Dülger *et al.* (2018), pesquisou mulheres com dor lombar divididas em grupo controle e grupo de intervenção, buscando observar os efeitos de exercícios de estabilização lombo-pélvica na espessura e mobilidade do diafragma (avaliado por US). O grupo de intervenção apresentou melhora da estabilidade lombo-pélvica e aumento da espessura do diafragma. O grupo de intervenção, antes do programa de exercícios (fortalecimento da musculatura lombar e abdominal), realizava manobras de “barriga negativa” (hallowing) e respiração diafragmática com o objetivo de ativar mais o transversos do abdômen (GRENIER, & MCGILL, 2007). Um achado interessante desse estudo foi que quanto maior a massa corporal e a idade, maior a espessura do diafragma, o que sugere para novos estudos em espessura do diafragma, a inclusão desses parâmetros de observação. Também vale ressaltar que, o estudo aponta para a possibilidade do aumento da espessura do diafragma estar vinculado ao aumento da ativação do transversos do abdômen no programa de exercícios. Diferente de Kolar *et al.* (2012), esses autores não observaram alteração no movimento do diafragma, e atribuíram a isso, o fato de não terem colocado carga nos membros durante o programa de exercícios.

Finta, Nagy e Bender (2018) pesquisaram o efeito do treinamento diafragmático sobre os músculos de estabilização lombar em indivíduos com lombalgia. A espessura dos músculos: transversos do abdômen, multífido e diafragma foi medida através de ultrassonografia nas posições sentado e deitado. A associação de exercícios com carga para membro superior enquanto executando inspiração resistida (Powerbreathe a 60% da PImáx.) influenciou positivamente a função postural do diafragma, mesmo que não tenha resolvido plenamente a condição álgica. Após 8 semanas de treinamento diafragmático (MEHLING *et al.*, 2005) houve um aumento relevante na espessura do multífido e do diafragma na posição supino.

Em 2020, Finta *et al.*, tiveram como objetivo determinar o efeito do treinamento para fortalecimento do diafragma em seu papel sobre a estabilidade do tronco e de sua função inspiratória em pacientes com dor lombar. Nesse estudo, encontraram que

exercícios convencionais associados a protocolos de fortalecimento do diafragma (com o uso do Powerbreathe) resultam em melhor capacidade funcional em pacientes com lombalgia, do que somente exercícios. Outro achado dos autores foi que, apesar da redução da dor nos grupos de exercícios convencionais ter sido mais significativo, o grupo de fortalecimento do diafragma apresentou melhora relevante nos testes de limite de estabilidade, avaliados pelo Sitting/modified functional reach test (mFRT) e Modified Lateral Reach test (mLRT). Pressupõe-se que ao exercitar o diafragma, o aumento da pressão intra-abdominal se torne mais eficaz e portanto favoreça a estabilidade lombar (LEWIT, 1980). Este aumento dos limites da estabilidade do tronco, podem indicar uma estratégia postural mais complexa exercida pelo grupo com fortalecimento do diafragma associado aos exercícios convencionais, com possíveis melhores resultados de longo prazo.

Parece, portanto, relevante a necessidade de realizar intervenções para a ativação adequada do diafragma, através de diferentes programas de tratamento designados aos músculos respiratórios em pacientes com dor lombar ou como prevenção dos quadros de lombalgia (ANDERSON & BLIVEN, 2017). Muitos estudos tem sugerido que, o alívio dos sintomas da lombalgia, podem vir através do equilíbrio da ativação postural agonista-antagonista, isto é, ativação distribuída adequadamente ao longo de todo o diafragma, assoalho pélvico, parede abdominal e extensores (core) (KOLAR *et al.*, 2012; DÜLGER *et al.*, 2018; ANDERSON & BLIVEN, 2017; FINTA, NAGY, BENDER, 2018). Exercícios de inspiração resistida associada a um programa de fortalecimento dos outros músculos do core, parecem ser uma medida interessante de reabilitação para esses pacientes (FINTA *et al.*, 2020).

No processo de pesquisa para esta revisão, várias foram as limitações quanto a qualidade dos artigos. Alguns conseguiram uma homogeneidade satisfatória, porém com protocolos de investigação vagos. A dificuldade de acesso direto ao músculo diafragma, demandando a necessidade de visualização seja por RM funcional ou por US, também são fatores que complicam a pesquisa por demandar treinamento e aparelhos de custo elevado.

5 CONCLUSÃO

O objetivo dessa revisão foi encontrar artigos que tenham investigado a correlação entre possíveis alterações do diafragma e sua função postural na estabilidade da coluna de indivíduos com dor lombar. Os estudos aqui analisados apresentaram dados que corroboraram essa hipótese, apesar de ainda não se pode afirmar uma relação direta entre a mudança de espessura, fatigabilidade e mobilidade do diafragma como causa ou efeito da dor lombar. Mas, podemos afirmar que algumas dessas alterações se mostram presentes nos indivíduos com lombalgia. O que nos leva ao outro objetivo desse trabalho, que foi investigar se fortalecer o diafragma traria efeitos sobre a dor lombar. Os estudos demonstraram que exercícios de inspiração resistida, principalmente quando associados a exercícios de fortalecimento do core, trouxeram melhoras na estabilidade lombar com alguma redução da dor.

Fica claro portanto, que futuras pesquisas se fazem necessárias para assegurar a melhor maneira de avaliar, diagnosticar e tratar o diafragma associado as outras etiologias da dor lombar. Diferentes programas de tratamento designados aos músculos respiratórios em pacientes já com dor lombar ou como prevenção dos quadros de lombalgia parece um recurso importante na reabilitação desses pacientes, o que sugere a criação de protocolos envolvendo essa abordagem respiratória/postural do diafragma.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, B.E., BLIVEN, K.C.H. The Use of Breathing Exercises in the Treatment of Chronic, Nonspecific Low Back Pain. **Journal of Sport Rehabilitation**. v. 26, n.5, p. 452-458, 2017.

CALVO-LOBO, C., ALMAZÁN-POLO, J., BECERRO-DE-BENGOA-VALLEJO, R., LOSA-IGLESIAS, M.E., PALOMO-LÓPEZ, P., RODRÍGUEZ-SANZ, D., LÓPEZ-LÓPEZ, D. Ultrasonography comparison of diaphragm thickness and excursion between athletes with and without lumbopelvic pain. **Physical Therapy Sport**. v. 37, p.128-137, 2019.

CLAEYS, K., BRUMAGNE, S., DANKAERTS, W., KIERS, H., JANSSENS, L. Decreased variability in postural control strategies in young people with non-specific low back pain is associated with altered proprioceptive reweighting. **European Journal Applied Physiology**. v. 111, n.1, p. 115-23, 2011.

CRESSWELL, A.G., GRUNDSTRÖM, H., THORSTENSSON, A. Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. **Acta Physiologica Scandinavica** v. 144, n. 4, p. 409-18, 1992.

DOWNEY, R. Anatomy of the normal diaphragm. **Thoracic Surgery Clinics** v. 21, n.2, p. 273-9, 2011.

DÜLGER, E., BILGIN, S., BULUT, E., INCE, D.I., KÖSE, N., TÜRKMEN, C., ÇETIN, H., KARAKAYA, J. The effect of stabilization exercises on diaphragm muscle thickness and movement in women with low back pain. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**. v. 31, p. 323-329. 2018

FINTA, R., BODA, K., NAGY, E., BENDER, T. Does inspiration efficiency influence the stability limits of the trunk in patients with chronic low back pain? **Journal of Rehabilitation Medicine** v. 52, n.3, p. 1-7, 2020.

FINTA, R., NAGY, E., BENDER, T. The effect of diaphragm training on lumbar stabilizer muscles: a new concept for improving segmental stability in the case of low back pain. **Journal of Pain Research**. v. 28, n.11, p.3031-3045, 2018.

GRENIER, S.G., MCGILL, S.M. Quantification of Lumbar Stability by Using 2 Different Abdominal Activation Strategies **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 88, n. 1, p. 54-62, 2007.

HARPER, C.J., SHAHGHOLI, L., CIESLAK, K., HELLYER, N.J., STROMMEN, J.A., BOON, A.J. Variability in diaphragm motion during normal breathing, assessed with B-mode ultrasound. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. v.43, n.12, p. 927-31, 2013.

HEMBORG, B., MORITZ, U., LÖWING, H. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. IV. The causal factors of the intra-abdominal pressure rise. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**. v.17, n.1, p. 25-38, 1985.

HODGES, P.W., CRESSWELL, A.G., DAGGFELDT, K., THORSTENSSON, A. Three dimensional preparatory trunk motion precedes asymmetrical upper limb movement. **Gait Posture**. v. 11, n.2, p. 92-101. 2000.

HODGES, P.W., ERIKSSON, A.E., SHIRLEY, D., GANDEVIA, S.C. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. **Journal Biomechanics**. v. 38, n.9, p. 1873-80, 2005.

HODGES PW, HEIJNEN I, GANDEVIA SC. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. **Journal of Physiology**. v. 537, p. 999-1008, 2001.

HODGES, P.W., RICHARDSON, C.A. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. **Spine**. v. 15, n.21(22), p. 2640-50, 1996.

JANSSENS, L., MCCONNELL, A.K., PIJNENBURG, M., CLAEYS, K., GOOSSENS, N., LYSSENS, R., TROOSTERS, T., BRUMAGNE, S. Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 47, n.1, p. 12-19, 2015.

JANSSENS, L., BRUMAGNE, S., MCCONNELL, A.K., HERMANS, G., TROOSTERS, T., GAYAN-RAMIREZ, G. Greater diaphragm fatigability in individuals with recurrent low back pain. **Respiratory Physiology & Neurobiology**. v. 188, n.2, p. 119-23, Epub 2013.

KOCJAN, J., ADAMEK, M., GZIK-ZROSKA, B., CZYŻEWSKI, D., RYDEL, M. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. **Advanced Respiratory Medicine**. v. 85, n.4, p. 224-232, 2017.

KOLAR, P., SULC, J., KYNCL, M., SANDA, J., ČAKRT, O., ANDEL, R., KUMAGAI, K., KOBESOVA, A. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. v. 42, n.4, p. 352-62, 2012.

LEWIT, K. Relation of faulty respiration to posture, with clinical implications. **The Journal of the American Osteopathic Association**. v.79, n.8, p. 525-9, 1980.

LUCE, J.M., CULVER, B.H. Respiratory muscle function in health and disease. **Chest**. v. 81, n.1, p. 82-90, 1982.

MEHLING, W.E., HAMEL, K.A., ACREE, M., BYL, N., HECHT, F.M. Randomized, controlled trial of breath therapy for patients with chronic low-back pain. **Alternative Therapies in Health and Medicine**. v.11, n.4, p. 44-52, 2005.

NOVAK, J., JACISKO, J., BUSCH, A., CERNY, P., STRIBRNY, M., KOVARI, M., PODSKALSKA, P., KOLAR, P., KOBESOVA, A. Intra-abdominal pressure correlates with abdominal wall tension during clinical evaluation tests. **Clinical Biomechanics**. v.88, 105426, 2021.

MCGILL, S.M. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. **Exercise and Sport Science Reviews**. v.29 n.1, p.26-31, 2001.

MCGILL, S.M., SHARRATT, M.T., SEGUIN, J.P. Loads on spinal tissues during simultaneous lifting and ventilatory challenge. **Ergonomics**. v.38, n.9, p. 1772-92, 1995.

MOHAN, V., PAUNGMALI, A., SITILERPISAN, P., HASHIM, U.F., MAZLAN, M.B., NASUHA, T.N. Respiratory characteristics of individuals with non-specific low back pain: A cross-sectional study. **Nursing & Health Sciences**. v.20, n.2, p. 224-230, 2018.

VALERA-CALERO, J.A., FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS, C., VAROL, U., ORTEGA-SANTIAGO, R., GALLEGO-SENDARRUBIAS, G.M., ARIAS-BURÍA, J.L. Ultrasound Imaging as a Visual Biofeedback Tool in Rehabilitation: An Updated Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. v. 18, n.14, p. 7554, 2021.

VOSTATEK, P., NOVÁK, D., RYCHNOVSKÝ, T., RYCHNOVSKÁ, S. Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. **PLoS One**. v.8, n.3, e56724, Epub 2013.

ZIAEIFAR, M., SARRAFZADEH, J., NOORIZADEH DEHKORDI, S., ARAB, A.M., HAGHIGHATKHAH, H., ZENDEHDEL JADEHKENARI, A. Diaphragm thickness, thickness change, and excursion in subjects with and without nonspecific low back pain using B-mode and M-mode ultrasonography. **Physiotherapy Theory Practice**. Jun 1: p. 1-11, 2021.

WILLARD, F.H., VLEEMING, A., SCHUENKE, M.D., DANNEELS, L., SCHLEIP, R. The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. **Journal Anatomy**. v. 221, n.6, p. 507-36, 2012.