



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

ANA CRISTINA DA SILVA SANTOS

**ANÁLISE ULTRASSONOGRÁFICA DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS E TRANSVERSO
DO ABDOME EM DIFERENTES FENÓTIPOS DO CONTROLE MOTOR NA DOR
LOMBAR CRÔNICA: UM ESTUDO TRANSVERSAL**

Orientadora: Gisela Rocha de Siqueira

Coorientadora: Thaynara do Nascimento Paes Barreto

RECIFE,
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

**ANÁLISE ULTRASSONOGRÁFICA DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS E TRANSVERSO
DO ABDOME EM DIFERENTES FENÓTIPOS DO CONTROLE MOTOR NA DOR
LOMBAR CRÔNICA: UM ESTUDO TRANSVERSAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Fisioterapia da
Universidade Federal de Pernambuco
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Fisioterapia

Este artigo foi escrito segundo as normas da Revista Pain Medicine

RECIFE,
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

DA SILVA SANTOS, ANA CRISTINA .

ANÁLISE ULTRASSONOGRÁFICA DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS E
TRANSVERSO DO ABDOME EM DIFERENTES FENÓTIPOS DO
CONTROLE MOTOR NA DOR LOMBAR CRÔNICA: UM ESTUDO
TRANSVERSAL / ANA CRISTINA DA SILVA SANTOS. - Recife, 2025.

24

Orientador(a): Gisela Rocha de Siqueira

Orientador(a): Thaynara do Nascimento Paes Barreto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Fisioterapia - Bacharelado, 2025.

1. Dor Lombar. 2. Fisioterapia. 3. Estudo de Avaliação. I. de Siqueira , Gisela
Rocha . (Orientação). II. Paes Barreto, Thaynara do Nascimento. (Orientação). III.
Título.

610 CDD (22.ed.)

ARTIGO ORIGINAL

**ANÁLISE ULTRASSONOGRÁFICA DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS E TRANSVERSO
DO ABDOME EM DIFERENTES FENÓTIPOS DO CONTROLE MOTOR NA DOR
LOMBAR CRÔNICA: UM ESTUDO TRANSVERSAL**

Fenótipos do controle motor na Dor Lombar

Ana Cristina da Silva¹. ID ORCID:

<https://orcid.org/0009-0006-8543-4343>

Thaynara do Nascimento Paes Barreto². ID ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-6603-3620>

Gisela Rocha de Siqueira³. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-003-4520-1175>

1- UFPE; Discente do curso de Fisioterapia; Recife-PE-Brasil.

2- UFPE: Fisioterapeuta; Doutoranda em Fisioterapia (UFPE); Recife-PE-Brasil.

3- UFPE: Professora Associada do Departamento de Fisioterapia (UFPE); Doutora em Saúde da Criança e do Adolescente (UFPE); Recife-PE-Brasil.

Autor correspondente:

Ana Cristina da Silva Santos

Telefone: (81)98765-2145

E-mail: anafe2012@gmail.com

Conflitos de interesse: Não Houve.

ARTIGO ORIGINAL

ANÁLISE ULTRASSONOGRÁFICA DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS E TRANSVERSO DO ABDOME EM DIFERENTES FENÓTIPOS DO CONTROLE MOTOR NA DOR LOMBAR CRÔNICA: UM ESTUDO TRANSVERSAL

RESUMO

Introdução: A dor lombar crônica (DLC) é uma condição multifatorial e de alta prevalência, sendo a principal causa de incapacidade no mundo. Está associada a alterações no controle motor, especialmente na ativação dos músculos estabilizadores profundos, como os multifídios e o transverso do abdome. A identificação de fenótipos de controle motor pode auxiliar no raciocínio clínico e possibilitar intervenções mais individualizadas. **Objetivo:** Foi investigar as variações na atividade contrátil dos multifídios e do transverso do abdome em indivíduos com DLC, categorizados segundo diferentes fenótipos de controle motor.

Método: Trata-se de um estudo transversal, realizado entre setembro de 2024 e agosto de 2025, com 65 participantes, sendo 35 com DLC e 30 assintomáticos. Foram coletados dados sociodemográficos, antropométricos, de dor (NRS) e incapacidade (ODI). A atividade muscular foi avaliada por eletromiografia de superfície e ultrassonografia musculoesquelética, e os fenótipos foram classificados em três clusters pelo método K-means. **Resultados:** No grupo com DLC, predominaram os fenótipos frouxo (60%), intermediário (28,6%) e rígido (11,4%). O fenótipo frouxo apresentou baixa ativação do transverso e multifídio lombar, com compensação torácica. O intermediário mostrou maior ativação abdominal e menor lombar, enquanto o rígido exibiu hiperativação abdominal e torácica, com inibição lombar. Entre os assintomáticos, o padrão normal predominou (65,5%), embora fenótipos intermediário e rígido também tenham sido observados sem dor.

Conclusão: A análise fenotípica demonstra potencial para direcionar estratégias terapêuticas específicas, como reativação seletiva dos multifídios e modulação da co-contração muscular.

Palavras-chave: Dor Lombar; Fisioterapia; Estudo de Avaliação.

ABSTRACT

Introduction: Chronic low back pain (CLBP) is a multifactorial and highly prevalent condition and remains a leading cause of disability worldwide. It is frequently accompanied by disturbances in motor control, particularly involving deep stabilizing muscles such as the multifidus and the transversus abdominis. Identifying distinct motor control phenotypes may enhance clinical reasoning and support more individualized therapeutic approaches.

Objective: To examine variations in the contractile behavior of the lumbar and thoracic multifidus muscles and the transversus abdominis in individuals with CLBP, classified according to different motor control phenotypes. **Methods:** A cross-sectional investigation was conducted between September 2024 and August 2025 with 65 participants, including

35 individuals with CLBP and 30 asymptomatic controls. Sociodemographic and anthropometric characteristics, pain intensity (NRS), and disability (ODI) were assessed. Muscle activity was measured using surface electromyography and musculoskeletal ultrasound, and phenotypes were categorized into three clusters using the K-means algorithm. **Results:** Among participants with CLBP, the loose phenotype was most common (60%), followed by intermediate (28.6%) and rigid (11.4%). The loose phenotype exhibited reduced activation of the transversus abdominis and lumbar multifidus, with compensatory activation of the thoracic multifidus. The intermediate phenotype showed increased abdominal activation with lower lumbar recruitment, whereas the rigid phenotype demonstrated pronounced abdominal and thoracic hyperactivation with lumbar inhibition. In the asymptomatic group, the normal phenotype predominated (65.5%), although intermediate and rigid phenotypes were also present in the absence of pain. **Conclusion:**

Phenotypic assessment of motor control reveals relevant differences in deep trunk muscle activation, suggesting potential clinical value for individualized rehabilitation strategies, including selective reactivation of the lumbar multifidus and modulation of abdominal co-contraction.

Keywords: Low back pain; Physiotherapy, Evaluation Study.

INTRODUÇÃO

A dor lombar crônica é uma condição multifatorial e altamente prevalente cerca de 60% a 80% da população vai apresentar dor lombar em algum momento da vida (MEUCCI, R. D., FASSA, A. G., & FARIA, 2024). Além disso, pode ser classificada em dois subtipos principais: dor lombar específica e dor lombar inespecífica. A dor lombar específica é aquela cuja etiologia pode ser claramente identificada por meio de exames clínicos e de imagem, estando frequentemente associada a patologias estruturais, como hérnia de disco, espondilolistese, estenose do canal vertebral, fraturas vertebrais, infecções e doenças inflamatórias, como a espondilite anquilosante (HARTVIGSEN, J.; HANCOX, L.; FERNÁNDEZ, 2018).

Nestes casos, a presença de alterações biomecânicas ou patológicas fornece um direcionamento mais objetivo para o tratamento, que pode incluir abordagens conservadoras, como fisioterapia a, ou, em casos mais graves, intervenções cirúrgicas. Por outro lado, a dor lombar inespecífica, que corresponde a aproximadamente 90% dos casos, não apresenta uma causa anatômica ou estrutural evidente que justifique os sintomas relatados pelo paciente (MAHDAVI, 2020). Esse tipo de dor pode estar relacionado a múltiplos fatores, como disfunções musculares, fraqueza do core, alterações posturais, padrões inadequados de movimento, sobrecarga mecânica e fatores psicossociais, como estresse, depressão e ansiedade (VLEEMING, 2019).

Outros fatores relacionados para permaneça da dor estão associados a alterações na neuroplasticidade cerebral e na representação proprioceptiva da região sintomatológica do corpo no córtex sensorial primário, afetando, assim, o processo de controle e modulação da dor e o próprio controle motor da coluna vertebral, essas representações atuam como mapas que o cérebro utiliza para planejar e executar o movimento (FLOR, 2003). O córtex somatossensorial primário (S1) é fundamental na codificação e percepção do estímulo doloroso, e evidências de neuroimagem e neurofisiologia demonstram que exposições nocivas prolongadas podem induzir alterações plásticas nessa e em outras áreas centrais, resultando em sensibilização central (WOOLF, 2011). Nessa condição, ocorre aumento da excitabilidade neuronal e da eficácia sináptica em vias nociceptivas, de forma que estímulos mínimos passam a evocar respostas dolorosas amplificadas (WOOLF, 2011).

Além disso, a reorganização funcional e representacional do S1 pode modificar o mapeamento corporal, perpetuando a experiência dolorosa e favorecendo posturas antalgicas (FLOR, 2003). Dessa forma, se essa função torna-se imprecisa, o controle motor pode ser comprometido, levando a diferenças individuais na ativação muscular, principalmente dos músculos da região lombar, torácica, abdome ou região glútea desses

pacientes, diante de estímulos nociceptivos quando comparados aos indivíduos sem queixas (LOUW, A.; DIEMER, M.; PRINSLOO, 2016).

Estudos demonstram que na dor lombar existe três fenótipos podem ser diferenciados: controle rígido (ativação excessiva dos músculos da coluna lombar, com co-contração e restrição intensa do movimento lombar), controle frouxo (ativação excessiva dos músculos torácicos, baixa ativação dos músculos paravertebrais lombares e baixa estabilidade lombar) e intermediário (uma combinação de vários fatores) (VAN DIEËN, 2019).

Os músculos multifídios, localizados ao longo de toda a coluna vertebral, desde a cervical até a lombar, são responsáveis por proporcionar $\frac{2}{3}$ da estabilidade segmentar vertebral e auxiliar nos movimentos de extensão e rotação do tronco (KAPING, K.; ÄNG, B. O.; RASMUSSEN-BARR, 2025). Já o músculo transverso do abdome, situado na camada mais profunda da parede abdominal, atua como uma espécie de "cinturão natural" que estabiliza a região lombar e pélvica.

A avaliação multidimensional do controle motor, através de parâmetros neuromusculares obtidos por diversos instrumentos como eletromiografia pode ser utilizada para estabelecer a classificação dos diferentes fenótipos. A identificação do fenótipo por meio da eletromiografia de superfície permite o registro da atividade elétrica muscular dos músculos mais superficiais (paravertebrais lombares e torácicos, reto do abdômen e oblíquos, glúteo máximo e médio) durante as posturas estáticas ou durante o movimento, permitindo identificar os músculos hipo ou hiper ativados na dor lombar (ZHANG, 2018).

Além disso, a ultrassonografia permite avaliar o grau de ativação muscular da musculatura mais profunda (multifídios e transverso do abdômen) que podem ter sua atividade prejudicada na dor lombar (KAPING, K.; ÄNG, B. O.; RASMUSSEN-BARR, 2025). A maioria dos estudos focam em apenas um desses instrumentos e por esse motivo ainda não conseguiram diferenciar apropriadamente os fenótipos e estratificá-los em categorias diante dos achados multidimensionais do controle motor (VAN DIEËN, 2019).

A identificação das alterações do padrão do controle motor em cada indivíduo, permitirá que sejam realizados diferentes tipos de tratamento, específicos por fenótipo, para restaurar o controle motor da coluna (VAN DIEËN, 2019). Diante disso o objetivo do presente estudo foi investigar as variações na atividade contrátil dos músculos multifídios e transverso do abdome em indivíduos com dor lombar crônica, categorizados de acordo com diferentes fenótipos de controle motor.

METODOLOGIA

Desenho de estudo e local

Trata-se de um estudo de corte transversal que foi desenvolvido no Laboratório de Cinesioterapia e Recursos Terapêuticos Manuais (LACIRTEM) e no Laboratório de Aprendizagem e Controle Motor (LACOM) localizados no Departamento de Fisioterapia da UFPE em parceria com o no Laboratório de Comportamento Motor e de Função Neuromuscular da Faculdade de Motricidade Humana da ULisboa.

Esta pesquisa foi guiada pelas recomendações do STrengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology. (STROBE). Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa N sob CAAE nº77092623.0.0000.5208 e parecer nº7.294.449 da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), CEP/CCS/UFPE.

Período do estudo

A duração do estudo foi de Setembro de 2024 até Agosto de 2025.

População de estudo

Foram recrutadas duas populações diferentes: indivíduos com dor lombar crônica inespecífica e assintomático.

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos indivíduos com dor lombar inespecífica crônica diagnosticada por um médico ou história clínica do paciente, ambos os sexos com idade entre 18 e 59 anos e que referem dor na região lombar, pelo menos, três meses. Controles saudáveis. Foram incluídos indivíduos sem história de dor lombar nos últimos três anos, de ambos os sexos e com idade entre 18 e 59 anos Exclusão. Foram excluídos os participantes que, previamente, receberem diagnóstico de distúrbios osteoarticulares degenerativos e inflamatórios na coluna, fibromialgia, gravidez, alterações cognitivas, neurológicas, reumatológicas e cardiorrespiratórias e histórico de fraturas na coluna ou membro inferiores, traumas ou cirurgias na coluna nos últimos doze meses.

Amostra

A amostra foi composta por 65 participantes, divididos em 2 grupos, Grupo dor lombar crônica (GDLC) composto por 35 pessoas e grupo controle (GC) 30 pessoas. Foram triados 103 pessoas, cuja 38 foram excluídos por apresentar os critérios de exclusão.

Recrutamento

Aqueles que apresentaram interesse, entraram em contato com os pesquisadores, onde foi verificado se o interessado se enquadrava nos critérios de inclusão do estudo por meio da aplicação de um formulário de triagem produzido no Google Forms® composto por questões relativas aos critérios de elegibilidade.

Instrumentos da pesquisa

Formulário de informações sociodemográficas, antropométricas e clínicas

O formulário de informações sociodemográficas, antropométricas e clínicas, desenvolvido pela pesquisadora principal, foi composto pelas seguintes informações: identificação pessoal (sexo idade, profissão, renda mensal familiar); história clínica (comorbidades, características e tempo de dor); história social (tabagismo, etilismo e prática de atividade física); medicações em uso. Esse formulário também conterá os dados relacionados à medição do peso e altura dos indivíduos.

Medidas antropométricas

O peso corporal dos participantes foi medido em uma balança eletrônica da marca MM House, Modelo MM-BL002 e precisão de 0,1 kg, com os sujeitos vestindo roupas leves, e a altura foi medida em estadiômetro de parede da marca WELMY, com precisão de 0,1 cm.

Escala de Avaliação Numérica da Dor

Para mensuração do nível de dor dos participantes com dor lombar, o paciente foi questionado sobre o nível de dor no momento da avaliação e a média de dor nos últimos 7 dias. Para tanto, foi utilizada a Escala de Avaliação Numérica (NRS), que é a segunda medida de resultado relatada pelo paciente mais frequentemente usada nos estudos da dor lombar . O paciente classifica a dor em um score de 0 a 10, em que 0 significa ausência de dor e 10 uma dor insuportável (CHIORATTO, 2019).

Índice de Incapacidade de Oswestry

Para avaliar o nível de incapacidade dos participantes com dor lombar foi utilizado Índice de Incapacidade de Oswestry (Oswestry Disability Index - ODI), que consiste em um questionário composto por 10 itens com 6 alternativas pontuadas em uma escala Likert de 0 a 5, sendo 0 indicativo de normalidade e cinco a maior alteração funcional, com o intuito de avaliar a interferência da dor na realização de atividades como cuidados pessoais, locomoção, sono, vida social, dentre outros. A soma das 10 questões divididas por cinco,

multiplicadas pelo número de questões respondidas, e, posteriormente, multiplicando tudo por 100, vai constituir o ODI. O escore total varia de 0 a 100, sendo zero correspondente à função normal e 100 indica grande incapacidade (GHIZONI, 2011).

Eletromiografia

Para a investigação do comportamento muscular por meio da eletromiografia, utilizou-se um equipamento de EMG de superfície da marca Miotec®, configurado com filtro passa-alta de 20 Hz, passa-baixa de 500 Hz e filtro notch de 60 Hz. Foram empregados quinze eletrodos ativos descartáveis de baixa impedância (Meditrace) para a captação dos sinais eletromiográficos, além de contato duplo de Ag/AgCl (Prata/Cloreto de Prata) associado a hidrogel para otimizar a condução elétrica. Os sinais eletromiográficos não processados foram submetidos à amplificação de 2000 vezes, convertidos de analógico para digital a uma taxa de 2048 Hz e posteriormente arquivados em armazenamento interno para análise. Os eletrodos foram posicionados bilateralmente sobre os seguintes músculos do tronco: quatro sobre os eretores da coluna nas regiões lombar e torácica (LES e TES), dois sobre o reto abdominal (RA) e quatro sobre os oblíquos interno e externo (IO e EO) (ZHANG, 2018).

Para a avaliação do glúteo máximo, dois eletrodos foram instalados no ventre muscular, no espaço compreendido entre a margem lateral do sacro e o limite póstero-superior do trocânter maior. Um eletrodo de referência Ag/AgCl (Red Dot 2271, 3M, St. Paul, MN) foi aplicado sobre C7, com a finalidade de reduzir interferências externas (MENDONÇA, 2022). Os ajustes do eletromiógrafo incluíram ganho final de 1000 vezes, filtro digital Butterworth com corte entre 20 e 500 Hz, frequência de amostragem de 4000 Hz, relação de rejeição em modo comum (CMRR) superior a 80 dB, impedância de $10^{12} \Omega$ e tempo de contração de 500 ms (MENDONÇA, 2022).

Cada participante foi instruído inicialmente a realizar flexão completa do tronco no plano sagital (inclinação anterior com ou sem carga manual de 5 kg) ou no plano frontal (inclinação lateral direita ou esquerda, também com ou sem peso de 5 kg), retornando depois à postura ereta. O peso foi segurado na mão esquerda durante a flexão lateral esquerda e na mão direita durante a flexão lateral direita. Durante as tarefas, solicitou-se que o voluntário permanecesse sobre as próprias pegadas, mantivesse joelhos e cotovelos o mais estendidos possível e repetisse o ciclo três vezes consecutivas. Entre cada execução foi permitido um descanso de um minuto (LARIVIÈRE, 2000).

As informações obtidas pelo EMG foram utilizadas para classificar os participantes nos diferentes padrões de controle motor (rígido, frouxo ou intermediário) segundo o modelo

teórico proposto por Van Dieën (VAN DIEËN, 2019). Considerou-se o nível de ativação dos músculos do tronco, abdômen e glúteo, identificando aqueles com maior ou menor recrutamento. Assim, o modelo descreve três perfis de controle: rígido – hiperativação dos músculos paravertebrais lombares com elevada co-contração; frouxo – maior ativação dos paravertebrais torácicos e baixa ativação dos paravertebrais lombares; intermediário – combinação dos dois padrões extremos.

Ultrassonografia

Para investigar a função contrátil e a espessura dos músculos Transverso do Abdome (TrA), Multífido da região lombar (ML) e Multífido da região torácica (MT), empregou-se a ultrassonografia musculoesquelética utilizando um equipamento de imagem com transdutor linear de 18,0 MHz para o TrA e transdutor curvo de 4 MHz para o ML e o MT. Para realização da avaliação foram utilizados dois avaliadores (A e B), realizando a captação de dois parâmetros em repouso e nem movimento.

Para a avaliação do músculo transverso do abdome, os voluntários foram orientados a posicionar-se em decúbito dorsal, mantendo os braços cruzados sobre o tórax, quadris flexionados a aproximadamente 50° e joelhos a 90°, garantindo relaxamento e exposição adequada da região abdominal. O transdutor linear em modo B foi colocado entre o nível do umbigo e a linha axilar anterior, unilateralmente. O parâmetro obtido durante o repouso foi a espessura muscular em descansa, registrada três vezes. Em seguida, foram solicitadas três ativações de retração abdominal, consideradas como contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Esse procedimento foi realizado em ambos os lados do corpo. Para examinar os multífidos lombares e torácicos, os participantes foram posicionados em decúbito ventral, mantendo a cabeça apoiada no orifício da maca para evitar tensão.

A mensuração da espessura em repouso e a espessura captada durante a elevação do braço oposto foram registradas no mesmo plano utilizado para determinar a CIVM (WANG, 2023). Levando em conta fatores como sexo, massa corporal, estatura e idade, os percentuais de mudança na espessura muscular — obtidos a partir da média de três mensurações — foram posteriormente submetidos à análise estatística. A variação relativa da espessura muscular foi calculada conforme o método proposto por Wang et al. (2023):

Variação percentual = $[(\text{Espessura na CIVM} - \text{Espessura em repouso}) \times 100] / \text{Espessura em repouso}$. Para cada músculo foram realizadas três mensurações, e posteriormente calculou-se a média correspondente. Os dados foram analisados no software IBM SPSS Statistics 22.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA). A comparação entre os grupos foi conduzida por meio de ANOVA e testes do qui-quadrado.

RESULTADOS

A tabela 1 mostra a caracterização da amostra dos dois grupos de estudo. Conforme se observa houve uma distribuição equitativa em relação ao sexo, dados antropométricos, sociais e hábitos nos dois grupos,

Tabela 1: Caracterização da amostra dos dois grupos

Variável	Dor Lombar	Assintomáticos
	(n=35)	(n=30)
Sexo – n (%)		
Feminino	18; 51,4%	16; 53,3%
Masculino	17; 48,6%	14; 46,7%
Idade – Média (DP), anos	31,28 (7,72)	30,53 (8,11)
Peso – Média (DP), kg	75,5; 17,9	69,4; 16,4
Altura – Média (DP), cm	169; 9,50	168; 9,19
IMC – Média (DP), kg/m²	26,3; 6,49	24,4; 4,04
Escolaridade-n (%)		
Ensino Médio Completo	27; 77,1%	17; 56,7%
Ensino Superior Completo	8; 29,9%	13; 43,3%
Renda – n (%)		
Até 1 salário-mínimo	6; 24,1%	7; 24,1%
Entre 1 e 3 salários	19; 54,3%	11; 37,9%
Entre 3 e 6 salários	7; 20,0%	8; 26,7%

Acima de 6 salários	3;10,3%	3;8,6%
Prática Exercício – n (%)		
Sedentários	28; 80,0%	19; 65,5%
Ativos	7; 20%	10; 34,5%

A tabela 2 mostra as características do grupo de dor lombar em relação à intensidade da dor e incapacidade.

Tabela 2: Características clínicas dos indivíduos com dor lombar

Características Clínicas do Grupo dor lombar (n=35)	Média (DP)
Intensidade da dor (NSR) no momento de avaliação – Média (DP) 5,75 (3,73)	
Intensidade da dor (NSR) nos 7 dias – Média (DP) 6,36 (2,03)	
Incapacidade (ODI) – Média (DP) 18,94 (10,3)	

NSR: Escala de Avaliação Numérica da Dor; ODI: Oswestry Disability Index.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos **fenótipos de ativação dos músculos do tronco, obtidos por meio da eletromiografia**, no grupo de participantes com dor lombar, bem como a comparação das medidas ultrassonográficas de ativação dos estabilizadores profundos (multífidos e transverso do abdome) entre os fenótipos.

Observou-se predominância do fenótipo **frouxo no grupo dor lombar**, identificado em 21 participantes (60,0%), seguido pelo fenótipo **intermediário**, com 10 participantes (28,6%), e pelo fenótipo **rígido**, menos frequente, com apenas 4 participantes (11,4%).

No fenótipo frouxo, as médias de ativação ultrassonográfica dos estabilizadores lombares foram relativamente baixas para o transverso do abdômen direito (55,0%) e esquerdo (46,8%), além do multífido lombar (48,2%), com maior participação relativa do multífido torácico (65,3%).

Os participantes classificados como intermediários apresentaram maior ativação do transverso direito (83,4) e, sobretudo, do transverso esquerdo (112,0), enquanto o multifídio lombar exibiu os menores valores entre os grupos (29,2). O multifídio torácico alcançou média intermediária (72,1%).

No fenótipo rígido, verificou-se hiperativação evidente dos músculos abdominais profundos, com os maiores valores para o transverso direito (166,0%) e o transverso esquerdo (217,0%). O multifídio lombar apresentou média de 34,8%, superior ao grupo intermediário, mas ainda reduzida, enquanto o multifídio torácico atingiu a maior ativação entre os grupos (96,0%).

Tabela 3: Fenótipos de ativação de músculos do tronco (baseado no EMG) no grupo de dor lombar e Comparação das medidas ultrassonográficas de ativação dos estabilizadores profundos por fenótipo.

Grupo Dor Lombar					
Classificação	Ativação dos estabilizadores profundos (Baseada na USG)				
Individual do	Fenótipo	Transverso Direto	Transverso	Multifídio L5	Multifídio T10
(Baseado na					
EMG)					
Frouxo		55,0 (67.2)	46,8 (38.4)	48,2 (53.0)	65,3 (37.1)
21					
participantes					
(60,0%)					
Intermediário		83,4 (77.9)	112 (47.6)	29,2 (21.7)	72,1 (23.0)
10					

participantes

(28,6%)

Rígido	166 (40.5)	217 (37.1)	34,8 (24.7)	96,0 (10.2)
---------------	------------	------------	-------------	-------------

4

participantes

(11,4%)

A Tabela 4 apresenta a distribuição dos fenótipos de ativação dos músculos do tronco, obtidos por meio da eletromiografia, no grupo de participantes assintomáticos, bem como a comparação das medidas de ultrassom de ativação dos estabilizadores profundos (multífidos e transverso do abdome) entre os fenótipos.

O fenótipo **normal** foi o mais prevalente, identificado em 19 participantes (65,5%), seguido pelo **intermediário**, em 7 participantes (24,1%), e pelo **rígido**, em 4 participantes (10,4%).

Nos indivíduos classificados como normais, observou-se ativação moderada e relativamente equilibrada do transverso do abdômen direito (76,4) e esquerdo (61,5), além de valores baixos e consistentes para o multifídio lombar (33,8) e o multifídio torácico (47,4). No fenótipo intermediário, verificou-se aumento expressivo da ativação do transverso direito (180,0), contraste com menor ativação do esquerdo (40,0), valores próximos para o multifídio lombar (30,9) e ativação intermediária do multifídio torácico (83,3). Já no fenótipo rígido, observou-se maior hiperativação do transverso esquerdo (212,0), acompanhado por níveis elevados do transverso direito (125,0) e do multifídio torácico (145,0), enquanto o multifídio lombar (31,1) manteve-se em valores semelhantes aos demais grupos.

Tabela 4: Fenótipos de ativação de músculos do tronco (baseado no EMG) no grupo assintomático e Comparação das medidas de ativação dos estabilizadores profundos por fenótipo.

Grupo Assintomático

Classificação do Fenótipo	Ativação Eletromiográfica (%CVSM)			
	Transverso Direto	Transverso esquerdo	Multífido L5	Multífido T10
Normal	76,40 (74.8)	61,5 (72.3)	33,8 (21.4)	47,4 (34.7)
participantes (65,5%)				
Intermediário	180 (81.7)	40,0 (66.7)	30,9 (19.7)	83,3 (33.7)
participantes (24,1%)				
Rígido	125 (34.3)	212 (39.3)	31,1 (30.3)	145 (37.3)
Participantes (10,4%)				

DISCUSSÃO

Diante dos resultados do presente estudo, a análise de cluster identificou três fenótipos distintos de ativação dos músculos do tronco (baseado na EMG) no grupo dor lombar (frouxo, intermediário e rígido) e no grupo controle (normal, intermediário e rígido). No grupo dor lombar, esses resultados corroboram evidências anteriores de que indivíduos com dor lombar não constituem um grupo homogêneo em termos de estratégias de controle motor (VAN DIEËN, 2019). Essa heterogeneidade reflete diferentes adaptações neuromusculares ao quadro doloroso, variando entre padrões de subativação e hiperativação dos músculos profundos.

Nos participantes assintomáticos, os três fenótipos distintos de ativação dos músculos do tronco, indicam que mesmo em indivíduos sem dor há variabilidade

interindividual no controle motor. Essa observação reforça o conceito de que o sistema de controle postural é dinâmico e adaptativo, apresentando diferentes estratégias de estabilização lombopélvica de acordo com demandas funcionais e características individuais (HODGES, 2019). A presença de diferentes padrões motores em indivíduos sem dor também sugere que a variabilidade é um elemento fisiológico importante para a estabilidade e eficiência do movimento.

Em conjunto, esses achados reforçam que a variabilidade motora é um marcador de saúde do sistema de controle postural. Nos assintomáticos, os diferentes fenótipos refletem flexibilidade e capacidade de adaptação, enquanto na dor lombar crônica há tendência à rigidez excessiva ou à subativação persistente, resultando em padrões menos eficientes e menos variáveis. Essa diferenciação é coerente com o modelo de “redução da variabilidade motora” proposto por van Dieën e colaboradores (2019), segundo o qual a dor leva à diminuição da flexibilidade do sistema motor e à predominância de estratégias rígidas ou insuficientes para estabilização segmentar.

Quanto a ativação dos músculos estabilizadores, o fenótipo frouxo, predominante no grupo com dor lombar (60%), caracterizou-se por uma baixa ativação do transverso do abdome e dos multifídos lombares, indicando possível falha no recrutamento dos estabilizadores segmentares. Essa estratégia pode estar associada à menor rigidez segmentar e à instabilidade lombar, contribuindo para a persistência ou recorrência da dor (HODGES, 2019). A relativa compensação pela maior ativação do multifídio torácico sugere uma tentativa de estabilização global, típica de padrões menos eficientes de controle motor, nos quais há substituição de músculos profundos por superficiais.

A predominância do fenótipo frouxo neste grupo reforça a hipótese de que, na dor lombar crônica inespecífica, há uma tendência à ineficiência na ativação dos estabilizadores profundos, mais do que à rigidez motora generalizada. Esses achados convergem com estudos que demonstram atraso na ativação do transverso do abdome e atrofia dos multifídos em indivíduos com dor lombar (HIDES, J. A.; RICHARDSON, C. A.; JULL, 2010).

Além disso, a variabilidade entre os fenótipos indica que diferentes mecanismos de adaptação motora coexistem dentro do mesmo quadro clínico, reforçando a necessidade de abordagens individualizadas de reabilitação baseadas em características motoras específicas, e não apenas na presença ou intensidade da dor.

O fenótipo normal foi o mais frequente entre os assintomáticos (65,5%), caracterizando-se por ativação equilibrada do transverso do abdome e dos multifídios torácicos e lombares. Esse padrão pode representar o controle motor considerado mais “equilibrado”, no qual há adequada coativação dos estabilizadores profundos, permitindo rigidez segmentar suficiente sem comprometer a mobilidade. Estudos prévios apontam que a sinergia entre o transverso do abdome e os multifídios é essencial para o controle da pressão intra-abdominal e da estabilidade intersegmentar, sendo uma característica típica de indivíduos sem dor lombar (HODGES, 2019).

No grupo dor lombar, o fenótipo intermediário também apresentou um padrão de ativação mais equilibrado, porém com maior envolvimento do transverso do abdome, sobretudo à esquerda, mas ainda com baixa ativação do multifídio lombar. Esse comportamento pode representar uma fase de reorganização motora parcial, em que há alguma restauração da função estabilizadora, mas persistem déficits segmentares. Estudos longitudinais indicam que esse padrão pode evoluir para normalização ou regressão, dependendo do manejo terapêutico e da exposição a fatores desencadeantes de dor (MENDONÇA, 2022).

Já o fenótipo rígido no grupo dor lombar, menos frequente (11,4%), evidenciou hiperativação do transverso do abdome e maior recrutamento do multifídio torácico. Esse padrão tem sido interpretado como uma estratégia de proteção frente à dor ou ao medo de movimento, na qual o aumento da coativação busca garantir estabilidade, porém às custas de rigidez excessiva e redução da variabilidade motora (HODGES, 2019). Essa resposta, embora adaptativa em curto prazo, tende a gerar sobrecarga e fadiga muscular, perpetuando o ciclo da dor (VAN DIEËN, 2019).

O fenótipo rígido também foi observado em pequena proporção no grupo assintomático, caracterizado por ativação relativamente elevada do transverso do abdome e dos multifídios, porém sem o padrão de coativação excessiva visto no grupo doloroso. Esse perfil pode estar relacionado a indivíduos com maior controle postural ou tônus basal mais elevado, mas sem o componente de proteção antalgica característico da dor lombar crônica. A ausência de sintomas nesse subgrupo sugere que o aumento da rigidez, quando mantido dentro de limites fisiológicos, pode representar uma estratégia adaptativa e não patológica, voltada à estabilidade postural (VAN DIEËN, 2019).

Do ponto de vista clínico, a distinção entre fenótipos frouxo e rígido possui implicações diretas na escolha de estratégias terapêuticas. Indivíduos frouxos podem se beneficiar de intervenções voltadas à facilitação e controle seletivo dos estabilizadores profundos, como o treino de recrutamento do transverso do abdome e multifídio lombar. Já os rígidos podem demandar técnicas de relaxamento, controle respiratório e reeducação do movimento para restaurar a variabilidade motora. Essa abordagem fenotípica tem potencial para aumentar a efetividade das intervenções fisioterapêuticas (FALLA, 2010).

Esses achados reforçam a heterogeneidade dos padrões de controle motor em indivíduos com dor lombar. O predomínio do fenótipo frouxo indica inibição persistente dos multifídos lombares, condição amplamente relatada em pacientes com dor lombar crônica e associada à atrofia muscular e à instabilidade segmentar (HODGES, 2019). O fenótipo intermediário, embora demonstre maior recrutamento abdominal, mantém déficit do multifídio lombar, o que evidencia estratégia compensatória insuficiente para estabilização. Já o fenótipo rígido, ainda que menos prevalente, ilustra o modelo de co-contração excessiva, com hiperativação abdominal e torácica, condizente com o perfil descrito por (VAN DIEËN, 2019), segundo o qual a rigidez pode aumentar a estabilidade, mas ao custo de maior sobrecarga mecânica e limitação funcional. Assim, a caracterização fenotípica contribui para a compreensão das estratégias de controle motor na dor lombar e reforça a importância de intervenções individualizadas, que busquem tanto a reativação seletiva dos multifídos lombares quanto o equilíbrio da ativação abdominal, evitando rigidez compensatória excessiva (O'SULLIVAN, 2018).

Esses achados reforçam que alterações nos padrões de ativação muscular podem estar presentes mesmo em indivíduos sem dor, funcionando como estratégias adaptativas de controle motor (VAN DIEËN, 2019). A relativa constância da baixa ativação do multifídio lombar em todos os fenótipos assintomáticos corrobora a literatura que descreve esse músculo como de difícil recrutamento seletivo, mesmo em populações saudáveis (HODGES, P. W.; DANNEELS, 2019). Assim, a presença de fenótipos intermediário e rígido em assintomáticos sugere que a dor lombar não decorre apenas da configuração do controle motor, mas também da interação de outros fatores biomecânicos, psicossociais e contextuais (SANTOS, E. F.; OLIVEIRA, 2023).

LIMITAÇÃO

Apesar dos achados relevantes, é importante reconhecer algumas limitações do presente estudo. A amostra foi relativamente pequena ($n=65$), o que pode reduzir o poder estatístico das análises e limitar a generalização dos resultados para a população com dor lombar crônica. Além disso, os participantes eram, em sua maioria, indivíduos jovens, o que diminui a heterogeneidade da amostra e não representa adequadamente o perfil típico de pacientes com dor lombar, que frequentemente inclui adultos de meia-idade e idosos. Estudos futuros devem incluir amostras maiores e mais diversificadas quanto à idade, sexo, ocupação e duração da dor.

Outro ponto relevante diz respeito aos métodos de avaliação utilizados. Embora a ultrassonografia e a eletromiografia sejam ferramentas precisas e forneçam informações detalhadas sobre a função muscular, seu uso é limitado na prática clínica devido ao alto custo e necessidade de equipamentos especializados. Por esse motivo, torna-se fundamental o desenvolvimento de protocolos de avaliação clínica funcional que sejam válidos para o diagnóstico dos diferentes fenótipos de controle motor e apresentem boa reproduzibilidade inter e intra-examinador. Esses protocolos devem incluir a análise da função muscular e da funcionalidade do paciente, permitindo uma aplicação mais ampla no contexto clínico. Por fim são necessários outros artigos com maior número de amostra.

CONCLUSÃO

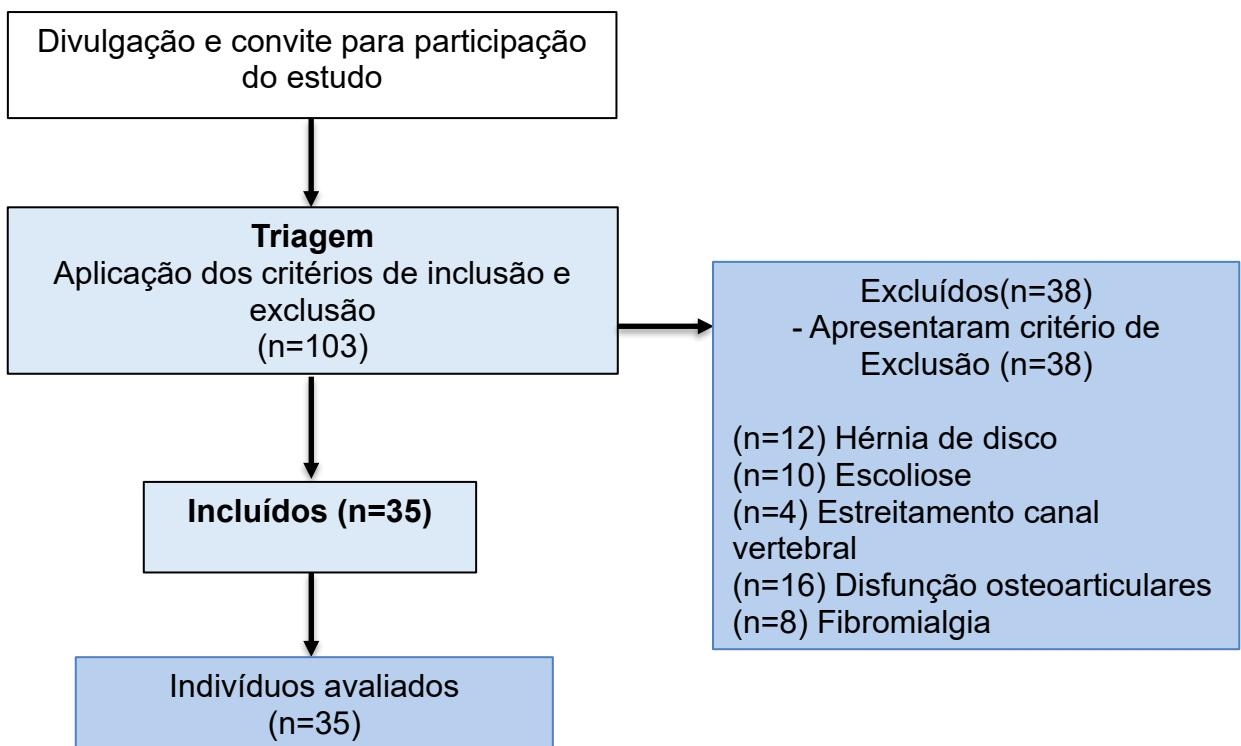
Os resultados do presente estudo demonstraram que indivíduos com dor lombar crônica apresentam predominância do fenótipo frouxo, caracterizado por baixa ativação do transverso do abdome e do multifídio lombar, com discreta compensação torácica. Também foram identificados fenótipos intermediário e rígido, nos quais se observou, respectivamente, maior recrutamento abdominal associado a inibição lombar, e hiperativação abdominal e torácica compatível com co-contração excessiva. Em contraste, no grupo assintomático prevaleceu o fenótipo normal, com ativação equilibrada dos estabilizadores profundos, embora fenótipos intermediário e rígido também tenham sido encontrados, sugerindo que variações de controle motor podem existir mesmo sem sintomas dolorosos.

Esses achados permitem concluir que há variação fenotípica significativa na atividade contrátil dos multifídios e do transverso do abdome em indivíduos com dor lombar crônica, sendo a inibição persistente do multifídio lombar um achado comum a diferentes padrões. Além disso, os resultados reforçam que a dor lombar não decorre apenas de um padrão específico de controle motor, mas da interação entre diferentes estratégias de

recrutamento muscular e fatores contextuais. Assim, a caracterização fenotípica apresenta-se como ferramenta relevante para direcionar intervenções individualizadas, seja no sentido de reativar seletivamente os multífidos lombares em fenótipos frouxo e intermediário, ou de reduzir a rigidez e co-contração excessiva em fenótipos rígidos.

APENDICE

- **Fluxograma de captação dos participantes**



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHIORATTO, A. ET AL. Pain intensity outcome measures recommended for low back pain clinical trials: consensus and psychometric analyses. **Pain**, v. 160, n. 1, p. 19–27, 2019.
- FALLA, D. (2020). No TitleNew insights into pain-related changes in muscle activation revealed by high-density surface electromyography. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 53, 102441, 2010.
- FLOR, H. Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. **Journal of Rehabilitation Medicine**, supl. 41, p. 66-72, 2003.
- GHIZONI, E. ET AL. Índice de Incapacidade de Oswestry: adaptação cultural e validação para a língua portuguesa. **Rev. Bras. Reumatol. Rev. Bras. Reumatol.**, v. 51, n. 5, p. 448–456, 2011.
- HARTVIGSEN, J.; HANCOX, L.; FERNÁNDEZ, M. The global burden of low back pain: a call for action. **The Lancet, London**, v. 391, n. 10137, p. 2356-2357, 2018.
- HIDES, J. A.; RICHARDSON, C. A.; JULL, G. A. No Title. **Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain**, 2010.
- HODGES, P. W.; DANNEELS, L. Changes in structure and function of the back muscles in low back pain: different time points, observations, and mechanisms. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 49, n. 6, p. 464–476, 2019.
- HODGES, P. W. ET AL. The role of motor control training in the management of musculoskeletal pain: current perspectives. **Journal of Pain Research**, Auckland, v. 12, p. 2181-2192, 2019.
- KAPING, K.; ÄNG, B. O.; RASMUSSEN-BARR, E. The abdominal drawing-in manoeuvre for detecting activity in the deep abdominal muscles: is this clinical tool reliable and valid? **BMJ Open**, v. 5, n. 12, p. e008711, 2025.
- LARIVIÈRE, C. ET AL. Trunk muscle activation patterns during flexion-extension and lateral bending tasks. **Clin. Biomech.**, v. 15, n. 7, p. 479–490, 2000.
- LOUW, A.; DIEMER, M.; PRINSLOO, E. . ET AL. The efficacy of pain neuroscience education on musculoskeletal pain: A systematic review of the literature. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 32, n. 5, p. 332-355, 2016.
- MAHDAVI, S. ET AL. Non-specific chronic low back pain: current perspectives and treatment strategies. **Journal of Pain Research**, Auckland. **Journal of Pain Research, Auckland**, v. 13, p. 1123-1135, 2020, 2020.
- MENDONÇA, L. D. ET AL. . Gluteus maximus activation during trunk and hip functional tasks: an electromyographic stu. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v. 64, p. 102626, 2022.
- MEUCCI, R. D., FASSA, A. G., & FARIA, N. M. X. No TitlePrevalência de dor lombar crônica:

- revisão sistemática. **Revista de Saúde Pública**, v. DOI: 10.15, p. 49, 73, 2024.
- O'SULLIVAN, P. B. ET AL. . Back to basics: 10 facts every person should know about back pain. **British Journal of Sports Medicine, London**, v. 52, n. 12, p. 698-699, 2018.
- SANTOS, E. F.; OLIVEIRA, R. A. . Impacto econômico da dor lombar crônica no sistema de saúde brasileiro. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, 2023.
- VAN DIEËN, J. H. ET AL. Motor control changes in low back pain: divergence in two theoretical models. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 49, n. 6, p. 370–379, 2019.
- VLEEMING, A. ET AL. The role of the sacroiliac joint in low back pain: a review. **Spine Journal, Philadelphia**, v. 19, n. 8, p. 1460-1471, 2019.
- WANG, J. ET AL. Reliability of ultrasound imaging for assessing muscle thickness of the transversus abdominis and lumbar multifidus in individuals with low back pain. **BMC Musculoskelet Disord.**, v. 24, n. 1, p. 335, 2023.
- WOOLF, C. J. Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. **Pain**, v. 152, n. 3, supl., p. S2-S15, 2011.
- ZHANG, Y. ET AL. Electromyographic analysis of trunk muscles during different stability exercises in patients with chronic low back pain. **J. Back Musculoskelet Rehabil.**, v. 31, n. 1, p. 49–57, 2018.