

**Fisioter Bras 2022;23(5);672-89**

doi: [10.33233/fb.v23i5.5178](https://doi.org/10.33233/fb.v23i5.5178)

## ARTIGO ORIGINAL

**Iontoforese e fonoforese no tratamento da dor lombar: um ensaio clínico comparativo**

***Iontophoresis and phonophoresis in the treatment of low back pain: A comparative clinical trial***

Deyse Corrêa de Azevedo\*, Douglas Maquart Otto\*, Fabrício Edler Macagnan\*\*, Vitangela Freitas Figueiredo\*\*\*

\**Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA),*

\*\**Departamento de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA),*

\*\*\**Coordenadora e docente do curso de Fisioterapia, Centro Universitário São Lucas (UniSL)*

Recebido em 26 de maio de 2022; Aceito em 28 de setembro de 2022.

**Correspondência:** Fabrício Edler Macagnan, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Departamento de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Rua Sarmento Leite, 245, sala 400A prédio 1, 90050-170 Porto Alegre RS

Deyse Corrêa de Azevedo: [deyseazevedo26@gmail.com](mailto:deyseazevedo26@gmail.com)

Douglas Maquart Otto: [douglasmaotto@gmail.com](mailto:douglasmaotto@gmail.com)

Fabrício Edler Macagnan: [fabriciom@ufcspa.edu.br](mailto:fabriciom@ufcspa.edu.br)

Vitangela Freitas Figueiredo: [vitangela.figueiredo@saolucas.edu.br](mailto:vitangela.figueiredo@saolucas.edu.br)

## Resumo

**Introdução:** De etiologia multifatorial, a lombalgia não específica é caracterizada por dor persistência (> 3 meses) e perda gradual da função/funcionalidade. Por afetar ambos os sexos e ser altamente prevalente na população trabalhadora, constitui importante causa de absenteísmo. **Objetivo:** Comparar a evolução clínica de pacientes diagnosticados com lombalgia inespecífica tratados com sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>) associado a iontoforese (I) e MgSO<sub>4</sub> associado à fonoforese (F). **Métodos:** Neste ensaio clínico, a sensação de dor foi avaliada através da escala visual analógica (EVA) e

questionário de dor de McGill. O questionário Roland-Morris Brasil de Incapacidade Lombar foi o instrumento utilizado para avaliar a funcionalidade. A amostra foi composta por 24 pacientes divididos sequencialmente em dois grupos (I: 11 e F: 13). A evolução clínica dos pacientes (diferença pré-pós) foi comparada ao final das intervenções. *Resultados:* Houve redução significativa na sensação de dor (I: -55%,  $p = 0,001$ ; F: -27%,  $p = 0,08$ ) e melhora na funcionalidade em ambos os grupos (I: -54%,  $p = 0,001$ ; F: -55%,  $p = 0,02$ ), mas não foi observada diferença significativa entre os grupos. Os resultados agrupados em metanálise para avaliar os desfechos de flexibilidade, funcionalidade e força também demonstram similaridade entre as intervenções. *Conclusão:* Dadas as condições clínicas estudadas, ambas técnicas podem alcançar resultados similares. Embora não haja dados que apoiem a recomendação de uma técnica em substituição a outra, novos estudos podem aumentar o tamanho amostral e esclarecer melhor algumas tendências de superioridade observadas no tratamento algico com  $MgSO_4$  associado à iontoforese.

**Palavras-chave:** dor lombar; fisioterapia; fonoforese; iontoforese.

### Abstract

*Introduction:* Non-specific low back pain from a multifactorial etiology is characterized by persistent pain (> 3 months) and gradual loss of function/functionality. As it affects both sexes and is highly prevalent in the working population, it is an important cause of absenteeism. *Objective:* To compare the clinical evolution of patients diagnosed with non-specific low back pain treated with magnesium sulfate ( $MgSO_4$ ) associated with iontophoresis (I) and  $MgSO_4$  associated with phonophoresis (F). *Methods:* In this clinical trial, pain sensation was assessed using the visual analogue scale (VAS) and McGill pain questionnaire. The Roland-Morris Brasil Low Back Disability Questionnaire was the instrument used to assess functionality. The sample consisted of 24 patients sequentially divided into two groups (I: 11 and F: 13). The clinical evolution of the patients (pre-post difference) was compared at the end of the interventions. *Results:* There was a significant reduction in pain sensation (I: -55%,  $p = 0.001$ ; F: -27%,  $p = 0.08$ ) and improvement in functionality in both groups (I: -54%,  $p = 0.001$ ; F: -55%,  $p = 0.02$ ), but no significant difference was observed between the groups. The results pooled in a meta-analysis to assess flexibility, functionality and strength outcomes also demonstrate similarity between the interventions. *Conclusion:* Given the clinical conditions studied, both techniques can achieve similar results. Although there are no data to support the recommendation of one technique in place of the other, further studies may increase the sample size and better clarify some trends of superiority observed in pain treatment with  $MgSO_4$  associated with iontophoresis.

**Keywords:** low back pain; physical therapy; phonophoresis; iontophoresis.

## Introdução

A maioria das pessoas sente dor lombar em algum período da vida [1], e na maior parte dos casos é considerada não específica em decorrência da imprecisão de identificação da fonte nociceptiva [2]. A classificação da lombalgia mais utilizada elenca a sobreposição da sensação de dor, incapacidade funcional e prejuízo na qualidade de vida [3]. A diretriz de manejo da lombalgia não específica endossa a implementação de intervenções de autocuidado, com uso adicional de medicamentos de venda livre e prática de exercícios físicos sob supervisão de um profissional [4].

No âmbito da fisioterapia, diferentes recursos físicos podem ser utilizados, entre eles a iontoforese e a fonoforese que têm apresentado importantes benefícios na recuperação do tônus, trofismo e força muscular que em conjunto proporcionam estabilização vertebral e subsequente alívio da manifestação algica [5]. A fonoforese tem demonstrado melhora na penetração transdérmica de determinadas drogas enquanto fornece importantes efeitos terapêuticos do ultrassom [1]. Por outro mecanismo, a iontoforese impulsiona moléculas medicamentosas eletricamente carregadas através da pele em direção ao tecido subjacente de interesse terapêutico simultaneamente à estimulação elétrica da musculatura local [6,7].

O uso tópico de medicamentos evita eventuais transtornos no metabolismo gastrointestinal e hepático [8,9], entretanto, o efeito farmacológico fica restrito ao local da aplicação tópica e aos tecidos mais superficiais, mesmo quando o fármaco é impulsionado por ondas sonoras (fonoforese) ou campos elétricos (iontoforese).

Existe um conjunto de informações demonstrando o efeito de cada um destes recursos terapêuticos no tratamento da lombalgia inespecífica, mas até o momento não está estabelecido superioridade de algum método. Neste sentido, o objetivo deste estudo é comparar as condições clínicas de pacientes diagnosticados com lombalgia inespecífica tratados com sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ) associado à iontoforese e sulfato de magnésio associado à fonoforese. Dentre as variáveis clínicas avaliadas estão a dor, flexibilidade, funcionalidade, força muscular e qualidade de vida.

## Métodos

Trata-se de um ensaio clínico randomizado, no qual o efeito analgésico do uso tópico de sulfato de magnésio sobre o alívio da dor lombar não específica foi comparado entre dois regimes diferentes de aplicação: 1) por indução de campo elétrico bipolar

(iontoforese: I) e 2) por propagação de ondas ultrassônicas (fonoforese: F). O recrutamento de voluntários e o início da coleta ocorreu após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ensino São Lucas. Todos os procedimentos elencados no protocolo de pesquisa foram rigorosamente projetados em conformidade com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, e aprovado sob o nº 3.237.481/2019, CAAE: 09945319.0.0000.0013.

### *Amostra*

Neste estudo de avaliação de superioridade terapêutica, foram incluídos voluntários de ambos os sexos (entre 18 e 60 anos de idade) que estavam na espera de atendimento na Clínica de Fisioterapia do Centro Universitário São Lucas, da cidade de Porto Velho/RO, que apresentavam dor na região da coluna lombar com ou sem uma causa já definida, persistente, com ou sem irradiação. Todos os voluntários manifestaram concordância em participar do estudo após ler e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a Resolução 466/12 CNS/MS. Foram excluídos portadores de marca-passo cardíaco; casos de insuficiência renal; indivíduos com alergia ao(s) componente(s) do creme de sulfato de magnésio, situações inespecíficas de inflamação/infecção na pele sob a região da coluna lombar (lesões cutâneas ou feridas abertas); presença de áreas isquêmicas, tumores; gestantes; portadores de doenças neurológicas e indivíduos com comprometimento cognitivo.

### *Instrumentos avaliativos*

No início foram coletadas informações sociodemográficas, comportamentais e demais características clínicas. A dor foi avaliada no pré-teste e no pós-teste através da escala visual analógica (EVA) junto ao questionário de dor preconizado por McGill. Para quantificar a intensidade da percepção subjetiva de dor numa escala de zero a dez, pontuações entre 0 e 2 foram consideradas como dor leve, moderada entre 3 e 5 e intensa entre 6 e 10. O questionário de dor de McGill, elaborado em 1975 por Melzack, na Universidade McGill, em Montreal, Canadá, foi adaptado para a Língua Portuguesa em 1996. É um instrumento utilizado para avaliação da dor, constituído por 78 descritores (palavras que qualificam a dor), organizado em quatro categorias (sensorial, afetiva, avaliativa e mista) e 20 subcategorias. Cada subcategoria é composta por um número determinado de palavras que tem como objetivo caracterizar diferentes detalhes da sensação de dor [10,11]. O questionário Roland-Morris Brasil de Incapacidade e uma sequência de testes físicos de flexibilidade e funcionalidade foram realizados em todos

os voluntários antes e após os diferentes tratamentos. O questionário de Roland-Morris Brasil, é específico para medir a incapacidade funcional de pacientes com lombalgia. É composto por 24 questões relacionadas às atividades de vida diária, dor e função. Cada questão afirmativa vale 1 ponto, e o escore final pode alcançar até 24 pontos. A pontuação acima de 14, indica incapacidade funcional [12,13]. O teste de funcionalidade foi composto pela mensuração 1) da distância do terceiro dedo ao chão durante a flexão anterior do tronco em bipedestação, 2) amplitude da inclinação lateral (direita-esquerda), 3) distância da C7 ao chão durante a extensão do tronco em bipedestação, 4) flexibilidade anterior de tronco avaliado no banco de Wells, e 5) força muscular por meio do teste de Oxford com resistência manual e classificação de 0 a 5 para os movimentos do tronco (flexão, extensão, rotação e inclinação bilateral da coluna) e de membros inferiores conforme raiz nervosa de L2-S2 ( flexão de quadril, extensão de joelho, dorsiflexão de tornozelo, extensão do Halux, plantiflexão de tornozelo e flexão de joelho), respectivamente.

### *Intervenção*

Todos os voluntários foram submetidos a duas sessões semanais, durante 3 semanas. Além do atendimento inicial e final, para avaliação e reavaliação respectivamente, foram 6 sessões de tratamento, totalizando 8 encontros. Todos os atendimentos foram realizados com os voluntários em decúbito ventral, com a região lombar devidamente exposta. A região foi devidamente higienizada com o objetivo de preparar o local anatômico para a aplicação do sulfato de magnésio. Para iontoforese, foi manipulada uma solução aquosa a 2% de sulfato de magnésio, enquanto que para fonoforese, foi manipulada uma emulsão suave, cremosa e de rápida absorção de sulfato de magnésio a 2%.

O grupo iontoforese (I) foi submetido a uma corrente galvânica contínua (polarizada), por 15 minutos, gerada no Neurodyn® Multicorrentes da Ibramed® (Amparo/SP, Brasil). A intensidade foi ajustada para atingir o limite da tolerância máxima do voluntário, sem ultrapassar 5mA, conforme protocolo proposto por pesquisadores [14]. Foram utilizados eletrodos metálicos envoltos por esponjas, com tamanhos adequados para cada voluntário. A esponja do eletrodo positivo foi embebida com a solução aquosa de sulfato de magnésio, enquanto a outra foi apenas umedecida.

O grupo fonoforese (F) foi submetido ao ultrassom contínuo de 1 MHz gerado no Avatar II da KLD® (Amparo/SP, Brasil). A intensidade foi ajustada para 1,5 W/cm<sup>2</sup> conforme protocolo proposto por pesquisadores [15]. A região lombar foi dividida nos quadrantes 1) L1-L3 direito; 2) L1-L3 esquerdo; 3) L3-sacral direito e 4) L3-sacral

esquerdo. O tempo de aplicação em cada quadrante foi de 4 minutos, totalizando 16 minutos. O creme com sulfato de magnésio foi generosamente despejado no cabeçote do equipamento de ultrassom e aplicado em movimentos lentos longitudinais e circulares.

#### *Adesão ao tratamento*

A adesão foi rigorosamente controlada, e a falta em duas sessões não recuperadas foi utilizada como critério de interrupção do tratamento.

#### *Amostra e randomização*

Após a triagem inicial os pacientes aptos a participar do estudo foram encaminhados para um dos grupos de acordo com a ordem de chegada, ou seja, os números ímpares foram alocados no grupo I, enquanto que os pares foram alocados no grupo F. O processo foi realizado de forma totalmente isenta, ou seja, não houve interferência no processo de alocação, uma vez que a ordem de entrada foi ocasional e realizada de forma independente pela equipe de secretaria. Um profissional totalmente independente da equipe de pesquisa executou o agendamento consecutivamente e espontaneamente no momento em que o paciente deu ingresso no serviço.

#### *Avaliação estatística*

Os resultados das variáveis qualitativas foram apresentados em valores absolutos e relativos através de frequência e percentual. As variáveis quantitativas foram expressas através de média e desvio-padrão. Os cruzamentos do grupo com as variáveis qualitativas foram realizados pelo teste Qui-Quadrado e pelo teste t de Student. As comparações intragrupo foram realizadas pelo teste t de Student para amostras pareadas. Correlações entre o IMC e os desfechos, e entre idade e os desfechos foram verificadas pelo coeficiente de correlação de Pearson. A média da diferença padronizada entre o pré-teste e o pós-teste das avaliações de flexibilidade, funcionalidade e força foi comparada entre os grupos para cada desfecho separado. A análise combinada foi utilizada para estudar o benefício de uma intervenção em relação a outra. Foram considerados significativos os resultados com valor de  $p < 0,05$ . As análises foram realizadas no software estatístico SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0, Armonk, NY: IBM Corp.).

## Resultados

No total, 38 voluntários foram recrutados para a triagem inicial (Figura 1), mas 2 foram excluídos por não se enquadrarem nos critérios de inclusão (um com idade inferior a 18 anos e outro por ausência do diagnóstico de lombalgia). Na tabela I estão descritas as características clínicas dos voluntários. Os grupos foram semelhantes para todas as variáveis analisadas. Ao longo do estudo, 12 voluntários foram desligados do estudo (43% de perda amostral). Alguns relatando problemas de ordem pessoal, outros por falta de tempo, problemas com transporte e alguns por falta de interesse no tratamento. Na análise final, 24 voluntários completaram todas as etapas previstas no protocolo (IONTO = 11 e FONO = 13 voluntários).

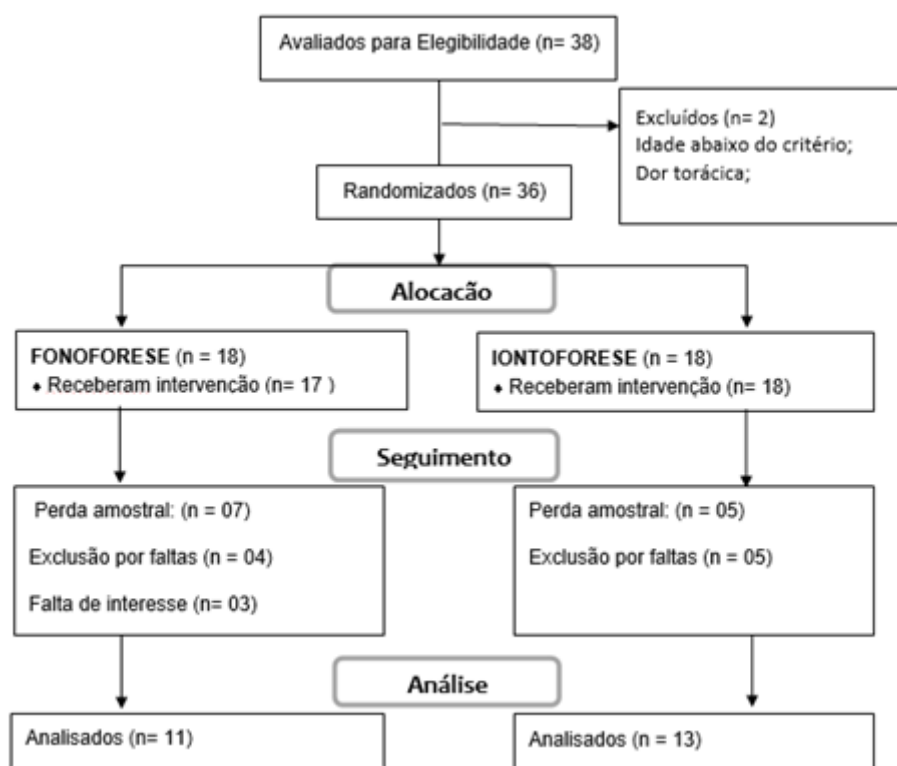


Figura 1 – Fluxograma

Tabela I - Características clínicas

	Fonoforese	Iontoforese	p
N	17	18	
Idade	41,9 ± 12,6	42,9 ± 9,0	0,782
Sexo feminino	9 (53%)	11 (57,9%)	0,765
IMC	28 ± 4,9	29,3 ± 4,3	0,414
Normal	6 (35,3 %)	4 (21,1%)	0,555
Sobrepeso	7 (47,1 %)	8 (42,1%)	
Obesidade	4 (23,5 %)	7 (36,8%)	
Origem da dor lombar			0,491
Inespecífica	9 (52,9%)	8 (47,4%)	
Mecânica	7 (41,2%)	10 (52,6%)	
Não mecânica	1 (5,9%)	0 (0,0%)	

Na tabela I, os dados representam a média e o desvio padrão da média; valores absolutos e percentuais relativos (%). As comparações entre as características clínicas do grupo fonoforese iontoforese foram, para idade e o índice de massa corporal (IMC), realizadas através do Teste t de Student, as demais variáveis foram analisadas pelo teste de qui-quadrado.

Nas tabelas II e III estão os dados das avaliações de flexibilidade, funcionalidade e força avaliados no início e ao final do estudo. Ao final do programa houve redução significativa na sensação de dor com o tratamento com iontoforese (-55%,  $p = 0,001$ ) enquanto que com a fonoforese houve tendência no alívio deste sintoma (-27%,  $p = 0,08$ ). Contudo, a análise intergrupo demonstra que não houve superioridade entre as propostas terapêuticas. A funcionalidade também melhorou significativamente em ambos os grupos (Roland Iontoforesse = -54%,  $p = 0,001$ ; Roland Fonoforese = -55%,  $p = 0,02$ ). Novamente não foi observada diferença significativa entre os grupos.

**Tabela II - Flexibilidade, funcionalidade e dor**

		PRÉ	POS	DIF	p-valor
		Med ± DP	Med ± DP	Med ± DP	
<b>D3 - chão</b>	F	24,4 ± 17,3	21,4 ± 18,7	-3,0 ± 16,4	0,558
	I	21,0 ± 12,8	15,0 ± 14,0	-6,0 ± 11,2	0,077
	p-valor	0,590	0,351	0,601	
<b>Inclinação Dir</b>	F	48,0 ± 4,1	46,7 ± 3,9	-1,3 ± 3,7	0,276
	I	46,9 ± 4,7	45,7 ± 3,3	-1,2 ± 3,9	0,295
	p-valor	0,545	0,490	0,959	
<b>Inclinação Esq</b>	F	49,0 ± 4,3	48,5 ± 5,3	-0,5 ± 5,0	0,726
	I	46,2 ± 3,0	46,5 ± 2,8	0,3 ± 3,1	0,762
	p-valor	0,073	0,252	0,633	
<b>C7 - chão</b>	F	136,2 ± 7,8	134,0 ± 8,0	-2,2 ± 4,7	0,146
	I	131,7 ± 10,7	129,4 ± 9,9	-2,3 ± 3,7	<b>0,044</b>
	p-valor	0,254	0,227	0,963	
<b>Banco de Wells</b>	F	23,5 ± 10,5	22,5 ± 12,7	-1,0 ± 6,1	0,597
	I	23,3 ± 12,2	25,2 ± 13,5	1,9 ± 3,3	0,056
	p-valor	0,975	0,612	0,147	
<b>ROLAND</b>	F	11,9 ± 7,4	6,6 ± 5,2	-5,3 ± 6,3	<b>0,020</b>
	I	14,8 ± 4,5	8,0 ± 6,4	-6,8 ± 4,8	<b>0,000</b>
	p-valor	0,267	0,576	0,518	
<b>Mc_GILL</b>	F	11,7 ± 5,9	7,8 ± 6,3	-3,9 ± 5,0	<b>0,028</b>
	I	15,2 ± 3,5	8,9 ± 6,4	-6,3 ± 7,8	<b>0,013</b>
	p-valor	0,086	0,674	0,339	
<b>EVA</b>	F	7,8 ± 1,8	5,7 ± 2,3	-2,1 ± 2,1	<b>0,008</b>
	I	8,1 ± 2,0	4,5 ± 3,0	-3,5 ± 2,4	<b>0,000</b>
	p-valor	0,747	0,293	0,138	

Na tabela II, os dados representam a média (Med) e desvio padrão da média (DP) das variáveis avaliadas no início e ao final do período de intervenção. Os dados representam também a diferença entre os valores pré e pós-tratamento (DIF). O efeito no tempo sobre o comportamento das variáveis está descrito através do valor de probabilidade estatística (p) na última coluna. A comparação entre os grupos, nos diferentes momentos, está descrita para cada variável. A probabilidade de



homogeneidade ou heterogeneidade entre os grupos foi calculada para as avaliações pré-tratamento, pós-tratamento e para as diferenças entre as duas avaliações.

**Tabela III – Força muscular da coluna e miótomos lombo-sacrais**

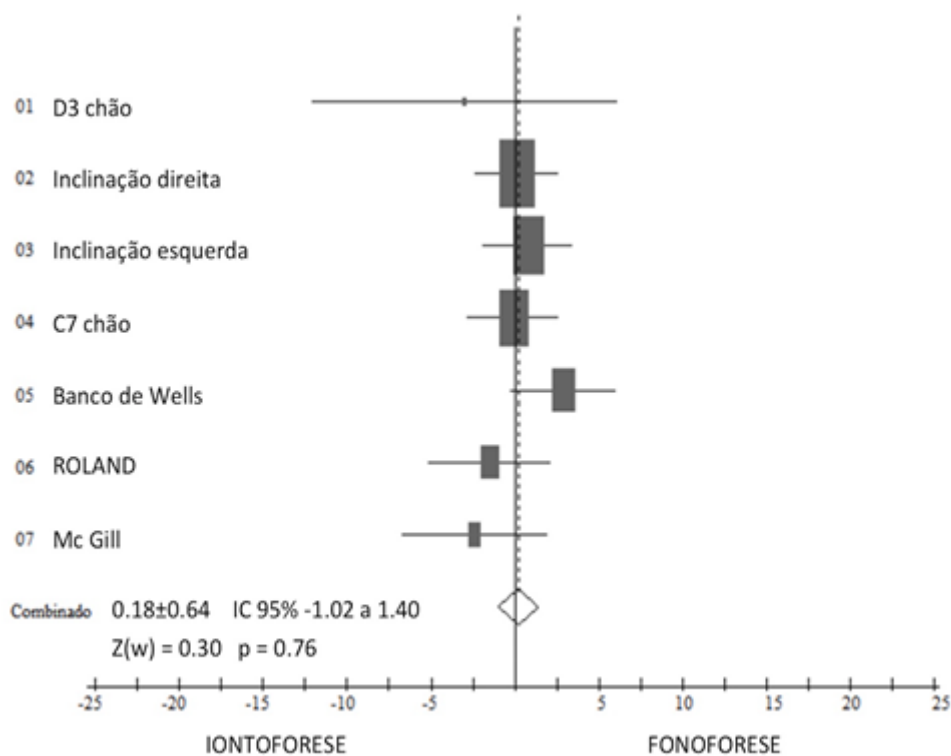
Força muscular		PRE	POS	DIF	p-valor
		Med ± DP	Med ± DP	Med ± DP	
Flexão do tronco	F	3,55 ± 0,82	4,18 ± 0,87	0,64 ± 0,67	<b>0,011</b>
	I	3,38 ± 0,65	3,85 ± 0,55	0,46 ± 0,78	0,053
	p-valor	0,597	0,287	0,566	
Extensão do tronco	F	3,64 ± 1,21	4,36 ± 0,67	0,73 ± 0,90	<b>0,024</b>
	I	3,69 ± 1,03	4,38 ± 0,77	0,69 ± 0,95	<b>0,022</b>
	p-valor	0,904	0,944	0,928	
Inclinação do tronco D	F	4,27 ± 0,79	4,55 ± 0,69	0,27 ± 0,65	0,192
	I	4,54 ± 0,52	4,69 ± 0,48	0,15 ± 0,55	0,337
	p-valor	0,332	0,545	0,632	
Inclinação do tronco E	F	4,27 ± 0,79	4,55 ± 0,69	0,27 ± 0,47	0,082
	I	4,46 ± 0,78	4,77 ± 0,44	0,31 ± 0,85	0,219
	p-valor	0,561	0,345	0,905	
Rotação do Tronco D	F	3,73 ± 1,01	4,36 ± 0,81	0,64 ± 0,50	<b>0,002</b>
	I	3,62 ± 0,87	4,31 ± 0,63	0,69 ± 0,75	<b>0,006</b>
	p-valor	0,773	0,851	0,836	
Rotação do Tronco E	F	3,82 ± 0,75	4,27 ± 0,79	0,45 ± 0,52	<b>0,016</b>
	I	3,62 ± 0,87	4,15 ± 0,69	0,54 ± 0,66	<b>0,012</b>
	p-valor	0,551	0,697	0,737	
Miótomo L2 D	F	4,00 ± 0,77	4,45 ± 0,69	0,45 ± 0,52	<b>0,016</b>
	I	3,92 ± 0,76	4,31 ± 0,63	0,38 ± 0,65	0,054
	p-valor	0,809	0,591	0,777	
Miótomo L2 E	F	3,82 ± 0,87	4,55 ± 0,52	0,73 ± 0,47	<b>0,000</b>
	I	3,85 ± 0,90	4,31 ± 0,48	0,46 ± 0,78	0,053
	p-valor	0,939	0,258	0,332	
Miótomo L3 D	F	4,18 ± 0,87	4,64 ± 0,50	0,45 ± 0,52	<b>0,016</b>
	I	4,46 ± 0,78	4,77 ± 0,44	0,31 ± 0,75	0,165
	p-valor	0,415	0,497	0,591	
Miótomo L3 E	F	3,91 ± 0,94	4,55 ± 0,52	0,64 ± 0,50	<b>0,002</b>
	I	4,46 ± 0,66	4,69 ± 0,63	0,23 ± 0,44	0,082
	p-valor	0,107	0,539	<b>0,047</b>	
Miótomo L4 D	F	4,36 ± 0,81	4,55 ± 0,69	0,18 ± 0,60	0,341
	I	4,46 ± 0,52	4,77 ± 0,44	0,31 ± 0,48	<b>0,040</b>
	p-valor	0,723	0,345	0,583	
Miótomo L4 E	F	4,09 ± 0,81	4,64 ± 0,50	0,55 ± 0,52	<b>0,006</b>
	I	4,23 ± 0,52	4,85 ± 0,38	0,62 ± 0,96	<b>0,040</b>
	p-valor	0,270	0,270	0,824	
Miótomo L5 D	F	4,45 ± 0,82	4,64 ± 0,67	0,18 ± 0,60	0,341
	I	4,38 ± 0,65	4,85 ± 0,38	0,46 ± 0,66	<b>0,027</b>
	p-valor	0,347	0,347	0,294	
Miótomo L5 E	F	4,36 ± 0,92	4,73 ± 0,47	0,36 ± 0,81	0,167
	I	4,46 ± 0,66	4,85 ± 0,38	0,38 ± 0,51	<b>0,018</b>
	p-valor	0,496	0,496	0,939	
Miótomo S1 D	F	4,45 ± 0,69	4,73 ± 0,65	0,27 ± 0,79	0,277
	I	4,31 ± 0,63	4,85 ± 0,38	0,54 ± 0,66	<b>0,012</b>
	p-valor	0,580	0,580	0,378	
Miótomo S1 E	F	4,18 ± 0,87	4,73 ± 0,47	0,55 ± 0,82	0,052
	I	4,23 ± 0,83	4,69 ± 0,48	0,46 ± 0,66	<b>0,027</b>
	p-valor	0,859	0,859	0,784	
Miótomo S2 D	F	3,91 ± 0,83	4,64 ± 0,50	0,73 ± 0,47	<b>0,000</b>
	I	4,00 ± 0,82	4,54 ± 0,52	0,54 ± 0,78	<b>0,028</b>
	p-valor	0,646	0,646	0,471	
Miótomo S2 E	F	3,82 ± 0,87	4,45 ± 0,69	0,64 ± 0,50	<b>0,002</b>
	I	4,00 ± 0,91	4,46 ± 0,66	0,46 ± 0,66	<b>0,027</b>
	p-valor	0,980	0,980	0,480	0,480

Os dados representam a média (Med) e desvio padrão da média (DP) das variáveis avaliadas no início e ao final do período de intervenção. Os dados representam

também a diferença entre os valores pré e pós-tratamento (DIF). O efeito no tempo sobre o comportamento das variáveis está descrito através do valor de probabilidade estatística ( $p$ ) na última coluna. A comparação entre os grupos, nos diferentes momentos, está descrita para cada variável. A probabilidade de homogeneidade ou heterogeneidade entre os grupos foi calculada para as avaliações pré-tratamento, pós-tratamento e para as diferenças entre as duas avaliações.

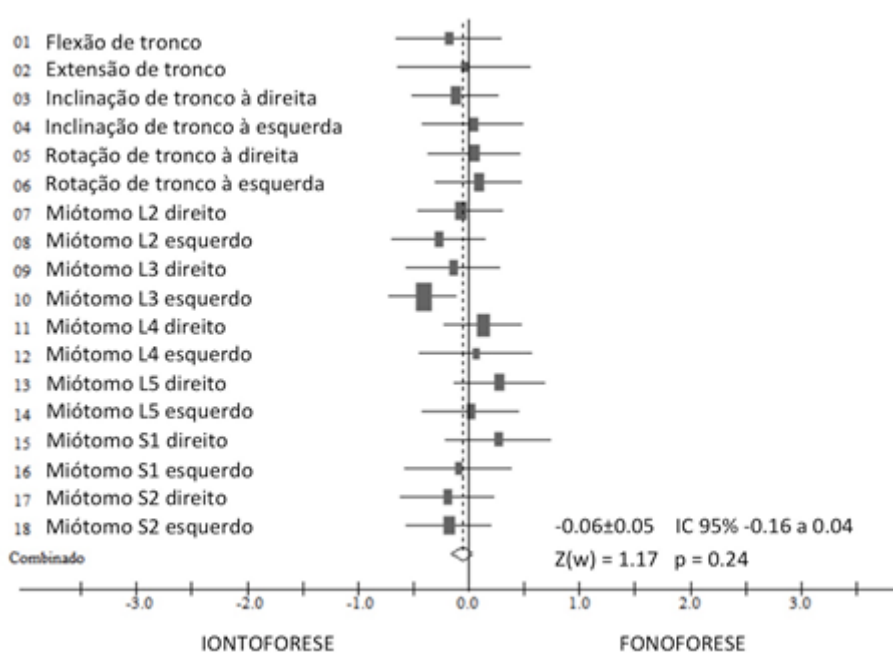
Não houve modificação significativa em relação à flexibilidade no grupo tratado pela Fonoforese, mas com a Iontoforese a extensão de tronco (C7 – chão) aumentou de 2% ( $p = 0,04$ ), a flexão de tronco (D3 –chão) demonstrou tendência de aumento de 29% ( $p = 0,077$ ) e melhor desempenho no teste do Banco de Wells de 11% ( $p = 0,056$ ). Não houve nenhuma diferença entre os grupos. Na análise intragrupos, houve melhoras significativas na avaliação de força pós-intervenção (tabela III), mas não houve diferença significativa entre os grupos, com exceção da avaliação do miótomo L3 a esquerda ( $p = 0,047$ ).

A média da variação padronizada do pré-teste e do pós-teste está nas figuras 2 e 3. As análises foram realizadas para cada desfecho de flexibilidade, funcionalidade e força. Os resultados demonstram claramente a similaridade nos resultados obtidos com os diferentes meios de tratamento. É possível perceber, no resultado combinado, que não há deslocamento significativo em direção a uma ou outra técnica terapêutica.



**Figura 2** - Diferença padronizada das avaliações do pré-teste e do pós-teste foi comparada entre os grupos  $MgSO_4$  + Iontoforese e  $MgSO_4$  + Fonoforese

Na Figura 2, a média da diferença padronizada das avaliações do pré-teste e do pós-teste foi comparada entre os grupos  $MgSO_4$  + Iontoforese e  $MgSO_4$  + Fonoforese. A comparação dos desfechos relacionados à flexibilidade (desfechos 1, 2, 3, 4, 5) e funcionalidade (Roland e McGill) apresentou resultados semelhantes entre os grupos. A análise combinada confirma claramente que os diferentes métodos de dispersão farmacológica promovem efeitos muito semelhantes em relação ao comportamento clínico da evolução da flexibilidade e funcionalidade dos pacientes em tratamento da dor lombar inespecífica.



**Figura 3** - Diferença padronizada das avaliações do pré-teste e do pós-teste foi comparada entre os grupos  $MgSO_4$  + Iontoforese e  $MgSO_4$  + Fonoforese

Na figura 3, a média da diferença padronizada das avaliações do pré-teste e do pós-teste foi comparada entre os grupos  $MgSO_4$ +Iontoforese e  $MgSO_4$ +Fonoforese. A comparação da avaliação de força apresentou resultados semelhantes entre os grupos. A análise combinada confirma claramente que os diferentes métodos de dispersão farmacológica promovem efeitos muito semelhantes em relação ao comportamento clínico da capacidade de produção de força dos pacientes em tratamento da dor lombar inespecífica.

Por fim, sexo e IMC não foram significativamente correlacionados com a evolução do desfecho principal (dor). Por outro lado, a variação pré-pós tratamento da flexão de tronco (D3-Chão) foi fortemente correlacionado com a variação pré-pós do escore de dor (EVA), Roland e McGill. A análise revelou que quanto menor é a variação

na flexão de tronco menor é a variação nas pontuações das escalas de dor ( $r = 0,58$ ;  $p = 0,037$ ), Roland ( $r = 0,64$ ;  $p = 0,032$ ) e McGill ( $r = 0,65$ ;  $p = 0,011$ ). Estes dados reforçam a importância da relação entre a capacidade de flexão anterior do tronco com a manifestação dolorosa e funcionalidade de pacientes com lombalgia inespecífica.

**Tabela IV – Análise de correlação**

	C7 - chão	Roland	Mc Gill	EVA
D3 - chão	0,522 ( $p = 0,009$ )	0,566 (0,004)	0,421 (0,041)	0,558 (0,005)
C7 - chão		0,536 (0,007)	0,212 (0,321)	0,467 (0,021)
Roland			0,440 (0,031)	0,452 (0,027)
Mc Gill				0,542 (0,006)

A análise foi realizada entre as diferenças pré e pós-tratamento e todos os voluntários ( $n = 24$ ) agrupados. Os dados representam o valor da correlação de Pearson ( $r$ ) e o valor da probabilidade estatística ( $p$ ). Pode-se observar que para a maioria das análises houve correlação significativa, indicando que tanto o grau de flexão do tronco (D3-chão) quanto o grau de extensão (C7-chão) estão correlacionados com o desempenho nos testes de Roland e Mc Gill. Da mesma forma, a sensação subjetiva de dor (EVA) apresenta correlação significativa com todas as variáveis apresentadas.

## Discussão

Ambas as técnicas terapêuticas promoveram redução significativa da dor, melhora da funcionalidade, aumento da força de alguns movimentos globais da coluna vertebral e de boa parte dos miótomos da coluna lombar e sacral. De um modo geral a flexibilidade foi menos impactada e apresentou menor variação entre as avaliações pré e pós-tratamento. Contudo, o ponto central nessa discussão é a constatação de que não houve diferença entre os grupos após o término do período estipulado para o tratamento da dor lombar inespecífica. Sendo assim, é possível presumir que, diante das condições clínicas estudadas, ambas as técnicas podem promover resultados semelhantes. Houve uma ou outra avaliação em que a iontoforese apresentou modificações significativas, mas nada tão expressivo que suporte a recomendação de uma técnica em detrimento da outra.

Ambas as técnicas de potencialização de entrega transdérmica de sulfato de magnésio demonstraram efeito analgésico similar. O efeito analgésico ocorre principalmente quando há inflamação envolvida [16], contudo nenhuma avaliação específica foi conduzida no sentido de determinar a existência e o grau de inflamação na região lombar.

A indução de campo elétrico do tipo galvânico e a propagação de ondas mecânicas de ultrassom podem por si só promover efeitos analgésicos [17], mas o sulfato de magnésio promove efeito mio-relaxante a partir da inibição da excitabilidade da membrana musculoesquelética e lentificação da transmissão neural da junção neuromuscular. Adicionalmente, o sulfato de magnésio também exerce efeito anti-inflamatório e conseqüentemente analgésico [18].

Infelizmente, a avaliação da influência do campo elétrico e das ondas mecânicas sobre a penetração do sulfato de magnésio e o subsequente efeito terapêutico para o tratamento da lombalgia inespecífica dependeria da comparação com um grupo tratado apenas com sulfato de magnésio e outro com placebo. Sendo assim, as respostas para estas análises permanecem à espera de um novo estudo.

A dor crônica também está relacionada à ativação dos receptores N-metil-D-aspartato (NMDA) e subsequente aumento da transmissão de impulsos excitatórios para o sistema nervoso central, mas o sulfato de magnésio atenua a sensibilidade dessa via neural, ao inibir periféricamente os receptores NMDA do corno dorsal, causando alívio da dor, relaxamento muscular e analgesia [19].

Ibrahim *et al.* [20] avaliaram o efeito agudo e tardio da aplicação da iontoforese com sulfato de magnésio para o tratamento de trigger points nas fibras superiores do músculo trapézio. O estudo contou com 60 voluntários. O grupo intervenção (n = 30) foi tratado duas vezes por semana ao longo de quatro semanas. O grupo controle recebeu o mesmo esquema de tratamento, mas sem a aplicação do sulfato de magnésio, apenas a corrente elétrica. Os resultados foram animadores e demonstraram claramente que a corrente elétrica aplicada isoladamente melhora significativamente os sintomas, mas de maneira substancialmente inferior aos benefícios alcançados com a combinação do sulfato de magnésio. Infelizmente os autores também deixaram de testar o efeito isolado do sulfato de magnésio e pouco se sabe até o momento a respeito do tamanho do efeito que o campo elétrico polarizado exerce sobre a ação do sulfato de magnésio aplicado topicamente para o tratamento da dor em humanos.

Kalani *et al.* [21] demonstraram um promissor potencial terapêutico para o uso intravenoso do sulfato de magnésio (8 mg/kg de massa corporal) ao constatar efeito similar ao obtido pelo uso intravenoso de paracetamol (15 mg/kg de massa corporal). O estudo foi realizado com voluntários submetidos à cirurgia de membros inferiores.

Na metanálise realizada por Albrecht *et al.* [22], a infusão intravenosa de sulfato de magnésio no período peri-operatório foi considerada segura (livre de efeitos adversos graves), eficaz para a redução do uso de opióides (-24% de consumo de morfina; 95% CI -9,5 to -5,8 mg; p < 0,00001) e, em menor extensão, útil para a redução de dor em

repouso (95% CI -6,3 to -2,1;  $p < 0,0001$ ) e em movimento (95% CI -16,1 to -2,3;  $p = 0,009$ ).

Estes achados descritos na literatura corroboram os nossos resultados, pois com o uso tópico do sulfato de magnésio, tanto na modalidade iontoforese quanto fonoforese, houve melhora significativa na funcionalidade. A significativa correlação entre dor e funcionalidade da coluna reforçam ainda mais o papel do efeito analgésico para o tratamento da dor lombar inespecífica. É importante salientar que o tamanho da variação foi aparentemente maior no grupo tratado com iontoforese, porém a comparação entre os grupos resultou em um valor de probabilidade acima do ponto de corte determinado na análise de significância estatística.

O flagelo promovido pela dor está intimamente associado à intensidade do sintoma e as subseqüentes repercussões que levam à incapacidade física promovida pelo próprio bloqueio do movimento gerado pelo quadro algico ou pela estratégia de manter-se em repouso em posição de proteção evitando o agravo decorrente do movimento. Os efeitos de desuso que disso podem resultar, agravam o prognóstico gerando piora da funcionalidade [14]. Nesse sentido, um adequado manejo da dor pode contribuir para a melhora da mobilidade e funcionalidade. A lombalgia envolve processos biopsicossociais, e torna a avaliação específica e complexa, mas o entendimento dos mecanismos patológicos favorece a escolha da conduta adequada para manejar também os fatores cognitivos, emocionais, psicológicos, comportamentais, físicos e sociais que interagem para perpetuação da dor. Entre estas variáveis está a força para a realização dos principais movimentos da coluna vertebral e dos miótomos relacionados à coluna lombar e sacral. Neste seguimento do estudo, demonstramos que ambos os grupos apresentaram resultados de melhora significativa após as intervenções, reforçando novamente a associação entre dor e a disfunção do movimento [23]. Boa parte dessa complexidade foi avaliada no questionário de McGill, mas devido à dificuldade em caracterizar com maior precisão os descritores de dor relacionados aos complexos aspectos emocionais [16], optamos por limitar nossas análises às variáveis mais objetivas.

Nossos resultados deixam questões em aberto. Talvez a mais intrigante delas seja sobre o melhor desempenho que os voluntários do grupo Iontoforeses demonstraram em alguns testes funcionais. Sabe-se que a corrente galvânica age na redução de dor pela diminuição do edema promovido pelo processo inflamatório, através do mecanismo da eletrosmose, um efeito resultante da passagem da corrente contínua pelos tecidos, o que provoca a transferência ou fuga de líquido do polo positivo para o polo negativo [24]. A justificativa biológica para esta modalidade é baseada no princípio de que cargas semelhantes se repelem. Neste caso, a solução aquosa de sulfato de

magnésio (um íon carregado positivamente) foi aplicada no polo positivo (cátodo), onde uma carga elétrica aplicada repele os íons da droga através da pele acelerando a dispersão do fármaco para tecidos mais profundos [25]. Não temos como medir essa dispersão em humanos, mas talvez estudos em animais possam associar a marcação com radioisótopos na tentativa de mensurar o efeito propulsor da iontoforese e da fonoforese.

Na fonoforese a dispersão da medicação pelo estrato córneo ocorre por diferença de concentração entre o meio externo e interno. O ultrassom é utilizado na fase inflamatória do reparo por interagir com células que participam do processo inflamatório (plaquetas, mastócitos, macrófagos e neutrófilos) acelerando o reparo [17]. A deposição farmacológica usada de maneira tópica, ocorre segundo o fenômeno de cavitação, que resulta na formação de microbolhas gasosas na camada externa da pele (estrato córneo) que podem romper-se violentamente, e possivelmente permitir a passagem da droga para o meio interno, onde irá desempenhar sua ação farmacológica [26]. Contudo, nosso estudo não trouxe informações adicionais sobre o efeito de uma ou outra técnica adjuvante, pois não comparamos nenhuma delas a um grupo controle.

### *Limitações*

A falta de um grupo controle para comparar a eficácia das terapias aplicadas ao protocolo de tratamento medicamentoso habitual foi um aspecto limitador do desenho experimental do estudo. O tamanho amostral também limitou a qualidade das comparações, assim como a perda no seguimento e a não utilização do método estatístico de *intention to treat*. A análise de superioridade demonstrou dados suficientes de semelhanças entre as intervenções, mas parte desta semelhança pode estar limitada à subjetividade dos questionários utilizados, visto que a assertividade e precisão das respostas muitas vezes não se demonstraram suficientemente claras para os pacientes, principalmente em relação aos aspectos relacionados à percepção da doença e evolução do tratamento. O comportamento das atividades de vida diária, hábitos alimentares e trabalho laboral não foram completamente controlados ao longo do estudo e isso também pode, em certa medida, ter interferido na análise do efeito das terapêuticas propostas. A avaliação de força e flexibilidade poderiam ter maior precisão ao utilizar dispositivos isocinéticos e análise digital do movimento corporal. Por fim, o uso isolado do sulfato de magnésio em um grupo específico teria oportunizado a análise acurada do efeito das técnicas de potencialização (campo elétrico e ação mecânica) de entrega transdérmica do composto.

## Conclusão

Dadas as condições clínicas estudadas, pode-se dizer que ambas as técnicas de potencialização transdérmica empregadas para a dispersão farmacológica melhoraram a dor, mobilidade e funcionalidade de pacientes com lombalgia inespecífica. Houve importante e inequívoca correlação entre dor, função e funcionalidade reforçando a importância da intervenção analgésica instituída nesta condição clínica, mas não houve superioridade entre as técnicas. Por este motivo, estudos com maior número amostral precisam ser conduzidos para esclarecer este aspecto. Além disso, acrescentar um grupo tratado apenas com o sulfato de magnésio poderia apontar se há ou não potencialização da dispersão farmacológica com as técnicas de iontoforese e fonoforese e com isso esclarecer os achados de tendência reportados em nossos resultados e lançar luz sobre a definição da melhor estratégia de intervenção.

### Conflito de interesses

Não há conflitos de interesse para serem declarados.

### Fontes de financiamento

Não houve financiamento externo do estudo e todos os custos foram cobertos pelos próprios autores.

### Contribuição dos autores

*Concepção e desenho da pesquisa:* Azevedo DC, Otto DM, Figueiredo VF; *Coleta de dados:* Azevedo DC, Otto DM; *Análise e interpretação dos dados:* Macagnan FE; *Análise estatística:* Macagnan FE; *Redação do manuscrito:* Azevedo DC, Otto DM, Macagnan FE; *Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:* Macagnan FE

## Referências

1. Disease GBD, Injury I, Prevalence C. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016;388(10053):1545-1602. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31678-6
2. Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, Louw Q, Ferreira ML, Genevay S, et al. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet* 2018;391(10137):2356-67. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30480-X
3. Chiarotto A, Deyo RA, Terwee CB, Boers M, Buchbinder R, Corbin TP, et al. Core outcome domains for clinical trials in non-specific low back pain. *Eur Spine J* 2015;24(6):1127-42. doi: 10.1007/s00586-015-3892-3
4. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, et al. Foster Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet* 2018;391(10137):2368-83. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30489-6
5. Bordiak FC, Silva EB. Eletroestimulação e core training sobre dor e arco de movimento na lombalgia. *Fisioter Mov* 2012;25:759-66. doi: 10.1590/S0103-51502012000400008



6. Henley EJ. Safety and liability. *Phys Ther* 1992;72(6):466. doi: 10.1093/ptj/72.6.466
7. Herr NR, Kile BM, Carelli RM, Wightman RM. Electroosmotic Flow and Its Contribution to Iontophoretic Delivery. *Analytical Chemistry* 2008;80(22):8635-41. doi: 10.1021/ac801547a
8. Singer AJ, Homan CS, Church AL, McClain SA. Low-frequency sonophoresis: pathologic and thermal effects in dogs. *Acad Emerg Med* 1998;5(1):35-40. doi: 10.1111/j.1553-2712.1998.tb02572.x
9. Wu J, Chappelow J, Yang J, Weimann L. Defects generated in human stratum corneum specimens by ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1998;24(5):705-10. doi: 10.1016/s0301-5629(98)00049-0
10. Pimenta CAM, Teixeira MJ. Questionário de dor McGill: proposta de adaptação para a língua portuguesa. *Rev Esc Enferm USP* 1996;30:473-83. doi: 10.1590/S0080-62341996000300009
11. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res* 2011;63:S11: S240-S252. doi: 10.1002/acr.20543
12. Nusbaum L, Natour J, Ferraz MB, Goldenberg J. Translation, adaptation and validation of the Roland-Morris questionnaire - Brazil Roland-Morris. *Braz J Med Biol* 2001;34(2):203-10. doi: 10.1590/S0100-879X2001000200007
13. Mascarenhas CHM, Santos LS. Avaliação da dor e da capacidade funcional em indivíduos com lombalgia crônica. *J Health Sci Inst [Internet]*. 2011 [cited 2022 May 28];29(3):205-8. Available from: [https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/V29\\_n3\\_2011\\_p205-208.pdf](https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/V29_n3_2011_p205-208.pdf)
14. Kahn J. Princípios e prática de eletroterapia [Internet]. Santos: Livraria Santos; 2001. [cited 2022 May 28]. Available from: [https://books.google.com.br/books/about/Princ%C3%ADpios\\_e\\_pr%C3%A1tica\\_de\\_eletroterapia.html?id=6rKJAAAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Princ%C3%ADpios_e_pr%C3%A1tica_de_eletroterapia.html?id=6rKJAAAACAAJ&redir_esc=y)
15. Cárnio PB. Variação dos parâmetros físicos do campo ultra-sônico em fonoforese com diclofenaco gel [Dissertação]. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos; 2006. doi: 10.11606/D.82.2006.tde-30072007-160907
16. Igwesi-Chidobe CN, Coker B, Onwasigwe CN, Sorinola IO, Godfrey EL. Biopsychosocial factors associated with chronic low back pain disability in rural Nigeria: a population-based cross-sectional study. *BMJ Glob Health* 2017;2(3):e000284. doi: 10.1136/bmjgh-2017-000284
17. Galhardo J, Teixeira CS, Ramirez C, Fernandes S, Figueira TG. O uso do ultrassom e liberação miofascial em lombalgias não específicas. *Revista CPAQV–Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida [Internet]*. 2019 [cited 2022 May

- 12];11(1):2. Available from: <http://www.cpaqv.org/revista/CPAQV/ojs-2.3.7/index.php?journal=CPAQV&page=article&op=view&path%5B%5D=285>
18. Glass JM, Stephen RL, Jacobson SC. The quantity and distribution of radiolabeled dexamethasone delivered to tissue by iontophoresis. *Int J Dermatol* 1980;19(9):519-25. doi: 10.1111/j.1365-4362.1980.tb00380.x
  19. Kim SK, Jung I, Kim JH. Exercise reduces C-reactive protein and improves physical function in automotive workers with low back pain. *J Occup Rehabil* 2008;18(2):218-22. doi: 10.1007/s10926-007-9120-1
  20. Ibrahim NA, Abdel Raouf NA, Mosaad DM, Abu El Kasem ST. Effect of magnesium sulfate iontophoresis on myofascial trigger points in the upper fibres of the trapezius. *J Taibah Univ Med Sci* 2021;16(3):369-78. doi: 10.1016/j.jtumed.2020.12.015
  21. Kalani N, Sanie MS, Zabetian H, Radmehr M, Sahraei R, Kargar Jahromi H, et al. Comparison of the analgesic effect of paracetamol and magnesium sulfate during surgeries. *World J Plast Surg [Internet]*. 2016 [cited 2022 May 28];5(3):280-286. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5109390>
  22. Albrecht E, Kirkham KR, Liu SS, Brull R. Peri-operative intravenous administration of magnesium sulphate and postoperative pain: a meta-analysis. *Anaesthesia* 2013;68(1):79-90. doi: 10.1111/j.1365-2044.2012.07335.x
  23. Lima VNB, Almeida AVAC, Oliveira GU, Monteiro VAB, Santo GCE, Silva Júnior W, et al. Pain education in patients with low back pain and central sensitization: a pilot study. *Research, Society and Development* 2021;10(11):e404101119715. doi: 10.33448/rsd-v10i11.19715
  24. Kitchen S, Bazin S, Nascimento FG. *Eletroterapia de Clayton*. São Paulo: Manole; 1998
  25. Roustit M, Blaise S, Cracowski JL. Trials and tribulations of skin iontophoresis in therapeutics. *Br J Clin Pharmacol* 2014;77(1):63-71. doi: 10.1111/bcp.12128
  26. Koeke PU. Estudo comparativo da eficácia da fonoforese, do ultra-som terapêutico e da aplicação tópica de hidrocortisona no tratamento do tendão de rato em processo de reparo tecidual [Tese] [Internet]. São Paulo: USP; 2003. [cited 2022 Apr 12]. Available from: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-24032004-160123/en.php>



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