

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JOSÉ
CURSO DE FISIOTERAPIA

MATHEUS BANDEIRA
CAMILA CAVALCANTE

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO DIAFRAGMÁTICA TRANSCUTÂNEA EM
PACIENTES COM TETRAPLEGIA: REVISÃO DA LITERATURA**

Rio de Janeiro

2022.2

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO DIAFRAGMÁTICA TRANSCUTÂNEA EM
PACIENTES COM TETRAPLEGIA: REVISÃO DA LITERATURA**

**EFFECTS OF TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL DIAPHRAGMATIC
STIMULATION IN PATIENTS WITH TETRAPLEGIA: LITERATURE REVIEW**

Nome (s) do (s) autor (es)

**Matheus Vasconcelos Bandeira. Graduando do curso de Fisioterapia do Centro
Universitário São José**

**Camila Cavalcante. Graduanda do curso de Fisioterapia do Centro
Universitário São José.**

Orientador

Titulação Acadêmica: Prof. Esp., Prof. Me. ou Prof. Dr. em xxxxx

RESUMO

Introdução: A lesão medular espinhal (LME) caracteriza-se por um comprometimento na medula espinhal, ao nível da coluna cervical, resulta em tetraplegia que está frequentemente associada com o acometimento dos músculos respiratórios, principalmente o diafragma, a musculatura abdominal e os intercostais, implicando diretamente sobre a morbidade e mortalidade, desses indivíduos. **Objetivos:** Verificar os desfechos da estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) sobre a força e função muscular respiratória, nos volumes pulmonares, na melhora dos parâmetros mais eficazes para aplicação da eletroestimulação em pacientes com tetraplegia. **Métodos:** O presente estudo constitui uma revisão a literatura, de caráter descritivo. A coleta das informações foi realizada nas bases de dados eletrônicas PubMed, SciELO e LILACS. Foram buscados artigos relacionados à estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) sobre o sistema respiratório, procurados em artigos e periódicos, (inter)nacionais. **Resultados:** Em unanimidade, todos os seis artigos estudados discorrem que a EDET é uma ferramenta efetiva na melhora do desempenho funcional respiratório, e apesar das melhorias positivas observadas com a utilização da EDET, ainda há uma heterogeneidade nos protocolos de eletroestimulação. **Conclusão:** Por meio desta revisão da literatura, conclui-se que há evidências necessárias de que a aplicação da EDET pode proporcionar desfechos favoráveis na força muscular respiratória, assim como, nos volumes pulmonares, em pacientes com tetraplegia.

Palavras-chave: Diafragma, Estimulação Elétrica e Tetraplegia.

ABSTRACT

Formatado: Inglés (Estados Unidos)

Introduction: Spinal cord injury (SCI) is characterized by impairment of the spinal cord, at the level of the cervical spine, resulting in tetraplegia that is often associated with the involvement of the respiratory muscles, especially the diaphragm, abdominal muscles and intercostals, directly implying the morbidity and mortality of these individuals. Objectives: To verify the outcomes of transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation (TEDS) on respiratory muscle strength and function, on lung volumes, on cough improvement and on the most effective parameters for applying electrical stimulation in patients with tetraplegia.

Methods: The present study constitutes a literature review, with a descriptive character. Data collection was carried out using PubMed, SciELO and LILACS electronic databases. Articles related to transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation (TEDS) on the respiratory system were searched for in national and international articles and journals.

Results: Unanimously, all six articles studied argue that TEDS is an effective tool in improving respiratory functional performance, and despite the positive improvements observed with the use of TEDS, there is still heterogeneity in electrostimulation protocols.

Conclusion: Through this literature review, it is concluded that there is necessary evidence that the application of TEDS can provide favorable outcomes in respiratory muscle strength, as well as in lung volumes, in patients with tetraplegia.

Keywords: Diaphragm, Electrical Stimulation, Tetraplegia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. JUSTIFICATIVA.....	5
3. METODOLOGIA	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
5. CONCLUSÃO	16
6. BIBLIOGRAFIA	17

1. INTRODUÇÃO

A lesão medular espinhal (LME) caracteriza-se por um comprometimento na medula espinhal, que ocasiona perda total ou parcial da função motora e/ou sensitiva, resultando na deficiência física, seja: paraplegia ou tetraplegia (VASCO et al., 2017). Traumas acima da primeira vértebra torácica (T1), ao nível da coluna cervical, resultam em tetraplegia, ou seja, o controle muscular do sistema nervoso central (SNC) nos quatro membros é afetado (FORNER et al., 2016). A lesão na medula espinhal é um acontecimento debilitante, com uma incidência mundial estimada de 40 a 80 episódios por milhão de habitantes por ano e uma prevalência mundial de 236 a 4.187 por milhão de habitantes (MCCAUGHEY E. J et al., 2019). Dados do Ministério da Saúde (2015) apontaram que, anualmente, surgem 8 mil casos novos de lesão medular no Brasil. Considerando que 80% da população com sequelas de lesão medular é composta por homens com a idade entre 10 e 30 anos. Sendo possível observar que há grave repercussão incidindo sobre pessoas jovens, ativas e em idade laboral, sendo que mais da metade dessas lesões estão relacionadas com danos na área cervical da medula espinhal, resultando nas tetraplegias (MCCAUGHEY E. J. et al., 2016).

A tetraplegia é classificada em completa quando existe comprometimento dos quatro membros e/ou da respiração com secção total da medula, ou seja, o entrosamento entre o SNC e as outras partes do corpo fica obstruído inferiormente à lesão e incompleta, quando a medula espinhal é parcialmente danificada, conservando algumas sensações e movimentos (MÜLLER et al., 2020). Em ambos os casos, é importante monitorar rigorosamente os sinais respiratórios, já que estão frequentemente associadas com o acometimento dos músculos respiratórios, principalmente o diafragma, a musculatura abdominal e os intercostais (JENSEN, et al., 2020), e conseqüentemente, podendo ocorrer complicações na função respiratória (DIMARCO E.T AL., 2017; SATKUNENDRARAJAH et al. 2018; MCCAUGHEY E. J et al., 2019). Nesses indivíduos a capacidade de tossir está comprometida, ocasionando prejuízos na função pulmonar, que, devido à incapacidade de gerar contrações musculares eficazes, afetam o volume inspiratório, o pico de fluxo da tosse e a pressão expiratória máxima (PEM_{áx}). Por conta disso, a higiene brônquica se torna ineficiente, sendo um fator de risco para a atelectasia, para a infecção respiratória e para a insuficiência respiratória, instalando

Comentado [CM1]: ENTRA DOIS PONTOS (:)

Comentado [CM2]: ENTRA PONTO (.)

Comentado [CM3]: ENTRA VÍRGULA (,)

Comentado [CM4]: ENTRA PONTO (.)

o cenário ideal para a vulnerabilidade, as internações e o óbito (DIMARCO E.T AL., 2017; OKUNO E.T AL., 2017; MACEDO F.S et al., 2017).

Comentado [CM5]: ENTRA NA SEQUÊNCIA: DOIS PONTOS (:)
VÍRGULA (,)

Várias técnicas têm sido utilizadas para a ativação desses músculos respiratórios (referência de outras técnicas utilizadas para a ativação dos músculos respiratórios), entre elas a estimulação elétrica neuromuscular (EENM). Atualmente esta técnica é considerada uma ferramenta importante para a reabilitação de pacientes com lesão da medula espinhal, proporcionando estimulação de músculos paralisados. EENM é uma técnica que, por meio de baixos níveis de corrente elétrica, obtém-se contração muscular. A estimulação do neurônio motor inferior, que se mantém intacto abaixo do nível da lesão, pode levar a algum controle da capacidade motora perdida, além de auxiliar na manutenção das funções corporais (DE VARGAS FERREIRA, et al., 2018).

Comentado [CM6]: ENTRA PONTO (.)

Comentado [CM7]: ENTRA VÍRGULA (,)

Comentado [CM8]: ENTRA PONTO (.)

Nesse íterim, quando a EENM é aplicada à reabilitação respiratória, a mesma é chamada de estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET), podendo se tornar uma excelente ferramenta de tratamento de fraqueza muscular respiratória (DUARTE et al., 2021). Uma vez que a atrofia muscular respiratória e a subsequente diminuição da função pulmonar são causadas não só pela denervação dos músculos respiratórios, mas também pela inatividade e descondicionamento (LEVY-GUEDJ G. et al., 2021). A EDET no que lhe concerne, é uma intervenção fisioterapêutica barata e praticamente livre de riscos (DUARTE et al., 2021). Desse modo, intervenções terapêuticas tornam-se indispensáveis para auxiliar a mecânica muscular respiratória e restabelecer funções diretamente relacionadas à lesão do neurônio motor inferior, uma vez que a atrofia ocorre rapidamente após a lesão (MACEDO F.S et al., 2017).

No entanto, seus efeitos sobre pacientes gravemente doentes raramente têm sido relatados e protocolos e diretrizes de tratamento permanecem a serem estabelecidos (DUARTE et al., 2021).

2. JUSTIFICATIVA

Sendo a medula espinhal um centro regulador de controle, seu comprometimento pode dificultar diversas funções autônomas do organismo do

indivíduo. Dessa maneira, provocando várias mudanças celulares e moleculares que conduzem a um dano neurológico permanente, e que se traduzem em alterações/perdas das funções (VASCO C.C et al., 2017). Os pacientes que apresentam um nível de lesão alta, como a tetraplegia, tendem a evoluir para uma maior perda da função pulmonar e da dinâmica da caixa torácica devido à hipotrofia (PAOLILLO F. R. et al., 2005; COLAÇO et al., 2016) ou à paralisia da musculatura abdominal e intercostal e, em alguns casos, por conta da perda total ou parcial do diafragma (RIBEIRO R. N. et al., 2007; COLAÇO et al., 2016). Por conseguinte, ocorre um declínio da força muscular inspiratória e expiratória, ocasionando uma redução do volume pulmonar e uma tosse ineficaz, dificultando na remoção de secreções (FRANCO et al., 2019).

A tosse, por exemplo, é uma defesa fundamental contra complicações respiratórias. Os músculos abdominais são os principais músculos expiratórios, são utilizados quando iniciamos a respiração forçada ou quando os quimiorreceptores são ativados pelo aumento dos níveis de dióxido de carbono no sangue. Como durante o exercício de tosse, método no qual, é utilizado para estímulo da tosse, tendo o potencial de beneficiar uma ampla gama de grupos de pacientes que sofrem de fraqueza muscular expiratória leve a grave (MCCAUGHEY et al., 2018).

Para SMUDER et al., (2015) a lesão medular alta pode prejudicar consideravelmente a função diafragmática, fazendo com que o indivíduo acabe necessitando de um suporte ventilatório, como a utilização da ventilação mecânica (VM) para manter uma adequada troca gasosa. O autor ainda acrescenta que o uso prolongado da VM pode provocar atrofia diafragmática e lesões pulmonares decorrentes da própria VM.

E por conta desses comprometimentos em pacientes com lesão medular alta, que a fraqueza muscular respiratória se torna presente (MACEDO F.S et al., 2017; DUARTE et al., 2021) com o avanço da doença, essa hipotrofia muscular respiratória tende a evoluir para lesões cardiorrespiratórias (FRANCO et al., 2019).

Desse modo, condutas e recursos fisioterapêuticos têm se destacado pela capacidade de promover contrações musculares artificiais a partir da aplicação de estímulos elétricos e rítmicos na superfície dos músculos respiratórios (MACEDO F.S et al., 2017), como é o exemplo da estimulação diafragmática elétrica

transcutânea (EDET). A EDET consiste em estimular o principal músculo inspiratório, o diafragma, através da aplicação desses estímulos elétricos de curta duração utilizando-se eletrodos de superfície (FERREIRA et al., 2015). A modulação dos parâmetros de estimulação elétrica pode gerar pressão intermitente nos músculos respiratórios paralisados ou enfraquecidos, onde, auxilia com o aumento da pressão intra-abdominal, repercutindo em um pico de fluxo de tosse, semelhantemente ao mecanismo fisiológico de higiene brônquica (MACEDO F.S et al., 2017).

Comentado [CM9]: ENTRA PONTO (.)

Comentado [CM10]: ENTRA PONTO (.)

A aplicação da estimulação diafragmática elétrica transcutânea, é uma técnica que pode melhorar a função respiratória em participantes saudáveis e naqueles com lesão medular, doença pulmonar obstrutiva crônica e acidente vascular cerebral. Estudos recentes também sugerem que o EDET pode ser uma técnica viável para reduzir a duração da ventilação mecânica em lesão medular e doença crítica (MCCAUGHEY et al., 2018). Com isso, a fisioterapia tem um importante papel, utilizando de maneira eficaz a EDET, com objetivo de melhorar a força muscular respiratória em pacientes com fraqueza muscular respiratória (HSIN YF et al., 2022), consequentemente influenciando diretamente na qualidade de vida do mesmo.

Por ainda não ter um entendimento ou diretriz que determine os parâmetros eficazes durante a aplicação da EDET em pacientes com tetraplegia, torna-se pertinente a realização de uma revisão atual desse tema.

Assim, a presente pesquisa objetivou realizar uma revisão bibliográfica de modo a verificar os desfechos da EDET sobre a força muscular inspiratória e expiratória e os parâmetros mais eficazes para aplicação da eletroestimulação em pacientes com tetraplegia.

3. METODOLOGIA

O presente estudo constitui uma revisão a literatura, de caráter descritivo. A coleta das informações foi realizada nas bases de dados eletrônicas National Library of Medicine (PubMed), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) buscando artigos relacionados à estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) sobre o

sistema respiratório, procurados em artigos e periódicos, (inter)nacionais. As pesquisas foram realizadas com os termos “diafragma”, “estimulação elétrica” e “músculos respiratórios”, bem como com suas respectivas traduções para o inglês, “diaphragm”, “electricalstimulation”; “respiratorymuscles”; “tetraplegia”; “tetraplegic” e correlacionando-as com “e” ou “and” para formar combinações.

Foram encaminhados para a sumarização de dados, por meio da leitura e análise plena dos artigos, em um quadro previamente estruturado (Tabela 1), evidências com amostra composta por humano, não apenas pacientes com tetraplegia, mas aqueles que de algum modo contribuíram para o tratamento de sintomas associados à tetraplegia.

Foram incluídos artigos publicados nos idiomas inglês e português, publicados a partir do ano de 2013. As variáveis de intervenção correspondentes a estimulação elétrica de diafragmática (EDET) foram atribuídas à função respiratória, como, volume expiratório forçado (VEF1), pressão expiratória máxima (PEMax) e inspiratória máxima (PIMax), capacidade vital forçada (CVF), pico de fluxo expiratório (PFE), e também, relacionados a desfechos relacionados a intervenções em pacientes com utilização de ventilação mecânica. No entanto, os artigos encontrados que não estavam em consonância com esses critérios foram eliminados. Dentre estes, foram excluídos estudos de revisão bibliográfica, revisão sistemática e semelhantes, além de artigos não indexados ou indisponíveis na íntegra em biblioteca, bases, e plataformas de dados pesquisadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca nas bases de dados resultou em 202 artigos, enquanto na busca manual obteve cinco documentos pertinentes ao tema, os artigos foram publicados a partir de 2013. Estes artigos apresentam heterogeneidade na amostra em relação à classificação da lesão medular espinal, tempo de lesão, gênero e idade e em relação aos protocolos de avaliação e intervenção fisioterapêutica por meio de estimulação elétrica de superfície também foi constatada variabilidade.

É importante ressaltar que também houve heterogeneidade na escolha de artigos no que se refere à utilização do tratamento com a EDET somente em pacientes tetraplégicos. De modo que, foram escolhidos dois artigos com a utilização

Comentado [CM11]: INCLUIR FATORES DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO!

Comentado [CM12]: É IMPORTANTE EM CADA DAS AFIRMAÇÕES QUE VOCÊS FIZERAM COLOCAR: NÚMERO DE PARTICIPANTES DO ESTUDO E A POPULAÇÃO DOS RESPECTIVOS ESTUDOS. POR EXEMPLO: FULANO DE TAL TESTOU O EDET EM 40 PACIENTES...COM FRAQUEZA MUSCULAR RESPIRATÓRIA...SE POSSÍVEL, DESTACAR O GRUPO CONTROLE.

da EDET em outras patologias. Pois, de alguma forma, esses artigos, possuem informações pertinentes na propedêutica do tratamento nesses pacientes.

Nesse ínterim, a presente revisão contemplou a inclusão de cinco ensaios clínicos, os quais abordaram a aplicação de EDET em pacientes com lesão medular espinal alta, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e insuficiência cardíaca (IC).

O tamanho amostral dos ensaios clínicos foi de 32 indivíduos, de ambos os gêneros, sendo que no total foram analisados 123 sujeitos, com idades entre 14 e 79 anos. As variáveis verificadas nesta revisão estão relacionadas com a EDET e as variáveis de desfecho clínico atribuídas à função respiratória. Além disso, parâmetros como aumento da força muscular respiratória e diminuição no tempo da utilização do ventilador mecânico também foram analisados (Tabela 1).

Os parâmetros da EDET aplicados, estão detalhados na tabela 1, onde mostrou que o recurso utilizado em diferentes modalidades e modulações, conseguiu de alterar positivamente as variáveis de função e força muscular respiratória avaliadas.

Tabela 1. Evidências selecionadas com descrição dos parâmetros e efeitos da EDET para melhora da função e da força muscular respiratória.

ESTUDO	AMOSTRA	VARIÁVEIS AVALIADAS	INTERVENÇÃO FISIOTERAPÊUTICA	DESFECHOS SIGNIFICATIVOS
WISNIEWSKI et al., (2013)	Um indivíduo com LM traumática completa nível cervical – tetraplégico, do sexo masculino, 25 anos d, com peso de 66Kg e altura de 1,80 m.	PI _{máx} e PE _{máx} ; VEF1 /CVF; CVF; PFE	Dez sessões, 3 vezes por semana, com duração de 30 minutos. Utilizando a corrente russa, no músculo reto abdominal.	<ul style="list-style-type: none"> - Melhora da força muscular respiratória; - Aumento do vigor da contração muscular do músculo reto abdominal; - Melhora significativa no fluxo expirado; - Aumento em litros/min do Peak Flow pós-intervenção; - Redução na Capacidade Vital Forçada (CVF)

MARTINELLI B. et al., (2016)	Treze sujeitos portadores de DPOC, onde, 11 eram do sexo masculino, todos brancos e com idade de 68,46±11,11 anos	PI _{máx} e PE _{máx} VEF1; FEF; PFE CVF; VM; CVL; FR (rpm); VC; índice BODE	Trinta sessões, ocorrendo duas vezes por semana, com duração de 30 minutos. Corrente russa (2500 Hz); Posicionados no tórax bilateralmente.	- Diminuição do VM (os pacientes estavam com o VM elevado se comparado com os valores de referência) - Diminuição do índice de BODE de 3,92±2,10 para 3,23±1,87;
FRANCO, F. et al., (2019)	Um sujeito pós TRM ao nível de C6-C7, com quadro de tetraplegia. Gênero masculino, com 31 anos	VEF1; PFE; CVF; VEF1/CVF; FEF	Dez sessões por 40 minutos com a corrente de estimulação elétrica funcional (FES) posicionados no músculo reto abdominal	- Melhorar no desempenho de variáveis da função muscular respiratória, pulmonar e de tosse
LEÃO, B. M. et al., (2019)	Sete indivíduos, sendo 4 homens com IC descompensada. Idade 62±15,1	- PI _{max} PE _{max} ; - Espessura do diafragma	As sessões foram realizadas durante cinco dias ou até a alta hospitalar, duas vezes ao dia, com duração de 30 minutos Com corrente pulsada bifásica e simétrica posicionados na zona de aposição do músculo diafragma, em ambos os lados do tórax.	- Aumento da força muscular respiratória - Manteve a espessura muscular diafragmática - - Possível efeito protetor sobre a atrofia muscular
DUARTE, G.L. ET AL., 2021	Dez indivíduos, com tetraplegia, lesão grau A da AIS. Onde, 4 pacientes foram submetidos ao EDET e 6 a um	- Tempo de ventilação mecânica invasiva (VMI); - Tempo de desmame do ventilador;	Treinamento consistiu em duas sessões diárias de 20 minutos, 7 dias por semana. Posicionados na linha axilar média	Os pacientes submetidos ao EDET passaram consideravelmente menos tempo na VMI e na UTI

protocolo padrão de desmame. Idade: 28 ± 14 e 29 ± 5, respectivamente.	- Tempo de internação em unidade de terapia intensiva (UTI); - Tempo total de internação hospitalar	esquerda e direita e região paraxifóide	
--	--	---	--

Abreviaturas: EDET: estimulação diafragmática elétrica transcutânea; P_{máx}: pressão inspiratória máxima; P_{Emáx}: pressão expiratória máxima; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; VEF1/CVF: relação entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo e a capacidade vital forçada; PFE: pico de fluxo expiratório VM: volume minuto; CVL: capacidade vital lenta; FR (rpm): frequência respiratória; FEF_{25-75%}: fluxo expiratório forçado médio; VC: volume corrente; índice BODE: Sistema de classificação multidimensional que fornece uma informação prognóstica útil em pacientes com DPOC e poderá medir o estado de saúde.

Em relação aos protocolos de avaliação e intervenção fisioterapêutica por meio da EDET foi constatada variabilidade nos protocolos, a respeito da modulação, a frequência variou entre 30Hz e 100Hz. O tipo de corrente usado, assim como a largura de pulso e o ciclo das frequências variaram de acordo com cada estudo, assim como tempo de subida e de descida e os tempos contração e repouso, havendo uma heterogeneidade nesses parâmetros. A intensidade de cada tratamento variou, mas de modo geral, a maioria dos estudos buscou uma intensidade necessária para promover a contração visível. O tempo de cada sessão variou entre 20 e 40 minutos e no posicionamento dos eletrodos houve similaridades, em relação à musculatura alvo (tabela 2).

Tabela 2: Características da estimulação elétrica dos ensaios clínicos incluídos

MODULAÇÃO DA ELETROESTIMULAÇÃO	WISNIEWSKI et al., (2013)	MARTINELLI B. et al., (2016)	FRANCO, F. et al., (2019)	LEÃO, B. M, et al., (2019)	DUARTE, G.L. et al., (2021)
Tipo de corrente	RUSSA (2.500Hz)	RUSSA (2.500Hz)	FES	Corrente pulsada bifásica e simétrica	EDET
Frequência	30Hz	Protocolo I -	100Hz	80Hz	30Hz

		20 a 30Hz Protocolo II - 70 a 100Hz			
Largura do Pulso ou Ciclo	20%	20 a 50%	250µs	0,4ms	1ms
Tempo de Elevação	-	-	3s	1s	0.7ms
Tempo de contração (ON)	5s	Entre 1a 6s	10s	1s	-
Tempo de descida	-	-	3s	2s	
Tempo de repouso (OFF)	10s	Duas vezes o tempo ON	20s	1s	-
Intensidade	Contração do Musculo	Variou de conforme o paciente	Variou de conforme o paciente	Variou de conforme o paciente	60 mA
Duração da sessão	30 min.	- 18 min (20 a- 30 Hz) 12 min (70 a 100 Hz)	40 min.	30 min.	20 min.
Posicionamento dos eletrodos (bilateralmente)	Quatro eletrodos, posicionados no M. reto abdominal	Tórax, seguindo a linha axilar média na altura do 7º ao 8º EIC	12 eletrodos, posicionados no M. reto abdominal	Zona de aposição do músculo diafragma, localizada entre o 6º, 7º e 8º EIC, e a região paraxifóide	Linha axilar média esquerda e direita ao nível do 6º, 7º e 8º EIC, e à região paraxifóide

Abreviaturas: EDET: estimulação diafragmática elétrica transcutânea; FES: Estimulação elétrica funcional; Hz: hertz; ms: milissegundos; mA: miliampere; EIC: espaço intercostal.

As evidências encontradas nesta revisão atestam que a intervenção fisioterapêutica, por meio da aplicação de EDET promoveu incremento significativo da força e função muscular respiratória (WISNIEWSKI et al., 2013; MARTINELLI B. et al., 2016; FRANCO, F. et al., 2019; LEÃO, B. M, et al., 2019; DUARTE, G.L. ET AL., 2021). De qualquer forma, ainda que não haja uma homogeneidade em tratamentos voltados especificamente para pacientes com tetraplegia, foi possível

perceber nos estudos os efeitos benéficos decorrentes da utilização da EDET. Sendo uma técnica clinicamente viável para pacientes com tetraplegia na prática clínica e também para aqueles dependentes de ventilador mecânico, pois desencadeia uma melhora significativa na função respiratória, permitindo o desmame mais rápido (MCCAUGHEY et al., 2015; DUARTE, G.L. ET AL., 2021).

Em pesquisa realizada por MCCAUGHEY et al., (2016) entre 1994 a 2013 com toda a população da Escócia pela The Queen Elizabeth National Spinal Injuries Unit (QENSIU). Onde todos os pacientes admitidos com lesão medular (LM) foram incluídos no estudo e o nível neurológico da lesão e o grau de comprometimento foram avaliados conforme a Classificação Neurológica Internacional de Lesão Espinhal, a American Spinal Injury Association Impairment Scale (AIS). Demonstrou um aumento agudo da função tosse, bem como na remoção de secreção, ao empregar a técnica de estimulação elétrica na musculatura abdominal. Além disso, o autor ressalta que esta técnica pode reduzir a probabilidade de desenvolver complicações respiratórias em pacientes tetraplégicos (MCCAUGHEY et al., 2016).

O que corrobora com a pesquisa realizada por MARTINELLI B. et al., (2016), no qual, a utilização da EDET contribuiu para a diminuição do volume minuto, essa diminuição, contribuiu para obtenção de um trabalho respiratório mais eficiente, sendo um efeito positivo. Pois os pacientes estavam com o volume minuto elevado se comparado com os valores de referência. Além disso, houve ganho da capacidade funcional desses pacientes, refletindo positivamente em suas atividades de vida diária, em sua capacidade aeróbica para a prática de atividades, e no estado funcional de seu sistema cardiorrespiratório, como também nos índices de morbidade e mortalidade. O estudo realizado em treze indivíduos portadores de DPOC, durante 30 sessões, com duração de trinta minutos. (MARTINELLI B. et al., 2016).

É importante ressaltar que apesar da EDET ser um recurso específico para melhorar o desempenho da musculatura inspiratória, pelo fato da corrente elétrica objetivar a contração do músculo diafragma, em estudos analisados (WISNIEWSKI et al., 2013; MARTINELLI B. et al., 2016; LEÃO, B. M, et al., 2019) também demonstram um aumento na força muscular expiratória, por conta da estimulação da corrente elétrica e da localização dos eletrodos na parede abdominal, explicando o aumento da força muscular expiratória, sendo esses, importantes fatores a serem

trabalhados em pacientes com tetraplegia (DIMARCO E.T AL., 2017; OKUNO E.T AL., 2017; MACEDO F.S et al., 2017).

Já em outro estudo, WISNIEWSKI et al., (2013) com o objetivo comparar a função pulmonar e a força dos músculos respiratórios nas posições sentado e supina, pré e pós-intervenção mediada pela utilização da EDET em um indivíduo com LM traumática na região da cervical. Demonstrou que após a utilização da EDET, na musculatura reto abdominal, os valores obtidos tanto na PImáx quanto na PEmáx, em ambas posições, foram estatisticamente significativas, para a PEmáx e PImáx, na posição sentada, $p=0,01$ e $p=0,01$, e na posição supino $p=0,03$ e $p=0,01$, respectivamente.

Ou seja, a utilização do estímulo elétrico na região do músculo reto abdominal, promoveu a melhora da força muscular desta musculatura, havendo um melhor recrutamento e o disparo de motoneurônios de fibras musculares do tipo IIB. Essas fibras de contração rápida conseguem produzir mais força, antecedendo a contração das fibras do tipo I e quando recrutadas em atividades de ações rápidas e de altas tensões podem promover a hipertrofia muscular (WISNIEWSKI et al., 2013).

LEÃO, B., et al., (2019), evidenciou que a utilização da EENM diafragmática promoveu o aumento da força muscular respiratória mantendo a espessura muscular diafragmática, em pacientes com IC descompensada. Pois consoante a autora, a fraqueza da musculatura diafragmática e a redução da capacidade ventilatória são comumente encontrados em portadores de IC, o que pode ser considerado um forte preditor de prognóstico do paciente. Sugerindo um possível efeito protetor sobre a atrofia muscular, nessa região. Além disso, neste mesmo estudo os pacientes obtiveram o aumento da PEmax e PImax, corroborando com os achados de outros estudos nesta revisão (WISNIEWSKI et al., 2013; MARTINELLI B. et al., 2016)

Em indivíduos com lesão medular alta a diminuição da força da musculatura respiratória são persistentes, e esta fraqueza muscular é a principal causa de mortalidade, principalmente nos primeiros meses após a lesão (DIMARCO E.T AL., 2017; SATKUNENDRARAJAH et al. 2018; MCCAUGHEY E. J et al., 2019). Uma medida comum da força do músculo respiratório é PImax ou PEmax. A PImax pode ser um discriminador de pneumonia em indivíduos com tetraplegia com aqueles abaixo do limiar valores em risco aumentado. Portanto, o fortalecimento os músculos

Comentado [CM13]: FOI FEITO EM QUE POPULAÇÃO?
Tetraplégicos?, animais?

Comentado [CM14]: ENTRA VÍRGULA (,)

Comentado [CM15]: JÁ ACRESCENTEI A ABREVIÇÃO NA PAG 3 DA PEMÁX. FIZ ISSO TAMBÉM NA PIMÁX. PRIMEIRO PRECISA DO TERMO POR EXTENSO, PARA DEPOIS HAVER A ABREVIÇÃO (INICIASI DO TERMO) NÃO O CONTRÁRIO.

Comentado [CM16]: AQUI NÃO ENTENDI

respiratórios, em particular os respiratórios músculos seria um benefício significativo para as pessoas com tetraplegia (BOSWELL-RUYS et al., 2020). Assim, intervenção fisioterapêutica, por meio da EDET, pode melhorar a função muscular respiratória dos indivíduos com diferentes níveis e complexidade de lesão medular espinal, com repercussões em curto, médio e longo prazo, inclusive na prevenção de complicações respiratórias graves, como a pneumonia (MACEDO F.S et al., 2017).

Comentado [CM17]: AQUI SERIA MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS?

Comentado [CM18]: Número de participantes

De acordo com FRANCO, F. et al., (2019), a intervenção através da EDET promoveu a melhora na função e na força muscular respiratória sobre o músculo reto abdominal do paciente. De acordo com autor, a fraqueza muscular do paciente reflete diretamente em seus volumes e capacidade funcional pulmonar. A capacidade inspiratória e o volume de reserva expiratório compõem a capacidade vital e no caso desses pacientes a capacidade vital é formada exclusivamente pela capacidade inspiratória, dado o fato de sua reserva expiratória estar diminuída e não há contração dos músculos abdominais FRANCO, F. et al., (2019). Entretanto, mesmo com resultado positivo, é importante ressaltar que o estudo contou com apenas um sujeito com quadro de tetraplegia, sendo necessário um número maior de voluntários, grupo controle para maior precisão de valores.

Outro achado importante está relacionado a utilização da EDET em pacientes internados na UTI, utilizando ventilação mecânica invasiva (VMI). O estudo realizado por DUARTE, G.L. et al., (2021), corroboram com os achados em outras literaturas SMUDER et al., 2015; MCCAUGHEY et al., 2018). O autor sugere que a EDET influencia na duração da VMI, bem como o tempo de permanência na UTI. Sendo uma ferramenta potencialmente promissora para o tratamento de pacientes com tetraplegia. No entanto, o autor salienta que ensaios clínicos randomizados são necessários para apoiar essa suposição (DUARTE, G.L. et al., 2021).

Há unanimidade: todos os autores discorrem que a EDET é uma ferramenta efetiva na melhora do desempenho funcional respiratório, e apesar das melhorias positivas na função respiratória observadas com EDET, o uso clínico dessa tecnologia permanece baixo (MCCAUGHEY et al., 2016). As razões para isso podem ser a falta de um protocolo padrão da EDET e também a falta de homogeneidade na posição dos eletrodos, com uma gama de posições utilizadas para estimular tanto o reto abdominais quanto os músculos oblíquos externos,

aumentando a variabilidade nos estudos(MCCAUGHEY et al., 2016; MCCAUGHEY et al., 2018).

Baseando-se nos resultados benéficos encontrados, é esperado que seja incitada a realização de mais estudos sobre esse tipo de protocolo como método de tratamento para portadores de tetraplegia, inclusive com número de voluntários, grupo controle e equipamentos avaliativos com maior precisão de valores. Além disso, é possível observar que nesses estudos, independentemente da forma de aplicação e do protocolo da EDET houve um aumento da força muscular respiratória, ocasionando uma melhora na função respiratória e conseqüentemente da qualidade de vida dos indivíduos.

5. CONCLUSÃO

Por fim, conclui-se que por meio desta revisão da literatura, a estimulação elétrica diafragmática (EDET) demonstra evidências necessárias de que a sua aplicação pode proporcionar desfechos favoráveis na função e na força muscular respiratória, assim como, nos volumes pulmonares e na melhora da tosse. Tornando-se uma terapêutica importante em pacientes com tetraplegia. Desta forma este recurso é uma ferramenta potente para a Fisioterapia Respiratória, porém a ausência de uma meta-análise predispõe a necessidade de novos estudos.

6. BIBLIOGRAFIA

1. VASCO, Camila Carrascoza e FRANCO, Maria Helena Pereira, Indivíduos Paraplégicos e O Significado Construído Para A Lesão Medular Em Suas Vidas. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 37, n. 1, pp. 119-131, 2017. <https://doi.org/10.1590/1982-3703000072016>
2. FORNER, S. et al. Abordagem Multiprofissional em Lesão Medular: Saúde, Direito e Tecnologia; **1. Ed. Santa Catarina: Publicação do IFSC**, 2016.
3. MCCAUGHEY, E. J. et al., Abdominal Functional Electrical Stimulation To Augment Respiratory Function In Spinal Cord Injury. **Topics in spinal cord injury rehabilitation**, 25(2), 105–111, 2019. <https://doi.org/10.1310/sci2502-105>
4. BRASIL. **Ministério da Saúde. Diretrizes de atenção à Pessoa com Lesão Medular. 2. ed.** Brasília, DF, 2015. p. 7-62
5. MCCAUGHEY, E., et al., Changing Demographics Of Spinal Cord Injury Over A 20-Year Period: A Longitudinal Population-Based. **Study in Scotland. Spinal Cord**, 54(4):270–276, 2016.
6. MÜLLER, Bruno Rafael et al. Trauma Raquimedular Na Emergência Hospitalar: Conduta E Repercussões. **Editor Chefe**, p. 230, 2020.
7. JENSEN, Victoria N. et al., Role Of Propriospinal Neurons In Control Of Respiratory Muscles And Recovery Of Breathing Following Injury. **Frontiers in Systems Neuroscience**, v. 13, p. 84, 2020.
8. DIMARCO A. F., et al., Minimally Invasive Method To Activate The Expiratory Muscles To Restore Cough. **J Spinal Cord Med.** 1–7, 2017.
9. SATKUNENDRARAJAH, Kajana et al. Cervical Excitatory Neurons Sustain Breathing After Spinal Cord Injury. **Nature**, v. 562, n. 7727, p. 419-422, 2018.
10. OKUNO, Y., et al., Functional electrical stimulation to the abdominal wall muscles synchronized with the expiratory flow does not induce muscle fatigue. **Journal of Physical Therapy Science**, 29 (3), 484-486, 2017. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.484>
11. MACEDO F. S., et al., Novas perspectivas de fisioterapia respiratória em lesão medular – uma revisão sistemática. **Acta Paul Enferm.** 30(5):554-6, 2017. [10.1590/1982-0194201700077](https://doi.org/10.1590/1982-0194201700077)

Código de campo alterado

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

12. DE VARGAS FERREIRA, Vanessa Maria et al. Avaliação clínica e cinemática da função manual de pessoas com tetraplegia com a utilização de EENM e sistema híbrido= Clinical and kinematic analysis of the hand function of persons with tetraplegia using NMES and hybrid system. **Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**. Faculdade de Ciências Médicas, 2018.
13. DUARTE, G. L., et al., Transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation reduces the duration of invasive mechanical ventilation in patients with cervical spinal cord injury: retrospective case series. **Spinalcord series and cases**, 7(1),26, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41394-021-00396-4>
14. LEVY-GUEDJ G. e CARDOSO R. A Efetividade Do Treino Dos Músculos Respiratórios Na Força Respiratória Em Pessoas Com Lesão Da Medula Espinal: Uma Revisão Bibliográfica. **Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa**, 2021. <http://hdl.handle.net/10284/10189>
15. PAOLILLO F. R. et al., Respostas cardio-respiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular. **Revistas Acta Ortopédica Brasileira**. v. 13, n. 3, p. 149-152, 2005.
16. COLAÇO, Carla Lopes et al. **Efeitos do uso da cinta abdominal em pacientes com traumatismo raquimedular**. 2016.
17. RIBEIRO R. N. et al., Efeitos do treinamento muscular inspiratório em pacientes tetraplégicos: **revisão da literatura**. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 14, n. 1, p. 72-78, 2007.
18. FRANCO, Fabiana Santos; et al., Influência do fortalecimento do músculo reto abdominal sobre função pulmonar em tetraplégico: relato de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 28896-28908, 2019.
19. MCCAUGHEY, Euan J. et al. Optimal electrode position for abdominal functional electrical stimulation. **Journal of Applied Physiology**, v. 125, n. 4, p. 1062-1068, 2018.
20. SMUDER A. J., et al., cervical spinal cord injury exacerbates ventilator-induced diaphragm dysfunction. **Journal of Applied Physiology** Published 15 October 2015. DOI: 10.1152.
21. FERREIRA, Lucas Lima et al. Efetividade da estimulação diafragmática elétrica transcutânea na força muscular respiratória, volumes e

- capacidades pulmonares: revisão sistemática. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 48, n. 5, p. 491-500, 2015.
22. HSIN YF et al., Effects of transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation on respiratory function in patients with prolonged mechanical ventilation. **Ann Thorac Med.** 2022 Jan-Mar;17(1):14-20. doi: 10.4103/atm.atm_158_21. Epub 2022 Jan 14. PMID: 35198044; PMCID: PMC8809123.
23. WISNIEWSKI, M. S. W. et al., Eletroestimulação do musculo reto abdominal em lesão medular cervical: relato de caso. **Perspectiva Erechin**, v.37 n.137, p.35-44, 2013.
24. MARTINELLI B, et al., Estimulação elétrica transcutânea diafragmática pela corrente russa em portadores de DPOC. **Fisioterapia e Pesquisa**; 23(4), 345-351. 2016.
25. FRANCO, Fabiana Santos; BORGES, Isadora Nogueira; DOS SANTOS, Michelle Inacio. Influência do fortalecimento do músculo reto abdominal sobre função pulmonar em tetraplégico: relato de caso. **BrazilianJournalofDevelopment**, v. 5, n. 12, p. 28896-28908, 2019.
26. LEÃO, B. M. et al., Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular diafragmática sobre a força e a espessura muscular em pacientes com insuficiência cardíaca: estudo de série de casos / Effectsofdiaphragmatic neuromuscular electricstimulationonstrengthandmusclethickness in patientswithheartfailure: **case series study**, 2019.
27. Duarte, G.L., Bethiol, A.L., Ratti, L.d.S.R.et al. A estimulação elétrica diafragmática transcutânea reduz a duração da ventilação mecânica invasiva em pacientes com lesão medular cervical: série de casos retrospectiva. **Casos de Ser da Medula Espinhal**, 26 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41394-021-00396-4>
28. MCCAUGHEY, Euan J. et al. Abdominal functional electrical stimulation to assist ventilator weaning in acute tetraplegia: a cohort study. **PloS one**, v. 10, n. 6, p. e0128589, 2015.
29. BOSWELL-RUYS, Claire L. et al. Impact of respiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and quality of life in individuals with tetraplegia: a randomised clinical trial. **Thorax**, v. 75, n. 3, p. 279-288, 2020.