

Efetividade da estimulação diafragmática elétrica transcutânea na força muscular respiratória, volumes e capacidades pulmonares: revisão sistemática

Effectiveness of transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation on respiratory muscle strength, lung volumes and capacities: a systematic review

Lucas Lima Ferreira¹, Juliana R. C. Mello², Marcus Vinicius C. Brito², Odete Maud Cavenaghi³

RESUMO

Introdução: A estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) consiste em estimular o diafragma, por meio de estímulos elétricos rítmicos de curta duração promovendo uma pressão intrapleurálica negativa que pode influenciar tanto na ventilação pulmonar quanto no retorno venoso e no débito cardíaco, representando mais uma importante ferramenta para a fisioterapia respiratória. **Objetivo:** Analisar os desfechos da aplicação da EDET na força muscular respiratória e nos volumes e capacidades pulmonares. **Métodos:** Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foram analisados ensaios clínicos publicados entre 2003 e 2013. A busca envolveu as bases de dados LILACS, SciELO, MedLine e PEDro, usando os descritores “*diaphragm*”, “*respiratory muscles*” e “*physical therapy*” em cruzamento com o descritor “*electrical stimulation*”. **Resultados:** Foram incluídos 6 estudos, que somaram 105 indivíduos, com idade variando entre 20 e 75 anos, e que demonstraram que a utilização da EDET causou incremento significativo ($p < 0,05$) da pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e da pressão expiratória máxima (PE_{máx}), do volume corrente (VC) e dos volumes de reserva inspiratório e expiratório. **Conclusão:** A EDET promove aumento na força muscular respiratória e em alguns volumes pulmonares, em indivíduos saudáveis e/ou pacientes com doenças crônicas ou em pós-operatório de cirurgias.

Palavras-chave: Modalidades de Fisioterapia. Estimulação Elétrica. Diafragma. Terapia Respiratória.

1. Mestre em Fisioterapia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Presidente Prudente, SP. Fisioterapeuta da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) Geral do Hospital de Base, São José do Rio Preto, SP, Brasil.
2. Fisioterapeuta da UTI Geral do Hospital de Base, São José do Rio Preto, SP, Brasil.
3. Mestranda em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (FAMERP). Fisioterapeuta Supervisora da UTI Geral do Hospital de Base, São José do Rio Preto, SP, Brasil.

Não há conflitos de interesses.

Correspondência
Lucas Lima Ferreira
Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto - FAMERP
Av. Brigadeiro Faria Lima, 5416 - Vila São Pedro
CEP: 15090-000, São José do Rio Preto - SP.

Artigo recebido em 29/06/2014
Aprovado para publicação em 20/02/2015

ABSTRACT

Introduction: Transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation (TEDS) is to stimulate the diaphragm, through rhythmic electrical stimulation short promoting a negative pleural pressure that can influence both the ventilation and in venous return and cardiac output, representing another important tool for respiratory therapy. **Objective:** To analyze the outcomes of the application of TEDS on respiratory muscle strength and lung volumes and capacities. **Methods:** Through a systematic review of the literature, clinical trials published between 2003 and 2013 were analyzed. The search involved the LILACS, SciELO, MEDLINE and PEDro database, using the keywords diaphragm, respiratory muscles and physical therapy crossed with the descriptor electrical stimulation. **Results:** Six studies totaling 105 subjects, aged between 20 and 75 years and showed that the use of TEDS caused a significant increase ($p < 0.05$) in maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure were included maximum (MEP), tidal volume (VT) and the volumes of inspiratory and expiratory reserve. **Conclusion:** The TEDS promotes an increase in respiratory muscle strength and in some lung volumes in healthy subjects and / or patients with chronic diseases or post-operative recovery.

Keywords: Physical Therapy Modalities.. Electrical Stimulation. Diaphragm. Respiratory Therapy.

Introdução

A estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) ou estimulação frênica consiste em estimular o principal músculo inspiratório, o diafragma, através da aplicação de estímulos elétricos rítmicos de curta duração (duração do pulso entre 0,1 a 10 ms) utilizando-se eletrodos de superfície, de forma a produzir uma respiração artificial e fisiológica, promovendo uma pressão intrapleural negativa que pode influenciar tanto na ventilação pulmonar quanto no retorno venoso e no débito cardíaco.¹

Em relação aos parâmetros para aplicação da EDET em humanos, Geddes et al.²⁻⁵ propuseram a utilização do seguinte protocolo: corrente modulável com tempo de subida de 1 s; tempo de sustentação da contração de 1 s; tempo de relaxamento de 2 s; frequência da corrente entre 25 e 30 Hz; largura de pulso entre 0,1 e 10 ms; eletrodos fixados em pontos paraxifoideos ou intercostais na linha média axilar; intensidade mínima para obter a contração e tempo de estimulação de 20 minutos.

Existem diversas situações em que o suporte respiratório é temporariamente necessário e a EDET pode ser utilizada, algumas das indicações da técnica incluem: pacientes com insuficiência respiratória crônica (tetraplegia, poliomielite), ressuscitação de pacientes apneicos e como auxílio no processo de desmame em pacientes submetidos à ventilação mecânica (VM) artificial.^{6,7}

Contudo, apesar das definições de conceitos, parâmetros de aplicação e indicações, estudos relacionados à EDET são escassos, mesmo sabendo que

este recurso tem sido frequentemente utilizado na prática clínica da fisioterapia respiratória (FR). Na última década, no entanto, o interesse pelo tema tem aumentado entre pesquisadores da área, e investigações sobre o tema têm sido publicadas. Entretanto, busca pertinente na literatura especializada, não identificou estudos de revisão sistemática ou meta-análises sobre o tema. Dessa forma, a presente investigação objetivou realizar uma revisão sistemática de literatura para analisar os desfechos na força muscular respiratória e nos volumes e capacidades pulmonares propiciados pela utilização da EDET.

Materials e método

Esta revisão foi realizada de acordo com as diretrizes para realização de revisões sistemáticas PRISMA.⁸

Identificação e critérios de seleção

A busca dos artigos envolvendo o tema pretendido foi realizada nas bases de dados: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MedLine/PubMed) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). Os artigos foram obtidos por meio do cruzamento do descritor: “*electrical stimulation*”, com os descritores “*diaphragm*” OR “*respiratory muscles*” OR “*physical therapy*” por meio do operador booleano “*and*”, com base nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e seus correspondentes na língua inglesa *Medical Subject Headings*

(MeSH). Todas as referências dos estudos selecionados foram também revisadas para complementação da pesquisa.

A busca das referências se limitou a artigos publicados entre 2003 a 2013 e escritos em português, inglês ou espanhol.

Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos, ao final da análise, apenas os ensaios clínicos randomizados ou não que abordaram a aplicação de EDET como protocolo de FR em pacientes adultos saudáveis ou com patologias de quaisquer naturezas e que tivessem disponibilidade de texto livre completo em algum sítio da internet. Cartas, resumos, dissertações, teses, revisões de literatura e relatos de caso foram excluídos, bem como estudos que utilizaram crianças e/ou modelos animais.

Estratégia de seleção

Para a seleção dos artigos, inicialmente foi realizada a avaliação dos títulos relacionados ao tema em questão. Essa seleção foi baseada nos títulos que tiveram como ideia principal a aplicação de EDET como protocolo de FR, ou parte deste, em pacientes com patologias de diferentes etiologias, ou indivíduos saudáveis, e títulos que apresentaram os termos “fisioterapia” e “EDET” ou alguma informação referente a essas palavras. Ao final da busca, foram excluídos os títulos similares (já que a busca foi realizada em diversas bases de dados). Em seguida, foi realizada a leitura detalhada dos resumos dos artigos, a fim de selecionar aqueles que abordassem exclusivamente a aplicação de EDET pela FR. Foram excluídos os resumos que não abordavam o tema em questão; os textos completos foram avaliados e os que se enquadraram nos critérios de inclusão foram incluídos como resultado da busca.

Avaliação da validade e do nível de evidência dos estudos

Os artigos identificados na estratégia de busca tiveram seu título e resumo avaliado por dois pesquisadores de forma independente e “cega”, sendo que, em caso de discordâncias, um terceiro pesquisador sênior decidiu pela inclusão ou exclusão do texto. Os estudos que contemplaram os critérios de inclusão foram avaliados pela escala PEDro.⁹ Essa escala foi desenvolvida pela Associação Australiana de Fisioterapia e visa avaliar a qualidade dos ensaios clínicos aleatorizados publicados, de forma a guiar os usuários sobre os aspectos meritórios de cada publicação

e a facilitar a identificação rápida de estudos que contenham informações suficientes para a prática profissional.

A escala PEDro avalia os ensaios por meio de 11 itens preestabelecidos. O primeiro item é um critério adicional e representa a validade externa (ou “potencial de generalização” ou “aplicabilidade” do estudo clínico), não sendo incluído no escore total da escala. Os demais itens analisam dois aspectos da qualidade do artigo: a validação interna (itens 2 a 9) e se o artigo contém informações estatísticas suficientes para que os resultados possam ser interpretados (itens 10 e 11). Esses itens são qualificados em “aplicável” ou “não aplicável”, gerando um escore total que varia entre zero e 10 pontos.¹⁰

Os artigos selecionados foram analisados e classificados como de “alta qualidade” quando alcançaram escore ≥ 4 pontos na escala PEDro, ou como de “baixa qualidade” quando obtiveram escore < 4 na referida escala.¹¹ Cabe salientar que a pontuação da escala PEDro não foi utilizada como critério de inclusão ou de exclusão dos artigos, mas como um indicador de evidência científica dos estudos.

Os artigos incluídos foram também classificados de acordo com os níveis de evidências das publicações científicas e seus respectivos graus de recomendação, de acordo com a classificação do *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*.¹²

Análise dos dados

Os dados foram descritos de forma qualitativa e suas principais informações (autor, características da amostra, intervenção, tempo de intervenção, principais variáveis analisadas e desfechos significativos) apresentadas em forma de tabelas.

Resultados

A busca nas bases de dados resultou em 565 artigos, dos quais 559 artigos foram excluídos, após análise realizada por dois pesquisadores, por apresentarem duplicidade em bases de dados ou por não possuírem os critérios metodológicos estipulados por esta revisão (Figura 1).

Na Tabela 1 encontram-se as informações referentes aos escores obtidos pelos seis ensaios clínicos selecionados, de acordo com a escala PEDro. Pode-se observar que quatro estudos atingiram pontuação ≥ 4 pontos na escala PEDro, sendo classificados como de boa qualidade metodológica, segundo os critérios de Van Peppen et al¹¹.

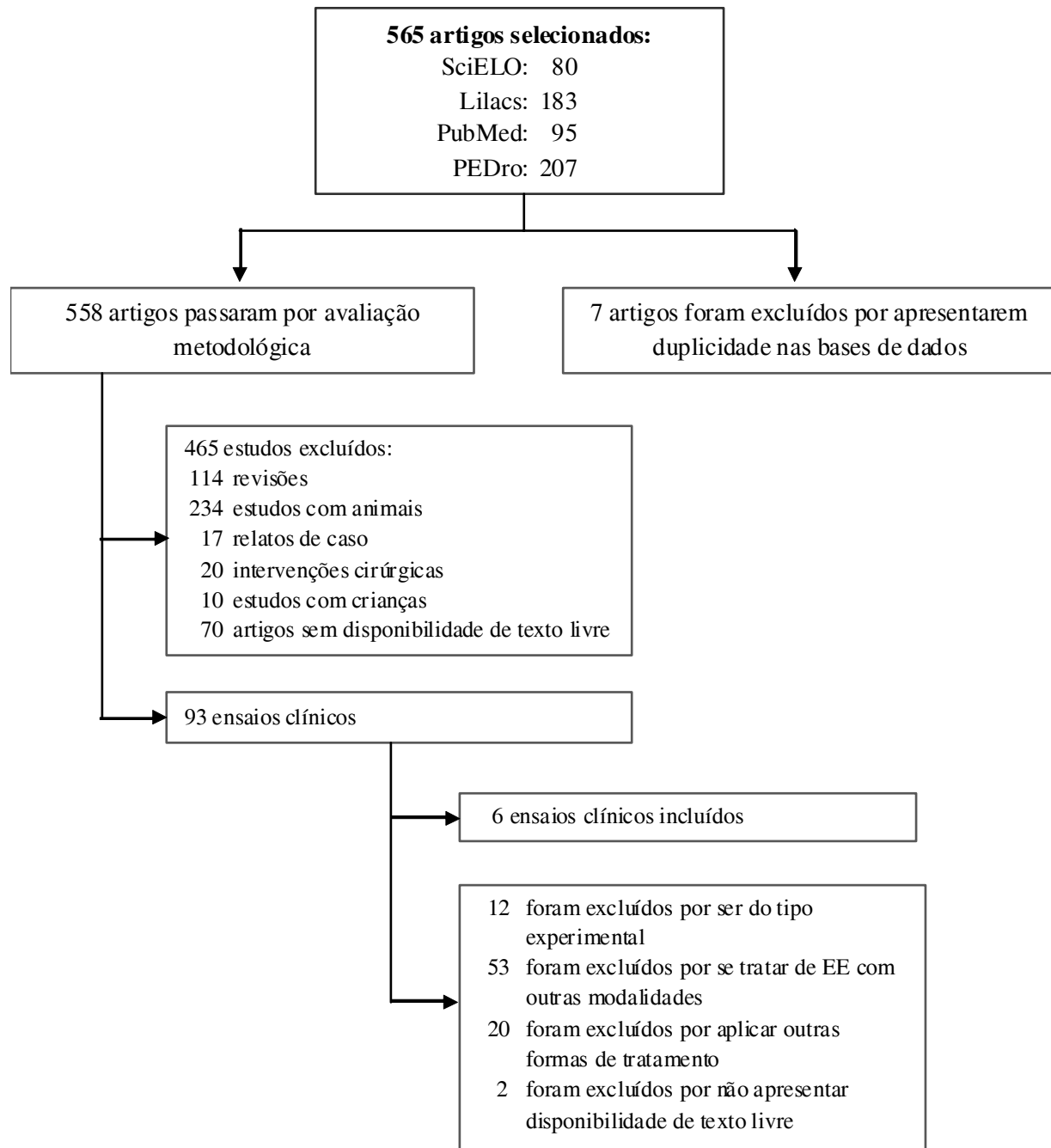


Figura 1: Fluxograma de estratégia de busca dos artigos.
EE: estimulação elétrica; EDET: estimulação diafragmática elétrica transcutânea.

Quanto aos níveis de evidência pela classificação da *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*¹², foi possível observar que os estudos apresentaram grau de recomendação C e obtiveram nível de evidência baixo, variando entre 2B a 4 (Tabela 2).

A presente revisão contemplou a inclusão de seis ensaios clínicos¹³⁻¹⁸ (Tabela 3), os quais abordaram a aplicação de EDET em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)^{13,16}, idosos sedentários¹⁴, fortalecimento muscular de adultos jovens

Tabela 1: Classificação dos ensaios clínicos segundo a escala PEDro.

Escala PEDro	Estudos					
	Cancelliero et al.	Santos et al. ¹⁴	Cancelliero et al. ¹⁵	Nohama et al. ¹⁶	Costa et al. ¹⁷	Peres e Kojina ¹⁸
1. Critérios de elegibilidade	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
2. Distribuição aleatória	0	0	1	0	1	0
3. Alocação secreta dos sujeitos	0	0	0	0	0	0
4. Semelhança inicial entre os grupos	1	1	1	1	1	1
5. "Cegamento" dos sujeitos	0	0	0	0	0	0
6. "Cegamento" dos terapeutas	0	0	0	0	0	0
7. "Cegamento" dos avaliadores	0	0	1	0	0	0
8. Acompanhamento adequado	1	1	1	0	1	0
9. Análise da intenção de tratamento	0	0	0	0	0	0
10. Comparações intergrupos	1	1	1	1	1	1
11. Medidas de precisão e variabilidade	1	1	1	1	1	0
Score Total	4/10	4/10	6/10	3/10	5/10	2/10

1 para itens contemplados e 0 para itens não contemplados. Fonte dos dados: <http://www.pedro.org.au>

Tabela 2: Classificação do nível de evidência dos ensaios clínicos segundo a classificação de *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*¹².

Autor	Grau de recomendação	Nível de evidência
Cancelliero et al. ¹³	C	2C
Santos et al. ¹⁴	C	3B
Cancelliero et al. ¹⁵	C	2B
Nohama et al. ¹⁶	C	2C
Costa et al. ¹⁷	C	2B
Peres e Kojina ¹⁸	C	4

saudáveis¹⁵, pacientes obesos em pós-operatório (PO) de cirurgia bariátrica¹⁷ e pacientes em PO de cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM)¹⁸.

O tamanho amostral variou entre cinco e 44 sujeitos, de ambos os gêneros, sendo que no total foram analisados 105 indivíduos, com idade variando entre 20 e 75 anos. As variáveis de desfecho analisadas nesta revisão foram a força muscular respiratória avaliada pela pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e

pressão expiratória máxima (PE_{máx}), os volumes pulmonares como volume corrente (VC), volume minuto (VM), volume de reserva inspiratório (VRI), volume de reserva expiratório (VRE) e as capacidades pulmonares capacidade vital (CV), capacidade vital forçada (CVF), capacidade inspiratória (CI) avaliados pela ventilometria e espirometria. Além desses, os estudos incluídos analisaram outras variáveis como expansibilidade toracoabdominal avaliada pela cirtometria (axilar, xifoideana e abdominal); parâmetros hemodinâmicos frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SpO₂), pressão arterial (PA); e a qualidade de vida por meio do Questionário do Hospital St. George sobre problemas respiratórios (SGRQ).

Entre os estudos analisados, verificou-se similaridade nas características da eletroestimulação aplicada, no que tange à modulação do aparelho, tempo de aplicação da técnica e posicionamento dos eletrodos (Tabela 4). Pode-se verificar que a maioria dos ensaios clínicos aplicou EDET com frequência de 30Hz, largura de pulso de 0,4ms, tempo de subida de 0,7 segundos, frequência respiratória de 14rpm, com intensidade necessária para contração visível e duração de cada sessão de 30 minutos.

Tabela 3: Características dos ensaios clínicos selecionados, publicados entre 2003 a 2013, abordando aplicação de EDET

Autor	Características da amostra	Intervenção	Tempo de intervenção	Principais variáveis	Desfechos significativos (p<0,05)
Cancellero et al. ¹³	8 pacientes com DPOC; média de idade de 68,5 ± 6,2 anos; 6 do sexo masculino	EDET modelo Phrenics, equipamento Dualpex 961 (Quark®, Brasil), corrente elétrica pulsada, bifásica e simétrica até contração muscular diafragmática visível	2 x por semana, durante 6 semanas	PI _{máx} ; PE _{máx} ; Cirtometria (axilar, xifoideana e abdominal); CV; CVF; VVM; VEF ₁ ; VEF ₁ /CVF	Aumento da PI _{máx} , PE _{máx} , mobilidade toracoabdominal axilar, xifoideana e abdominal
Santos et al. ¹⁴	21 idosos saudáveis do sexo masculino, média de idade de 70,86 ± 4,33 anos; não fumantes; não praticantes de EF regulares	GC (n=7): receberam EDET modelo Phrenics, equipamento Dualpex no limiar sensitivo, sem provocar contração muscular; GE (n=14): receberam EDET que promoveu contração muscular palpável	1x por dia, 30 minutos cada sessão, 5 dias por semana, durante 2 semanas	PI _{máx} ; PE _{máx} ; VC; VM; CI; CV	Incremento na PI _{máx} , PE _{máx} e VC no GE
Cancellero et al. ¹⁵	21 mulheres jovens saudáveis; idade entre 20 a 35 anos; hemodinamicamente estáveis	GC (n=7): não recebeu intervenção; GEI (n=7): receberam EDET com aparelho Phrenics, equipamento Dualpex; GEII (n=7): receberam EDET com aparelho Dualpex até contração muscular visível	2x por semana, 30 minutos cada sessão, durante 6 semanas	PI _{máx} PE _{máx}	Aumento na PI _{máx} e na PE _{máx} no GEI e GEII
Nohama et al. ¹⁶	6 pacientes com DPOC; idade entre 56 a 71 anos; ambos os sexos; com relação VEF ₁ /CVF e VEF ₁ < 60%	EDET modelo Phrenics, equipamento Dualpex, realizada na posição Fowler, onda estimulatória com perfil trapezoidal, até contração muscular visível	10 sessões de 20 minutos cada	PI _{máx} ; PE _{máx} ; CV; CVF; VVM; VEF ₁ ; VEF ₁ /CVF; questionário de qualidade de vida SGQR	Incremento na PI _{máx} , PE _{máx} ; melhora da QV nos domínios sintoma, atividade e impacto

(continuação) **Tabela 3:** Características dos ensaios clínicos selecionados, publicados entre 2003 a 2013, abordando aplicação de EDET

Autor	Características da amostra	Intervenção	Tempo de intervenção	Principais variáveis	Desfechos significativos (p<0,05)
Costa et al. ¹⁷	44 pacientes do sexo feminino; média de idade de 37,4±8,1 anos; obesas mórbidas, submetidas a CB; não fumantes; não praticantes de EF	FRC (n=22): ER diafragmáticos, exercícios de inspirações profundas e fracionadas em 2 e 3 tempos e ER associados a flexão do ombro com extensão dos MMSS; FRC+EDET (n=22): idem ao FRC + EDET equipamento Phrenix Dualpex com intensidade suficiente para promover contração palpável do diafragma	1.º ao 3.º dia de PO, 2x ao dia, totalizando 6 sessões	VRI; VRE; CI; Cirtometria (axilar, xifoideana e abdominal)	Aumento de VRI, VRE, mobilidade toracoabdominal axilar, xifoideana e abdominal no grupo FRC+EDET
Peres e Kojina ¹⁸	5 pacientes submetidos a CRM; média de idade de 58,8 anos; 60% do sexo masculino	FRC + EDET modelo Phrenics, equipamento Dualpex, por um período de 15 minutos/sessão, indivíduo em DD e intensidade necessária para contração muscular diafragmática referida	10 sessões do 2.º ao 5.º PO, com duração de 50 minutos cada	PI _{máx} ; PE _{máx} ; CV; VEF ₁ ; IT	Redução da PI _{máx} no 2.º PO; aumento da PI _{máx} no 5.º PO

Abreviaturas: EDET: estimulação diafragmática elétrica transcutânea; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica; PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; CV: capacidade vital; CVF: capacidade vital forçada; VVM: ventilação voluntária máxima; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF₁/CVF: relação entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo e a capacidade vital forçada; EF: exercícios físicos; GC: grupo controle; GE: grupo experimental; n: número; VC: volume corrente; VM: volume minuto; CI: capacidade inspiratória; SGQR: Questionário do Hospital St. George sobre problemas respiratórios; QV: qualidade de vida; CB: cirurgia bariátrica; FRC: fisioterapia respiratória convencional; ER: exercícios respiratórios; VRI: volume de reserva inspiratório; VRE: volume de reserva expiratório; MMSS: membros superiores; PO: pós-operatório; CRM: cirurgia de revascularização do miocárdio; DD: decúbito dorsal; IT: Índice de Tiffenau

Tabela 4: Características da eletroestimulação nos ensaios clínicos analisados

Modulação da eletroestimulação	Cancelliero et al. ¹³	Santos et al. ¹⁴	Cancelliero et al. ¹⁵	Nohama et al. ¹⁶	Costa et al. ¹⁷	Peres e Kojina
Frequência (Hz)	30	30	30	2,04	30	30
Largura de pulso (ms)	0,4	1,2	0,4	90 µs	1,2	1,2
Tempo de subida (segundos)	0,7	0,7	0,7	500 ms	0,7	0,7
Frequência respiratória (rpm)	14	14	15	Não informada	14	Não informada
Intensidade	Contração visível	Contração visível	Contração visível	Contração visível	Contração visível	Contração visível
Duração da sessão (minutos)	30	30	30	20	30	15
Posicionamento dos eletrodos (bilateralmente)	2 no 3. ^o EIC; 2 no 7. ^o EIC, na linha axilar média	2 na região paraesternal, ao lado do processo xifóide; 2 entre o 6. ^o e 7. ^o EIC, nas linhas axilares anterior	2 na região paraxifoidea no 3. ^o EIC; 2 na linha axilar média, região do 7. ^o EIC	4 na região paraxifoidea entre o 7. ^o e 8. ^o EIC	1 par na região paraesternal, ao lado do processo xifóide; 1 par no 6. ^o e 7. ^o EIC	1 do tipo caneta, entre o 6. ^o e o 8. ^o EIC esquerdo; 1 do tipo adesivo, na 2. ^a vértebra lombar

Abreviaturas: Hz: hertz; ms: milissegundos; rpm: respirações por minuto; EIC: espaço intercostal;

Dos seis estudos, cinco demonstraram aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) da PImáx e da PEmáx, um demonstrou incremento significativo do VC e outro verificou aumento com significância estatística no VRI e VRE.

Discussão

A maioria dos estudos analisados na presente investigação demonstrou que a aplicação de EDET promoveu incremento significativo da força muscular respiratória tanto inspiratória quanto expiratória e, dois estudos verificaram também, aumento significativo nos volumes pulmonares. Houve semelhanças nos protocolos de aplicação da eletroestimulação na maioria dos ensaios, demonstrando que aplicações de EDET com frequência de 30Hz, largura de pulso entre 0,4 a 1,2ms, tempo de subida de 0,7 segundos, com frequência respiratória de 14 rpm, intensidade programável até contração muscular diafragmática visível e confortável, em sessões com duração de 30 minutos, são seguras e apresentam bons resultados terapêuticos.

Os estudos inseridos nesta revisão demonstram que a aplicação de EDET promoveu incremento significativo na força muscular respiratória, avaliada pela PImáx e PEmáx, em indivíduos com patologias como a DPOC^{13,16}, idosos e mulheres saudáveis^{14,15} e pacientes em PO de CRM¹⁸. Cabe salientar que a força muscular respiratória foi a variável escolhida para observar o efeito da EDET, pois esse recurso tem efeito específico sobre ela, mais particularmente na força inspiratória, pelo fato de a corrente elétrica objetivar a contração do músculo diafragma.

Dois estudos analisaram a utilização da EDET em pacientes com DPOC^{13,16}, com base nas evidências que nestes pacientes a função muscular respiratória e a função mecânica da cavidade torácica são severamente afetadas¹³. Em vista das alterações musculares, a aplicação da EDET em pacientes com DPOC se torna um importante tratamento coadjuvante. Este resultado está relacionado com as alterações no tipo de fibra muscular promovido pela estimulação elétrica, pois, um estudo experimental prévio, demonstrou aumento nas fibras tipo IID do músculo diafragma, com redução nas fibras tipo I, sem altera-

ção das fibras IIA e IIB em ratos com DPOC submetidos a tratamento com EDET¹⁹.

Outros dois ensaios verificaram efetividade da aplicação de EDET na força muscular respiratória em idosos sedentários saudáveis¹⁴ e mulheres jovens saudáveis¹⁵. Santos et al.¹⁴ demonstraram que mesmo com o declínio fisiológico do sistema respiratório oriundo do envelhecimento, o treinamento com EDET pode ser uma ferramenta efetiva na fisioterapia respiratória, promovendo melhora no desempenho energético e aumento de força do músculo diafragma em idosos. Cancellero et al.¹⁵ também apontaram efetividade da EDET no incremento da P_{Imáx} e P_{Emáx} em mulheres jovens saudáveis, demonstrando que este recurso deve ser incorporado na prática clínica da FR.

É importante destacar que, apesar da EDET ser um recurso específico para melhorar a performance da musculatura inspiratória, os estudos analisados demonstraram aumento também na força muscular expiratória. Tal fato se deveu provavelmente, à sobreposição da região estimulada, pois a alta densidade da corrente no campo elétrico gerado pode ter gerado um amplo campo elétrico, suficiente para estimular ambos os compartimentos.¹⁵ No caso da estimulação diafragmática, possivelmente a corrente elétrica estimule também a parede abdominal, pela localização dos eletrodos, fato que justifica o aumento também da força muscular expiratória.¹⁵

Peres e Kojina¹⁸ utilizaram a EDET, associada ao tratamento fisioterapêutico na fase pós-operatória de indivíduos submetidos à revascularização do miocárdio e conseguiram demonstrar um efeito benéfico sobre a força muscular inspiratória. Os autores relatam que apesar de não ter sido encontrado uma recuperação total da força muscular inspiratória em relação ao pré-operatório, considera-se uma alteração positiva, já que, a força diafragmática sofre alterações após a cirurgia cardíaca e pode permanecer reduzida até 14 dias pós-cirúrgicos.

No que tange aos volumes e capacidades pulmonares, dois estudos^{14,17} demonstraram benefícios da intervenção com a EDET. No trabalho de Santos et al.¹⁴ com idosos saudáveis, verificou-se incremento do VC após o treinamento com estimulação diafragmática, o que, segundo os autores, pode estar relacionado com o ganho de força muscular, que pode ter levado a musculatura respiratória a realizar contrações mais efetivas, facilitando a ventilação pulmonar e ampliando o VC.

Já, Costa et al.¹⁷ foram os únicos autores a analisar as repercussões da EDET especificamente nos volumes pulmonares, em pacientes obesas submetidas à cirurgia bariátrica. Os autores demonstraram que as pacientes submetidas ao recurso no PO apresentaram maior ganho nos VRI e VRE em comparação àquelas tratadas apenas com FR convencional, e atribuem tais achados ao fato de indivíduos obesos já apresentarem redução do VRE e da capacidade residual funcional (CRF), sobretudo quando permanecem na posição vertical, determinando alterações da ventilação e perfusão ou mesmo áreas de *shunt* pulmonar, com hipoxemia subsequente. Além disso, a intervenção cirúrgica também leva a diminuição nos volumes pulmonares no período PO, nesse sentido, provavelmente a aplicação da EDET pode ter prevenido a redução do VRI e do VRE no PO, pois essa técnica promove um incremento da contração do músculo diafragma que, associada à descompressão do abdome pela cirurgia bariátrica e pela perda do excesso de gordura pode ter sido decisiva para tal prevenção.

Em síntese, a análise dos estudos selecionados demonstrou que a aplicação de EDET causa incremento significativo na força muscular respiratória e em alguns volumes pulmonares. Desta forma este recurso pode ser incluído no arsenal terapêutico da FR, que dispõe de inúmeras técnicas para o tratamento de pacientes portadores de patologias diversas, porém, ainda carece de comprovação científica quanto aos níveis de evidência dos mesmos.^{20,21}

O presente estudo apresentou algumas limitações importantes no que se refere à não identificação adequada do impacto da intervenção com EDET em longo prazo para identificar se os ganhos obtidos são permanentes ou não; o reduzido número amostral dos estudos analisados; a inclusão de estudos com amostras distintas no que se refere ao estado fisiológico saudável/patológico; o uso da classificação PEDro, que pode hiperestimar a qualidade dos estudos visto que a pontuação quatro é considerada como ponto de corte para alta qualidade; a exclusão de dois ensaios clínicos por dificuldade para obtenção dos mesmos e a utilização apenas de artigos com disponibilidade livre na internet. Além disso, também se pode citar o período definido para a revisão, entre 2003 a 2013, como fator limitante, pois potencialmente, excluiu estudos clássicos sobre a temática, publicados anteriormente.

Conclusão

Em suma, a análise metodológica realizada nesta revisão demonstrou evidências que a aplicação de estimulação diafragmática elétrica transcutânea promove desfechos favoráveis na força muscular respiratória e nos volumes pulmonares, tanto em indivíduos saudáveis quanto em pacientes com doenças crônicas ou em pós-operatório de cirurgias. Contudo, os níveis dessas evidências são baixos e a ausência de uma meta-análise, predispõe a necessidade de novos estudos, com desenhos metodológicos específicos.

Referências

1. Silva DAL. Estimulação diafragmática elétrica transcutânea em humanos sadios: repercussões hemodinâmicas [dissertação]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2003.
2. Geddes LA, Voorhees WD, Bouland JD. Optimum stimulus frequency for contracting the inspiratory muscle with chest-surface electrodes to produce artificial respiration. *Ann Biomed Eng.* 1990;18:103-8.
3. Geddes LA, Voorhees WD, Babbs CF. Electroventilation, Proc. 5th Purdue Conf. CPR & Defibrillation. *Am J Emerg Med.* 1985;3:337-9.
4. Geddes LA, Voorhees WD, Lagler R, Riscili C, Foster K, Bourland JD. Electrically produced artificial ventilation. *Med Instrum.* 1988;22:263-71.
5. Geddes LA, Simmons A. Artificial respiration in the dog by percutaneous bilateral phrenic nerve stimulation. *Am J Emerg Med.* 1991;9:527-9.
6. Hon EH, Hulme GW. An electronic resuscitator for possible use in asphyxia neonatorum. *Yale J Biol Med.* 1958;31:57-73.
7. Cuello AF, Masciantonio L, Mendoza SM. Estimulação diafragmática elétrica transcutânea. *Med Intensiva.* 1991;8:194-202.
8. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Phys Ther.* 2009;89:873-80.
9. Physiotherapy Evidence Database (PEDro) [Internet]. [cited 2011 Sept 7] Available from: <http://www.pedro.org.au>
10. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* 2003;83:713-21.
11. Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJ, Van der Wees PJ, Dekker J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil.* 2004;18:833-62.
12. Centre for Evidence-based Medicine - Levels of evidence (March 2009). Produced by Bob Phillips, Chris Ball, Dave Sackett, Doug Badenoch, Sharon Straus, Brian Haynes, Martin Dawes since November 1998. Updated by Jeremy Howick March 2009. [cited 2013 Nov 22] Available from: <http://www.cebm.net/?O=1025>
13. Cancelliero KM, Ike D, Costa D. Efeito da estimulação diafragmática elétrica transcutânea em parâmetros respiratórios de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *Fisioter Pesqui.* 2013;20:322-9.
14. Santos LA, Borgi JR, Daister JLN, Pazzinotto-Forti EM. Efeitos da estimulação diafragmática elétrica transcutânea na função pulmonar em idosos. *Rev Bras Geriatr Gerontol.* 2013;16:495-502.
15. Cancelliero KM, Ike D, Sampaio LMM, Santos VLM, Stirbulov R, Costa, D. Estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) para fortalecimento muscular respiratório: estudo clínico controlado e randomizado. *Fisioter Pesqui.* 2012;19:303-8.
16. Nohama P, Jorge RF, Valenga MH. Efeitos da estimulação diafragmática transcutânea sincronizada em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC): um estudo piloto. *Braz J Biom Eng.* 2012;28:103-15.
17. Costa D, Forti EMP, Barbalho-Moulim MC, Rasera-Junior I. Estudo dos volumes pulmonares e da mobilidade toracoabdominal de portadoras de obesidade mórbida, submetidas à cirurgia bariátrica, tratadas com duas diferentes técnicas de fisioterapia. *Rev Bras Fisioter.* 2009;13:294-300.
18. Peres P, Kojina TY. Uso de eletroestimulação transcutânea diafragmática em pós-operatório de revascularização do miocárdio. *Saúde Pesq.* 2009;2:53-7.
19. Costa D, Cancelliero KM, Campos GE, Salvini TF, Silva CA. Changes in types of muscle fibers induced by transcutaneous electrical stimulation of the diaphragm of rats. *Braz J Med Biol Res.* 2008;41:809-11.
20. Ferreira LL, Valenti VE, Vanderlei LC. Chest physiotherapy on intracranial pressure of critically ill patients admitted to the intensive care unit: a systematic review. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2013;25:327-33.
21. Ferreira LL, Souza NM, Ricci-Vitor AL, Bernardo AFB, Valenti VE, Vanderlei LC. Noninvasive mechanical ventilation in the postoperative cardiac surgery period: update of the literature. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012;27:446-52.