

Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular sobre a mobilidade diafragmática de pacientes críticos: ensaio clínico randomizado

Effects of electrical stimulation neuromuscular on mobility critical patients diaphragmatic in mechanical ventilation invasive: randomized controlled trial

Amanda Sachetti¹; Ana Maria Dal'Acqua²; Fernando de Aguiar Lemos³; Wagner da Silva Naue⁴; Laura Jurema dos Santos⁵; Tanara Bianchi⁶; Alexandre Simões Dias⁷

¹Fisioterapeuta, Doutoranda em Ciências do Movimento Humano pela UFRGS. Preceptora do Programa de Residência Multiprofissional do Hospital da Cidade de Passo Fundo – HCP5. Passo Fundo, RS – Brasil.

²Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Pneumológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS - Brasil.

³Educador Físico, Doutor em Ciências do Movimento Humano pela UFRGS. Docente da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Petrolina, PE - Brasil.

⁴Fisioterapeuta, Doutor em Medicina pela UFRGS. Fisioterapeuta do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Docente Adjunto da Faculdade Cenecista de Osório - FACOS. Osório, RS - Brasil.

⁵Fisioterapeuta, Doutora em Ciências da Saúde pela UFRGS. Docente do curso de Fisioterapia da Universidade Luterana do Brasil. Vice Coordenadora do Comitê de Ética da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA. Canoas, RS - Brasil.

⁶Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Pneumológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS – Brasil.

⁷Fisioterapeuta, Doutor em Ciências Biológicas pela UFRGS. Docente do curso de Fisioterapia e dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas e Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS – Brasil.

Endereço para Correspondência

Amanda Sachetti
Rua Harry Becker, 567 – Bairro Santa Maria
99070-190 - Passo Fundo - RS [Brasil]
amandasachetti@gmail.com

Resumo

Introdução: Fraqueza muscular é um dos principais problemas nos pacientes em ventilação mecânica invasiva e, para atenuar esta co-morbidade a Eletroestimulação Neuromuscular (EENM) vêm sendo estudada. **Objetivos:** verificar os efeitos da EENM na mobilidade diafragmática e associação entre esta e músculos acessórios da respiração em pacientes críticos. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado (ECR), 24 pacientes ventilados mecanicamente, randomizados em: intervenção (G1) e placebo (G2). EENM aplicada 1 vez/dia, 30 minutos, nos músculos peitorais e reto abdominais utilizando ultrassonografia para análise de espessura. **Resultados:** diferença significativa (G1) na mobilidade diafragmática expiratória ($p=0,015$), correlação direta entre reto abdominal e peitoral ($r_s=0,607$ e $p=0,048$), reto abdominal e incursão diafragmática ($r_s = 0,609$ e $p=0,047$), bem como a mobilidade diafragmática (entre incursão e excursão) ($r_s=0,920$ e $p<0,001$) e da excursão diafragmática e espessura diafragmática ($r_s=0,607$ e $p=0,048$). **Conclusão:** Nesta amostra houve melhora na mobilidade diafragmática e correlação entre musculaturas estudadas, sugerindo preservação da mobilidade diafragmática no grupo eletroestimulado. **Clinical Trials:** NCT02298114

Descritores: Estimulação Elétrica; Unidades de Terapia Intensiva; Ultrassonografia, Respiração Artificial; Fisioterapia.

Abstract

Introduction: Muscle weakness is one of the problems in patients with invasive mechanical ventilation, and in order to mitigate this comorbidity Neuromuscular Electro-stimulation (NMES) has been studied. **Objectives:** to verify the effects of NMES on diaphragmatic mobility and its association with accessory breathing muscles in critically ill patients. **Methods:** Randomized clinical trial (RCT), 24 mechanically ventilated patients, randomized into: intervention (G1) and placebo (G2). NMES applied 1 time / day, 30 minutes, in the pectoral and recumbent abdominal muscles using ultrasound for analysis of thickness. **Results:** significant difference (G1) in expiratory diaphragmatic mobility ($p = 0.015$), direct correlation between abdominal and pectoral rectus ($rs = 0.607$ and $p = 0.048$), abdominal rectus and diaphragmatic incursion ($rs = 0.609$ and $p = 0.047$), as well as ($rs = 0.920$ and $p < 0.001$) and diaphragmatic excursion and diaphragmatic thickness ($rs = 0.607$ and $p = 0.048$). **Conclusion:** In this sample there was improvement in diaphragmatic mobility and correlation between studied muscles, suggesting preservation of the diaphragmatic mobility in the electrostimulated group.

Key words: Electric Stimulation; Intensive Care Units; Ultrasound; Artificial Respiration; Physiotherapy.

Introdução

Com o exponencial crescimento das tecnologias e recursos para o tratamento de pacientes em UTI's, as taxas de sobrevivência vêm aumentando consideravelmente¹. Todavia as complicações decorrentes do quadro instalado também aumentam. Algumas são de fácil resolução, outras podem acompanhar o indivíduo por um longo período de tempo, gerando estadia prolongada e aumento nos custos hospitalares e ambulatoriais². Grosu e colaboradores³ apontam que aproximadamente 40% dos pacientes em UTI's necessitam de Ventilação Mecânica (VM) e, destes, 20 a 25% tem dificuldades na saída da VM, em virtude das complicações musculares e respiratórias causadas pela imobilização, demandando mais tempo e investimento para o cuidado. Ainda hoje a permanência dos indivíduos na UTI é sinônimo de gravidade apresentando taxas de mortalidade entre 5,4% a 33%^{4,5}. Tendo em vista que o sistema musculoesquelético é projetado para se manter em movimento, em apenas 7 dias de repouso no leito a força muscular é reduzida em 30%, com uma perda adicional de 20% a cada semana, sendo um preditor de mortalidade para estes pacientes⁶.

Levando em consideração tal situação, as investigações atuais em terapia intensiva no campo de atuação da fisioterapia estão direcionadas para aquelas relacionadas à reabilitação precoce de pacientes criticamente doentes, chamada então de mobilização precoce, sendo considerada uma intervenção segura e viável após a estabilização cardiorrespiratória e neurológica do paciente, e que raramente provoca reações adversas⁷. A mobilização precoce deve ser aplicada diariamente nos pacientes críticos internados em UTI's, tanto naqueles estáveis, que se encontram acamados e inconscientes (sob VM), quanto naqueles conscientes e que realizam a marcha independente⁷. Uma das técnicas que tem sido utilizada é a EENM, para diferentes grupos musculares⁸, com fins de prevenir a perda de massa muscular e/ou aumentá-la⁹, prevenir o desenvolvimento de polineuropatia¹⁰, preservar a síntese da proteína muscular e evitar a atrofia muscular durante períodos prolongados de imobilização¹¹. A EENM é de particular interesse na UTI, pois a perda de massa muscular é rápida e mais grave do que em outras condições crônicas, além disso, a técnica pode ser utilizada facilmente em pacientes imobilizados e sedados.

Wageck e cols¹² realizaram uma revisão sistemática com 9 estudos com o objetivo estudar as aplicações e efeitos da EENM em pacientes críticos e concluíram que esta técnica promove manutenção da massa muscular. Ainda, outra revisão sistemática¹³ estudou os desfechos propiciados pela EENM em pacientes graves e concluíram que esta promove uma resposta benéfica em pacientes graves em terapia intensiva.

Este foi o primeiro estudo a avaliar os efeitos da EENM sobre a musculatura acessória da respiração, tendo em vista a importância desta para a saída da VM, sendo que a maioria das publicações até o presente momento, são voltadas à EENM de membros inferiores, mais especificamente quadríceps. Portanto, o presente estudo tem como objetivo principal verificar o efeito da eletroestimulação neuromuscular na mobilidade diafragmática de pacientes em ventilação mecânica invasiva e verificar a associação entre a espessura dos músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e a mobilidade diafragmática após um protocolo de EENM.

Este foi o primeiro estudo a avaliar os efeitos da EENM sobre a musculatura acessória da respiração, tendo em vista a importância desta para a saída da VM, sendo que a maioria das publicações até o presente momento, são voltadas à EENM de membros inferiores, mais especificamente quadríceps. Portanto, o presente estudo tem como objetivo principal verificar o efeito da eletroestimulação neuromuscular na mobilidade diafragmática de pacientes em ventilação mecânica invasiva e verificar a associação entre a espessura dos músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e a mobilidade diafragmática após um protocolo de EENM.

Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) (parecer número 353.996) e registrado no ClinicalTrials.gov (NCT02298114), sendo conduzido de acordo com os princípios da declaração de Helsinki e Boas Práticas Clínicas, além dos procedimentos seguirem as normas da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Ainda, este ECR foi desenvolvido conforme as normas do CONSORT (*Consolidated Standards Of Reporting Trials*).

Desenho do estudo

Ensaio Clínico Randomizado (ECR) duplo cego (paciente e avaliador cegados) onde foram incluídos pacientes com idade ≥ 18 anos, de ambos os gêneros, internados na Unidade de Terapia Intensiva do HCPA entre agosto de 2013 e agosto de 2014, entre 24 e 48 horas de VMI, proveniente da emergência ou unidade de internação, com no máximo 15 dias de internação hospitalar. Os critérios de exclusão foram pacientes com doenças neurológicas e neuromusculares, tais como acidente vascular encefálico, esclerose múltipla, esclerose lateral amiotrófica, miastenia gravis e Guillain Barré, portadores de marcapasso, com história de epilepsia, pós operatório com incisão abdominal ou peitoral ou ainda uso de bloqueadores neuromusculares por dois dias consecutivos ou mais também foram excluídos. Uso de drogas sedativas não foi utilizado como critério de exclusão de pacientes neste estudo.

Ao identificar um paciente elegível através do sistema informatizado do HCPA, o prontuário eletrônico foi consultado e em caso de inclusão, o responsável pelo paciente era convidado a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os dados clínicos e demográficos eram coletados do prontuário eletrônico.

Medidas de desfecho

O presente estudo tem como desfecho primário a verificação da associação entre a espessura dos músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e a mobilidade diafragmática após um protocolo de EENM, por meio de análise exploratória. Já como desfecho secundário, foi considerado o efeito da EENM sobre os músculos peitorais e abdominais e o tempo de internação hospitalar, tempo de VMI e taxa de reintubação.

Correlação entre as espessuras musculares

A avaliação da espessura muscular dos músculos peitorais e reto abdominais foi realizada através da ultrassonografia, antes de ini-

ciar o protocolo, onde foi avaliada a espessura muscular no lado dominante, bem como a mobilidade do músculo diafragma (incursão e excursão diafragmática). A ultrassonografia inicial foi realizada no primeiro dia de participação do indivíduo no estudo e repetida no sétimo dia do mesmo no protocolo ou até 24 horas após a extubação (o que ocorresse primeiro).

Para a avaliação da espessura muscular transversal, os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal, cabeça a 30° e por meio de uma sonda (3,5mm) de arranjo linear (Ultrasound probe linear array 7,5 MHz – em modo B; marca SONOSITE, Washington, USA) foram realizadas as análises. A sonda foi embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele¹⁴.

Os pontos para coleta das imagens foram determinados por meio de parâmetros anatômicos¹⁴.

- a) Peitoral: primeiramente foi obtido o ponto médio do esterno. A partir deste ponto a sonda era posicionada de forma oblíqua em direção à linha mamilar do lado dominante buscando-se a orientação de maior ventre muscular.
- b) Reto Abdominal: para medida do músculo reto abdominal foi adotada a medida de 2 centímetros lateral a cicatriz umbilical do lado dominante do paciente.

Após demarcações foi obtida uma imagem transversal ao qual foi possível visualizar os músculos peitorais e reto abdominal. Assim, para a avaliação da espessura muscular, foram feitas medidas entre a borda interna das aponeuroses superior e inferior dos músculos peitorais e reto abdominal.

Para a ultrassonografia da espessura muscular os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal. A sonda foi embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele e foi posicionada perpendicular ao diafragma, do

lado dominante do paciente, no espaço intercostal sobre a décima costela na linha anteroaxilar.

Para avaliação da mobilidade diafragmática foi utilizado o modo "M" do ultrassom e a sonda foi posicionada por meio da janela anatômica de análise do fígado entre posição medioclavicular e linha axilar anterior com direção cranial. Desta forma, a sonda foi posicionada medial, cranial e dorsal fazendo o feixe do ultrassom alcançar o terço posterior do diafragma^{15,16}. A mobilidade inspiratória foi considerada por meio da medida da altura vertical da base do início da inspiração até o ápice da inclinação no final da inspiração. Já, a mobilidade expiratória, foi considerada pela a altura vertical do ápice da inspiração até o retorno da base.

Todos os exames foram realizados pelo mesmo examinador, que esteve cegado para o grupo ao qual o paciente pertencia e também para a análise dos dados.

Para realização das correlações entre as musculaturas peitorais e reto abdominais, foi calculado um delta da espessura de cada músculo, considerando o valor da espessura muscular final subtraído pela inicial e este resultado dividido pela quantidade de dias que o indivíduo participou do protocolo, resultado considerado em centímetros (cm).

Caracterização da amostra

As informações para caracterização dos pacientes foram buscadas no prontuário ao inserir o indivíduo no estudo através de uma tabela criada pelos pesquisadores.

Variáveis de tempo

As informações para análise do tempo de internação hospitalar, tempo de VMI e taxa de reintubação foram buscadas no prontuário do indivíduo.

Randomização

A randomização foi realizada através do site www.randomization.com. Para manter o

sigilo da sequência de randomização, a mesma foi gerada por um avaliador cegado que foi contactado através do telefone após o indivíduo já ter sido incluído no estudo e pronto para iniciar o protocolo.

Os pacientes foram divididos em dois grupos: grupo intervenção (G1) e grupo placebo (G2). O grupo intervenção realizou EENM (1 vez ao dia) associada a fisioterapia convencional (2 vezes ao dia), iniciando o protocolo 24 horas após intubação até o 7º dia do indivíduo no protocolo ou extubação (o que tivesse ocorrido primeiro) ou óbito. O grupo controle realizou EENM placebo (1 vez ao dia) associada a fisioterapia convencional (2 vezes ao dia).

A aplicação da EENM foi realizada por um pesquisador treinado e a fisioterapia convencional foi realizada pela equipe da UTI, objetivando a padronização das condutas. Para padronização da técnica de desmame foi utilizado o protocolo adotado pelo setor aonde as coletas foram realizadas, sendo que o paciente é submetido a teste de respiração espontânea por um período de 30 a 120 minutos e, conforme parâmetros clínicos, é extubado. O desmame considerado como de sucesso ocorre após 48 horas sem necessidade de reintubação.

Intervenções

Grupo Intervenção

A EENM foi realizada com um estimulador elétrico da marca Ibramed®, modelo Neurodyn II, 4 canais, São Paulo/Brasil. Os eletrodos foram colocados nos pontos motores dos músculos: peitorais (fibras do músculo peitoral maior) e reto abdominais (bilateralmente) com um segundo eletrodo posicionado distalmente ao primeiro, em uma localização conveniente perto do músculo que estava sendo eletroestimulado.

A sessão teve duração de 30 minutos, sofrendo incremento de 1 minuto a cada dois dias. Os parâmetros utilizados foram 50 hertz (Hz) de frequência, duração de pulso de 300 microsegundos, tempo de subida de 1 segundo,

tempo de estímulo (ON) de 3 segundos, tempo de descida de 1 segundo e tempo de relaxamento (OFF) de 10 segundos. A intensidade foi aumentada até visualização ou palpação de contração muscular, ou ainda em pacientes acordados ajustada conforme tolerância do mesmo.

A fisioterapia convencional foi realizada pelos fisioterapeutas do serviço de fisioterapia do HCPA com tempo de experiência profissional entre 2 e 10 anos, sendo a frequência de realização 2 vezes ao dia, 30 minutos. O protocolo consistiu de diagonais funcionais do método de facilitação neuromuscular proprioceptiva (duas séries de 10 repetições cada diagonal bilateral), para pacientes não sedados e, para sedados, realizadas mobilizações passivas e alongamento global. Ainda, exercícios manuais para higiene brônquica, tais como: vibrocompressão, manobras com ambú (*bag squeezing*) e aspiração de secreções quando necessário.

Grupo Placebo

Esse grupo seguiu o mesmo protocolo do grupo intervenção, exceto que a EENM foi placebo, isto é, a intensidade foi ajustada somente até o nível sensorial (sem provocar contrações musculares visíveis ou palpáveis).

A partir do 7º dia do protocolo ou após a extubação (o que ocorresse primeiro), o paciente foi reavaliado pelos mesmos instrumentos e permaneceu recebendo atendimentos de fisioterapia respiratória e motora convencionais pelos profissionais do setor, até alta da UTI.

Cálculo Amostral

O cálculo amostral foi previamente realizado por meio de um estudo piloto com dez pacientes para as variáveis: massa muscular de peitoral e reto abdominal, que foram eleitas como desfechos primários, através do programa Winpepi versão 11.43. Foi utilizado um tamanho de efeito de 1,5 desvios padrões entre os grupos, nível de significância de 5% e poder de 80%. A diferença de médias de espessura

muscular esperada foi de 5%. O maior tamanho amostral encontrado foi para espessura muscular de peitorais, totalizando mínimo de 18 pacientes, 9 para cada grupo, porém foram incluídos todos os pacientes elegíveis dentro do período de um ano, estipulado para coleta de dados.

Análise Estatística

Foi realizada análise por protocolo, as variáveis contínuas foram descritas como média e desvio padrão ou mediana e amplitude interquartil e as categóricas por frequências absolutas e relativas. Para comparar médias entre os grupos, o teste *t-student* para amostras independentes foi aplicado, teste Qui-Quadrado ou Exato de Fisher (quando mais que 25% das células apresentaram frequência esperada < 5) foi utilizado para dados qualitativos. Em caso de assimetria utilizamos o teste de Mann-Whitney e para avaliação da associação entre as variáveis contínuas, o teste da correlação linear de Spearman foi realizado. Para este as variáveis foram ajustadas através de delta do valor final subtraído pelo valor inicial, sendo este resultado dividido pelo tempo, em dias. Na associação com as variáveis categóricas o teste exato de Fisher foi aplicado. O nível de significância adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$) e as análises foram realizadas no programa SPSS versão 18.0. Para a análise por protocolo foram excluídos pacientes que foram extubados em menos de 48 horas após ser incluídos no estudo e que apresentaram complicações durante o protocolo, tais como: pneumotórax, necessidade de reintubação, desmame prolongado (falha em 3 testes de ventilação espontânea), índice de massa corpórea (IMC) $> 35 \text{ kg/m}^2$, instabilidade hemodinâmica (noradrenalina $> 0,5 \text{ mc/kg/min}$ para uma pressão arterial média $> 60 \text{ mmHg}$).

Foi realizada também análise por intenção de tratar por meio de imputação de dados perdidos considerando a medida anterior à faltante e não houve diferença entre as duas modalidades de análise.

Resultados

A amostra final foi composta por 24 pacientes, 10 no grupo intervenção e 14 no grupo placebo (Figura 1, Tabela 1).

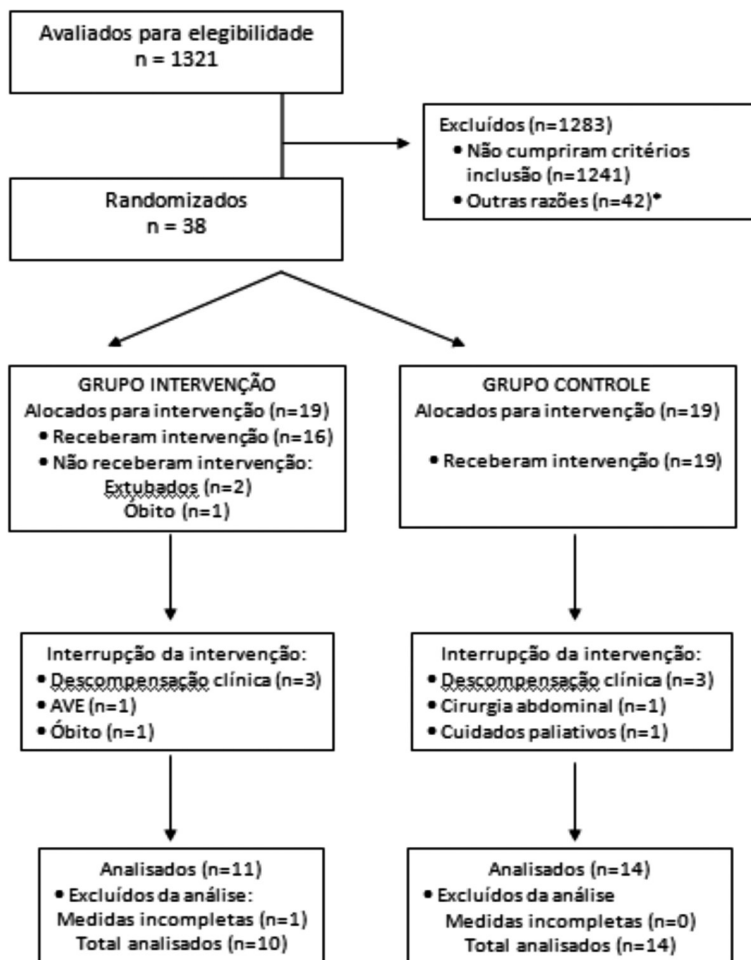


Figura 1: Fluxograma do estudo

*Outras razões: pacientes recrutados para outros estudos. AVE: Acidente Vascular Encefálico.

Em relação ao uso de noradrenalina, no primeiro dia, a prevalência foi de 90% no grupo intervenção e de 64,3% no grupo controle, já no 3º dia reduziu para 50% no grupo intervenção e 42,8% no grupo controle.

Não foram encontradas diferenças significativas em relação ao tempo médio de VMI (7,45±2,38) dias no grupo intervenção *versus* (8,14±3,62) no grupo controle, com $p=0,606$, tempo de internação na UTI (7,75±3,34) dias no

grupo intervenção *versus* (15,71±8,38) dias no grupo controle, com $p=0,045$. Ainda, não houve diferença significativa entre os grupos nas taxas de reintubação (27,3% *versus* 35,7%; $p=0,653$). Nenhum paciente desta amostra fez uso de blo-

queadores neuromusculares por dois dias consecutivos ou mais.

Nesta amostra foi encontrada correlação direta entre a espessura muscular do reto abdominal e do peitoral ($r_s = 0,607$, $p=0,048$) no grupo intervenção. Ainda neste mesmo grupo entre reto abdominal e incursão diafragmática ($r_s = 0,609$, $p=0,047$). Ainda, em ambos os grupos, houve correlação direta entre mobilidade diafragmática (incursão e excursão) (grupo intervenção $r_s=0,920$, $p<0,001$ e G2 $r_s=0,726$, $p=0,003$). E, entre excursão diafragmática e espessura do diafragma (grupo intervenção $r_s=0,607$, $p=0,048$ e G2 $r_s=0,705$, $p=0,005$) (Figura 2).

No que se refere ao comportamento da espessura muscular, analisado por meio de deltas, observou-se incremento na espessura muscular do grupo intervenção após protocolo de EENM e, no placebo, decréscimo para todas as musculaturas analisadas (Tabela 2).

Discussão

Neste estudo houve correlação direta no grupo eletroestimulado entre as musculaturas estudadas, sendo que ao estimular a musculatura acessória da respiração observou-se preservação da mobilidade diafragmática. Ainda, houve aumento na espessura muscular do grupo eletroestimulado quando comparado ao placebo o qual sofreu redução da espessura muscular.

Observou-se nesta amostra que quanto maior a espessura do peitoral, maior também é

Tabela 1: Características de base dos pacientes

Variáveis*	Grupo Intervenção (n=10)	Grupo Placebo (n=14)	p
Idade (anos)	56,2 ± 13,8	61,1 ± 15,8	0,435
Gênero			1,000
Masculino	6 (60,0)	9 (64,3)	
Feminino	4 (40,0)	5 (35,7)	
Lateralidade			0,615
Destro	9 (90,0)	11 (78,6)	
Sinistro	1 (10,0)	3 (21,4)	
Diagnóstico Médico			0,520
Sepse	6 (60,0)	8 (57,1)	
EAP	1 (10,0)	2 (14,3)	
BCP	0 (0,0)	1 (7,1)	
Doenças Associadas**			
Nenhuma	0 (0,0)	3 (21,4)	0,239
HAS	4 (40,0)	2 (14,3)	0,192
DM	2 (20,0)	2 (14,3)	1,000
HIV	3 (30,0)	2 (14,3)	0,615
ICC	2 (20,0)	0 (0,0)	0,163
IRC	3 (30,0)	3 (21,4)	0,665
Cirrose Hepática	0 (0,0)	2 (14,3)	0,493
Anemia crônica	1 (10,0)	2 (14,3)	1,000
DPOC	0 (0,0)	2 (14,3)	0,493
Hipotireoidismo	2 (20,0)	0 (0,0)	0,163
IMC (kg/m ²)	25,4 ± 4,0	24,8 ± 4,8	0,735
APACHE II	25,7 ± 5,4	29,1 ± 7,5	0,237
Dias de EENM	5,60 ± 2,32	5,50 ± 2,47	0,921

* variáveis descritas por média ± desvio padrão ou n(%); ** questão de múltipla resposta; HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica; DM: Diabetes Mellitus; HIV: Vírus da Imunodeficiência Humana; ICC: Insuficiência Cardíaca Congestiva; IRC: Insuficiência Renal Crônica; DPOC: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; APACHE: *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II*; IMC: Índice de Massa Corporal em quilograma por metro quadrado (Kg/m²); EENM: Eletroestimulação Neuromuscular; IRpA: Insuficiência Respiratória Aguda; IRA: Insuficiência Renal Aguda; EAP: Edema Agudo de Pulmão; BCP: Broncopneumonia.

a do reto-abdominal para o grupo intervenção e, que o aumento na espessura do reto-abdominal tem relação com o aumento da mobilidade diafragmática na fase inspiratória, sugerindo que ao estimular a musculatura acessória da respiração esta produz influência positiva sobre a mobilidade diafragmática. Concordando com este achado,

Martin e cols.¹⁷, relatam que os músculos inseridos na caixa torácica, como o peitoral maior, se trabalhados precocemente, resultam em melhorias na mecânica ventilatória. Eles avaliaram 49 pacientes submetidos a um programa de mobilização precoce de MMSS e observaram correlação entre força muscular periférica e diminuição no tempo de desmame. Apesar do músculo reto abdominal ser essencialmente expiratório, acredita-se que ao ser estimulado, juntamente com o peitoral, possa ter preservado o arco torácico e atuado positivamente para o aumento da mobilidade diafragmática na fase de incursão, com a qual foi correlacionado diretamente.

Este achado mostra-se importante, pois a manutenção e/ou aumento da espessura muscular auxilia na respiração podendo assim facilitar o desmame da VM. Para Contesini e cols.¹⁸, a caixa torácica está diretamente ligada aos pulmões, dessa forma o ciclo respiratório exige sincronismo entre pulmão e musculatura respiratória. Discordando deste achado, Wait e cols.¹⁹ propuseram que, dependendo da posição do corpo, do peso, altura, presença de doença pulmonar subjacente, ou condição física do sujeito, a caixa torácica superior e os músculos do pescoço dão maior contribuição para o volume inspirado e conseqüentemente para incursão diafragmática. Já para Reid e Dechman²⁰, a região abdominal atua como pilar de sustentação e auxilia na descida da cúpula diafragmática e, conseqüentemente, no aumento dos diâmetros da caixa torácica. Para isso, é fundamental que a relação comprimento-tensão seja ideal e que a interação entre os músculos abdominais e o diafragma seja eficiente²¹.

Nesta amostra foi encontrada correlação direta entre os valores da mobilidade diafragmática, sendo que quando maior a incursão, maior também a excursão diafragmática, evidenciando então a importância da preservação da mobilidade diafragmática bem como a sincronia das ações. Para Sarmiento e cols.²² a assincronia dos movimentos do tórax e abdome reflete a alternância do recrutamento dos músculos da caixa torácica e diafragma caracterizando

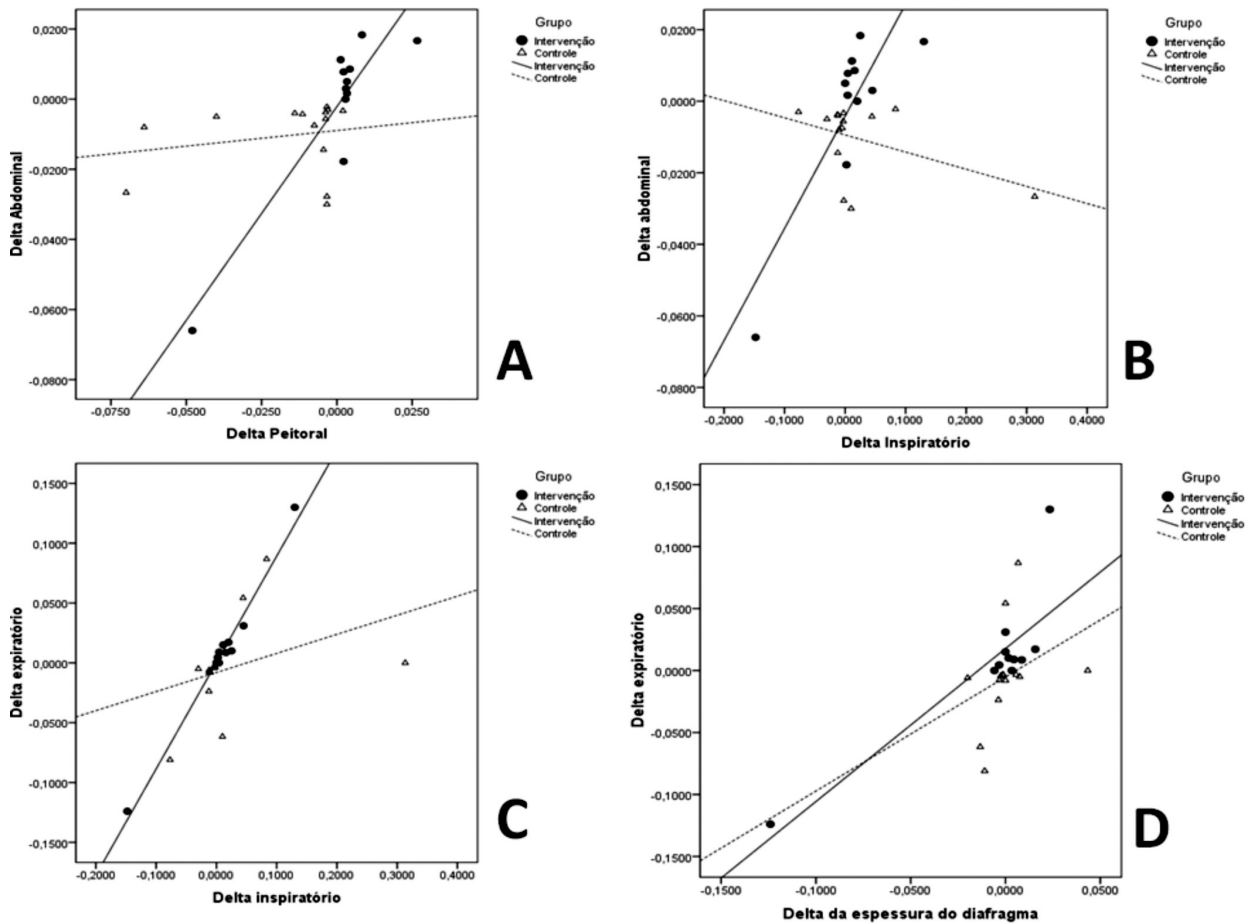


Figura 2: Gráficos de efeito da intervenção na espessura e mobilidade de músculos da respiração - correlações ente as espessuras musculares
Medida considerada em centímetros.

Gráfico A: correlação entre os valores de delta do músculo reto abdominal e os deltas do músculo peitoral (G1 $r_s=0,607$; $p=0,048$; G2 $r_s=0,334$; $p=0,244$). Gráfico B: correlação entre os valores de delta do músculo reto abdominal e os deltas da incursão diafragmática (G1 $r_s=0,609$; $p=0,047$; G2 $r_s=0,266$; $p=0,358$). Gráfico C: correlação entre os valores dos deltas da excursão diafragmática e os deltas da excursão diafragmática (G1 $r_s=0,920$; $p<0,001$; G2 $r_s=0,726$; $p=0,003$). Gráfico D: correlação entre os valores de delta da excursão diafragmática e os deltas da espessura do músculo diafragma (G1 $r_s=0,607$; $p=0,048$; G2 $r_s=0,705$; $p=0,005$). Unidade padrão dos valores: centímetros.

Tabela 2: Comparação dos deltas entre os grupos

Variáveis	Grupo Intervenção (n=10) Md (Min a Max)	Grupo Placebo (n=14) Md (Min a Max)	Valor P
Peitoral	0,003 (-0,048 a 0,027)	-0,004 (-0,070 a 0,002)	<0,001
Reto Abdominal	0,005 (-0,066 a 0,018)	-0,005 (-0,030 a -0,002)	0,003
MDI	0,011 (-0,148 a 0,130)	-0,004 (-0,077 a 0,313)	0,085
MDE	0,009 (-0,124 a 0,130)	-0,005 (-0,081 a 0,087)	0,015
Espessura Diafragma	0,002 (-0,124 a 0,023)	-0,001 (-0,020 a 0,043)	0,344

*variáveis expressas em mediana (mínimo - máximo). MDI: Mobilidade Diafragmática Inspiratória; MDE: Mobilidade Diafragmática Expiratória. Unidade padrão dos valores: centímetros.

movimento paradoxal que consiste na inversão do movimento da parede abdominal durante a inspiração e pode ser resultante de fraqueza ou contração ineficaz diafragmática. Ainda, Sprung e cols.²³ trazem que a restrição e/ou alteração mecânica à mobilidade diafragmática também promove desequilíbrio na relação ventilação/perfusão, repercutindo em hipoventilação de áreas pulmonares ventilatório-dependentes. Mc Bain e cols²⁴ estudaram os efeitos da

estimulação elétrica da musculatura abdominal sob a produção da tosse em pacientes lesados medulares e concluíram que a pressão expiratória produzida pela contração dos músculos abdominais aumentou progressivamente com o estímulo, a pressão intratorácica consequentemente aumentou e com ela os fluxos e volumes durante a tosse voluntária.

O presente estudo foi o primeiro que se propôs estudar o efeito da EENM sobre a musculatura acessória da respiração, porém foi possível observar em diversos estudos envolvendo grupos musculares diferentes, incremento na espessura, após um protocolo de EENM vindo de encontro aos resultados obtidos neste²⁵⁻³⁰. Já o tempo de intervenção, em dias, foi menor comparado a outros^{26,28,30,31}, contudo os resultados mostraram-se eficazes na preservação da espessura muscular, sugerindo então que um protocolo diário de trinta minutos de EENM em pacientes críticos já pode produzir resposta sob a musculatura periférica.

Observou-se diferença significativa no tempo de internação na UTI, sendo este menor no grupo eletroestimulado. Nos demais desfechos hospitalares não houve diferença. Acredita-se que se dê ao pequeno tamanho amostral para alguns desfechos, considerando que estes resultados possam ter ocorrido ao acaso, pois o presente estudo não possui poder estatístico para tal desfecho.

Como limitações, o pequeno número de sujeitos desta amostra, impediu a avaliação de alguns desfechos, bem como o uso de sedação e de vasopressores, os quais não foram levados em consideração na análise dos dados para estratificar resultados.

Neste estudo observou-se correlação direta entre as musculaturas estudadas e destas com a mobilidade diafragmática. Sabendo que há correlação direta entre musculaturas acessórias da respiração e que estas têm influência na preservação da mobilidade diafragmática, entende-se a importância da manutenção da espessura muscular para melhora da condição respiratória do paciente crítico, no entanto ainda há neces-

sidade de mais pesquisas a respeito do uso da EENM nesse contexto.

Referências

1. Spragg RG, Bernard GR, Checkley W, Curtis JR, Gajic O, Guyatt G, et al. Beyond mortality: future clinical research in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010; 181: 1121-1127.
2. Van der Schaaf M, Beelen A, Dongelmans DA, Vroom MB, Nollet F. Poor Functional recovery after a critical illness: a longitudinal study. *J Rehabil Med.* 2009; 41:1041-1048.
3. Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose K. Diaphragm Muscle Thinning in Patients Who Are Mechanically Ventilated. *Chest.* 2012; 142(6):1455-1460.
4. Abelha FJ, Castro MA, Landeiro MN, Neves AM, Santos CC. Mortalidade e o tempo de internação em uma unidade de terapia intensiva cirúrgica. *Rev Bras Anesthesiol.* 2006; 56:34-45.
5. Laupland KB, Kirkpatrick AW, Kortbeek JB, Zuege DJ. Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest.* 2006;129:954-9.
6. Sharshar T, Bastuji-Garin S, Stevens R, Durand MC, Malissin I, Rodriguez P, Cerf C, et al. Presence and severity of intensive care unit-acquired paresis at time of awakening are associated with increased intensive care unit and hospital mortality. *Critical Care Medicine.* 2009; 37(12): 3047-3053.
7. Hodgson CL, Berney S, Harrold M, Saxena M, Bellomo R. Clinical Review: Early patient mobilization in the ICU. *Critical Care.* 2013; 17: 207.
8. Roig M, Reid WD. Electrical stimulation and peripheral muscle function in COPD: a systematic review. *Respir Med.* 2009; 103:485-495.
9. Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, Chatzimichail A, Routsis C, Roussos C, Nanas S. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care.* 2009; 13:R161.
10. Maffiuletti NA, Roig M, Kartzanos E, Nanas S. Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: a systematic review. *BMC Medicine.* 2013; 11: 137.

11. Gibson JN, Smith K, Rennie MJ. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet*. 1988; 2:767-770.
12. Wageck B, Nunes GS, Silva FL, Damasceno mcp, de Noronha M. Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: Systematic review. *Med Intensiva*. 2014; 38(7):444-454.
13. Ferreira LL, Vanderlei LCM, Valenti VE. Estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática. *Einstein*, 2014; 12(3):361-5.
14. Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP, Carlos Antonio Barbosa Montenegro. Confiabilidade da Medida de Espessuras Musculares pela Ultrassonografia. *Rev Bras Med Esporte*. 2010; 16(1): 41-45.
15. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic Motion Studied by M- Mode Ultrasonography. *Chest*. 2009; 135(2): 391-400.
16. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm Dysfunction Assessed by Ultrasonography: Influence on Weaning from Mechanical Ventilation. *Crit Care Med*. 2011; 39(2):2627:2630.
17. Martin UJ, Hincapie L, Nimchuk M, Gaughan J, Criner GJ. Impact of whole-body rehabilitation in patients receiving chronic mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2005; 33(10):2259-65.
18. Contesini, AM, Garcia AJ, Caromano FA. Influência das variações da postura sentada na função respiratória: revisão de literatura. *Fisioterapia em Movimento*. 2011; 24(): 757-767.
19. Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, Rochester DP. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol*. 1989; 67(4):1560-1568.
20. Reid WD, Dechman G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Physical Therapy*. 1995; 75:971-982.
21. Yamaguti WPS. Mobilidade diafragmatica em pacientes com DPOC: avaliação ultra-sonográfica do deslocamento crânio-caudal do ramo esquerdo da veia porta. Dissertação, Universidade de São Pulo. 2007; 84p.
22. Sarmiento GJV, Vega JM, Lopes N S. Fisioterapia em UTI. Avaliação e Procedimentos. São Paulo, Atheneu, 2006.
23. Sprung J, Whalley DG, Falcone T, Wilks W, Navratil JE, Bourke DL. The effects of tidal volume and respiratory rate on oxygenation and respiratory mechanics during laparoscopy in morbidly obese patients. *Anesth Analg*. 2004; 97(1):268-74.
24. McBain RA, Boswell-Ruys CL, Lee BB, Gandevia SC, Butler JE. Electrical Stimulation of Abdominal Muscles to Produce Cough in Spinal Cord Injury: Effect of Stimulus Intensity. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2014; 1-8.
25. Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, Routsis C, Roussos C, Nanas S. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest*. 2009; 136:1249-1256.
26. Gruther W, Kainberger F, Fialka-Moser V, Sluga TP, Quittan M, Spiss C, Crevenna R. Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil Med*. 2010; 42: 593-597.
27. Meesen RL, Dendale P, Cuypers K, Berger J, Hermans A, Thijs H, et al. Neuromuscular electrical stimulation as a possible means to prevent muscle tissue wasting in artificially ventilated and sedated patients in the intensive care unit: a pilot study. *Neuromodulation*, 2010; 13:315-321.
28. Hirose T, Shiozaki T, Shimizu K, Mouri T, Noguchi K, Ohnishi M, Shimazu T. The effect of electrical muscle stimulation on the prevention of disuse muscle atrophy in patients with consciousness disturbance in the intensive care unit. *Journal of Critical Care*. 2013; 28(4):536.e1-536.e7.
29. Poulsen JB, Moller K, Jensen CV, Weisdorf S, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med*. 2011; 39:456-461.
30. Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, Frosiani SL, Kozima S, Valentini R. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Journal of Critical Care*, 2012; 27: 319. e1-319.e8.
31. Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Journal of Critical Care*. 2014; 29: 1082-1088.

