

Dissertação de Mestrado

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR
SOBRE A MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA DE PACIENTES
CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA: ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO**

Amanda Sachetti

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Medicina
Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR
SOBRE A MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA DE PACIENTES
CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA: ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO**

Autora: Amanda Sachetti

Orientador: Dr. Alexandre Simões Dias

*Trabalho apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de
Mestre em Ciências Pneumológicas,
junto ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Pneumológicas da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.*

Porto Alegre

2015

CIP - Catalogação na Publicação

Sachetti, Amanda

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR
SOBRE A MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA DE PACIENTES
CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA: ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO / Amanda Sachetti. -- 2015.
85 f.

Orientador: Alexandre Simões Dias.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Porto
Alegre, BR-RS, 2015.

1. Estimulação elétrica. 2. Unidades de Terapia
Intensiva. 3. Ultrassonografia. 4. Respiração
artificial. 5. Fisioterapia. I. Simões Dias,
Alexandre, orient. II. Título.

Ao meu maior herói!

"...Com você eu aprendi todas as lições, eu enfrentei os meus dragões e só depois me deixou voar...Eu só quero lembrar que de dez vidas onze eu te daria, pois foi vendo você que eu aprendi a lutar...Se Deus me desse uma chance de viver outra vez, eu só queria se tivesse você..."

Obrigada pelas aproximadamente 96 semanas em que perdestes sono a fim de acompanhar-me à rodoviária e esperar outra, outra e outra partida, por tantas madrugadas a espera da linha Porto Alegre/Passo Fundo, pelas verduras fresquinhas que encontrei em minha mala inúmeras vezes..obrigada pelo olhar apaziguador, calmo e cheio de amor do qual eu tanto preciso. Pai, tu és a calma para minha alma, jamais alguém conseguirá compreender o que sinto por ti, é muito maior do que os olhos humanos podem ver e ainda maior do que a mente possa compreender. Você diz que me criou para o mundo, mas meu mundo é você pai!

À minha fortaleza!

Meu exemplo de mulher, esposa, profissional, amiga e acima de tudo, mãe. Todos os dias meu esforço é para crescer parecendo contigo, uma pessoa forte, de caráter e fibra! Não consigo neste momento agradecer, pois nenhuma palavra do dicionário é capaz de expressar minha gratidão e amor! fostes minha fortaleza nesta caminhada, meu apoio, minha melhor amiga...de longe sempre pude sentir teu amor, ao ver minha bolsa térmica recheada toda semana, através das roupas limpas, jalecos brancos e das ligações infundáveis diariamente...obrigada pelas visitas em POA que enchem meu coração de alegria, pelos momentos difíceis nos quais chorei em teu colo e senti o aconchego da nossa união...

"Toda liberdade que me dá, me trás ainda mais para perto de ti e eu voo, porque sei para onde e para quem posso voltar". Te amo incondicionalmente mãe!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a ele que caminha ao meu lado e dedica à nossa relação um amor sem inveja, poder ou egoísmo construindo nossa história em fortes alicerces, meu amigo e maior amor, Roberto Haas Budke. Agradeço pela ternura do teu olhar que me abraça tantas vezes no vazio, pela palavras seguras e amáveis que me levam a persistir, pelo encanto do teu sorriso e recanto do teu abraço que fizeram esta trajetória mais leve. Obrigada por depositar confiança toda vez que eu embarcava para longe de ti, por confiar também em minha capacidade de alçar voos mais altos tão cedo e por me dar sempre motivos para voltar pra casa. Por saber que estarias cheio de amor na porta do ônibus esperando o desembarque, a qualquer tempo, eu enfrentei 578,8km, uma semana após a outra...por 96 delas. Te amo, sempre!

Ao meu orientador, doutor Alexandre Simões Dias, tão sábio em sua função que em apenas duas frases possui o dom de ser firme e tranquilizador ao mesmo tempo. Lembro nitidamente do momento em que entrei pela primeira vez no HCPA, vinda do interior, de mochila nas costas e currículo na mão, antes mesmo de finalizar a graduação, teu sorriso apaziguador, professor, confortou minha insegurança e me senti em casa. A partir dali, meu único objetivo foi mostrar que valeu a pena a chance que me destes. Obrigada por toda tranquilidade que emanou, principalmente nos momentos em que a inexperiência falou mais alto em minhas atitudes. Principalmente obrigada pelo voto de confiança em alguém que desconhecia, ainda sem diploma, sem projeto e sem indicação, obrigada por confiar no que eu simplesmente poderia ser.

Ao anjo que surgiu em minha vida há pouco mais de dois anos, minha sobrinha Isabele Sachetti Cavalheiro, que me fez companhia por muitos domingos à tarde, auxiliando na digitação de letras aleatórias dentro do texto com seus lindos dedinhos sujos de mama...hoje você ainda não fala todas as palavras que deveria nem ao menos tem idade para compreender estas frases, mas sei que pode sentir todo meu amor. "Sou eu que vou seguir você, do primeiro rabisco até o bê-a-bá. Em todos os desenhos coloridos vou estar...A casa, a montanha, duas nuvens no céu e um sol a sorrir no papel..." Te amo incondicionalmente!

À minha amada irmã, Aline Sachetti, que esteve junto comigo por toda caminhada, e por tantas outras que já trilhei. Obrigada por cuidar da nossa família sempre que estive longe, pelos telefonemas costumeiros simplesmente a fim de saber como eu estava, obrigada por ser hoje minha grande amiga, minha parceira para todas as

horas, sei que em você posso confiar, para tudo! Como costumamos dizer: "uma pela outra, sempre". Amo você!

Ao meu cheirinho de talco preferido, minha avó, Ida Sachetti, tão sábia, engraçada, experiente e dona de uma lucidez intocável aos seus 77 anos. Tua vontade de viver para estar junto à família e ver tua alegria com as nossas conquistas é um grande motivo para que eu corra atrás delas e, sei que estive em proteção pela força de suas orações. Ter você em minha vida, é um grande presente de Deus! Te amo!

À minha sogra, Ruth Elisabeth Haas, agradeço pelo amor e paciência dedicados a mim, pelas longas conversas recheadas de conselhos, por tantas caronas à rodoviária e pela missão conjunta com minha mãe de forrar de coisas gostosas a tão famosa bolsa térmica. Principalmente, gostaria de agradecer por vibrar comigo diante de todas as minhas conquistas e confortar meu coração nos momentos difíceis. Amo você!

Agradeço à minha eterna orientadora e amiga, doutora Viviane Rech. Tudo começou porque um dia ela acreditou em mim! seu voto de confiança foi uma mola para o meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal. Levo você comigo, dentro do coração, num lugar muito especial!

Com a célebre frase "Ninguém é tão bom quanto todos nós juntos" agradeço ao grupo de pesquisa MoVe ICU do HCPA, o qual nasceu com a idéia de estudar Mobilização Precoce e hoje, colhe diversos frutos deste e de outros trabalhos em andamento. Agradeço aos alunos da graduação que arduamente auxiliaram na coleta dos dados (William Martins, Lisiane Fernandes, Rafael Bittencourt, Márcia Issa e Sara Hartel), ao fisioterapeuta Wagner da Silva Naue o qual tão prontamente auxiliou na elaboração e execução deste estudo, bem como na inserção do grupo dentro da UTI do HCPA. À colega Ana Maria Dall'Acqua, parceira de projeto, agradeço pela paciência e perseverança nesta longa jornada. Agradeço a professora, doutoranda e amiga Laura Jurema dos Santos, por trilhar ao meu lado o caminho da realização deste trabalho e acompanhar cada minúcia sempre tão prontamente, obrigada pela parceria e amizade, com você aprendi grandes lições e levarei sempre em meu coração. À doutora Graciele Sbruzzi por todo apoio teórico, prático e logístico bem como na orientação tão carinhosa do artigo final desta dissertação. Ao grande Fernando de Aguiar Lemos, exemplo de disciplina e foco, agradeço por todo o ensinamento transmitido e confiança em mim depositada.

À Tanara Bianchi, presente que recebi do mestrado, minha parceira diária de trabalho, colega e grande amiga! Você chegou em um momento de fragilidade

emocional e profissional e encheu meus dias em POA de alegria, obrigada, obrigada e mais uma vez, obrigada!

A cada nome mencionado, estive automaticamente agradecendo à Deus, pois somente Ele em sua infinita grandeza tem o dom de desenhar o caminho, em linhas curvas, mas firmes, para que tenhamos a certeza de sua presença através dos anjos colocados em nossa vida.

"Quando nada parece ajudar, eu vou e olho o cortador de pedras martelando sua rocha talvez cem vezes sem que nenhuma rachadura apareça. No entanto, na centésima primeira martelada a pedra se abre em duas, e eu sei que não foi aquela que a conseguiu, mas todas as outras que vieram antes."

(Jacob Riis)

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
RESUMO	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Ventilação Mecânica e Fraqueza Muscular Adquirida na Unidade de Terapia Intensiva.....	15
2.1.1 Definição	15
2.1.2 Fisiopatologia	17
2.1.3 Repercussões sobre musculatura respiratória.....	17
2.1.4 Repercussões sobre a musculatura periférica.....	19
2.2 Métodos de avaliação da Fraqueza Muscular Adquirida na UTI	21
2.2.1 MRC.....	21
2.2.2 Dinamometria.....	22
2.2.3 Ultrassom	22
2.3 Mobilização Precoce do Paciente Adulto Crítico	24
2.3.1 Definição	24
2.4 Recursos para realizar a mobilização precoce	27
2.4.1 Cinesioterapia.....	27
2.4.2 Deambulação.....	28
2.4.3 Tecnologia Assistiva	29
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
4 JUSTIFICATIVA	48
5 OBJETIVOS.....	49
5.1 Objetivo geral:	49
5.2 Objetivos específicos:	49
6 ARTIGO PRINCIPAL	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
8 CONCLUSÃO.....	66
ANEXOS E APÊNDICES	67
APÊNDICE A	68

APÊNDICE B.....	69
APÊNDICE C.....	70
ANEXO A	71
ANEXO B	72
ANEXO C	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APTA: *American Physical Therapy Association*

CONSORT: *Consolidated Standards Of Reporting Trials*

DPOC: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

ECR: Ensaio Clínico Randomizado

EENM: Estimulação Elétrica Neuromuscular

FiO₂: Fração Inspirada de Oxigênio

HCPA: Hospital de Clínicas de Porto Alegre

IC: Insuficiência Cardíaca

IMC: Índice de Massa Corpórea

MMII: Membros Inferiores

MMSS: Membros Superiores

MRC: *Medical Research Council*

OMS: Organização Mundial da Saúde

PEEP: Pressão Expiratória Positiva Final

SDRA: Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UTI: Unidade de Terapia Intensiva

VIDD: Disfunção Diafrágica Induzida pelo Ventilador

VM: Ventilação Mecânica

VMI: Ventilação Mecânica Invasiva

RESUMO

Objetivo: Verificar o efeito da eletroestimulação neuromuscular (EENM) em músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e sua influencia na mobilidade diafragmática de pacientes críticos em ventilação mecânica invasiva (VMI). **Métodos:** Ensaio clínico randomizado (ECR) duplo cego com 24 pacientes internados na unidade de terapia intensiva (UTI) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre/RS (HCPA), entre agosto/2013 e agosto/ 2014. Os indivíduos foram randomizados para grupo intervenção (EENM + fisioterapia convencional) e placebo (EENM placebo + fisioterapia convencional) e o protocolo foi realizado a partir de 24 horas de VMI até o sétimo dia de VMI podendo ser realizado até 24 horas após a extubação. A EENM foi aplicada 1 vez ao dia, durante 30 minutos, nos músculos peitorais e reto abdominais e a espessura muscular bem como a mobilidade diafragmática foi analisada através da ultrassonografia, no lado dominante do paciente. Na análise estatística foi utilizado Teste T de Student, Qui-Quadrado ou teste exato de Fisher e em caso de assimetria, Mann-Whitney. Ainda foi utilizado correlação linear de Spearman. **Resultados:** Foi observada correlação direta no grupo intervenção entre a a musculatura do reto abdominal e peitoral ($r_s=0,607$ e $p=0,048$), entre reto abdominal e a mobilidade diafragmática na fase de incursão ($r_s = 0,609$ e $p=0,047$), na mobilidade diafragmática (entre a incursão e excursão) ($r_s=0,920$ e $p<0,001$) e entre a mobilidade diafragmática na fase de excursão e a espessura do diafragma ($r_s=0,607$ e $p=0,048$). Já no grupo placebo houve correlação direta na mobilidade diafragmática, entre a incursão e excursão ($r_s=0,726$ e $p=0,003$) e entre a mobilidade diafragmática na fase de excursão e espessura do diafragma ($r_s=0,705$ e $p=0,005$). Em relação ao tempo de permanência na UTI, este foi menor no grupo intervenção ($p=0,045$). **Conclusão:** Nesta amostra houve correlação entre as musculaturas avaliadas, fato que demonstra a preservação da mobilidade diafragmática. Ainda, o tempo de permanência na UTI foi menor para o grupo eletroestimulado.

Clinical Trials: NCT 02298114

Palavras-chave: Estimulação Elétrica, Unidades de Terapia Intensiva, Ultrassonografia, Respiração Artificial, Fisioterapia.

1 INTRODUÇÃO

Através dos avanços no manejo com os pacientes da UTI os resultados e as taxas de sobrevivência para esta população têm aumentado consideravelmente (GIRARD et al, 2008; KRESS et al, 2000). Contudo, a medida que mais pacientes sobrevivem a doença aguda, complicações a longo prazo tornam-se evidentes, alguns possivelmente desenvolvendo maiores deficiências, estadias longas em centros de cuidados intensivos e reabilitação prolongada (SCHEURINGER et al, 2005; DE JONGHE B et al, 2007; ALI NA et al, 2008; VAN DER SCHAAF et al, 2009). Segundo Grosu (2012), aproximadamente 40% dos pacientes internados em UTI's necessitam de ventilação mecânica (VM), destes cerca de 20% a 25% vão encontrar dificuldades no desmame da VM, com um aumento em torno de 40% do tempo gasto na UTI dedicado a este processo.

Segundo Sibinelli e cols. (2012), o sistema musculoesquelético é projetado para se manter em movimento, sendo que são necessários apenas 7 dias de repouso no leito para reduzir a força muscular em 30%, levando a uma perda adicional de 20% da força restante a cada semana. O desenvolvimento de fraqueza generalizada relacionada ao paciente crítico é uma complicação significativa e comum em muitos indivíduos admitidos em UTI's, incidindo em 30 a 60% dos pacientes internados nestes locais. Para isto, múltiplos fatores podem contribuir, dentre eles destacam-se a permanência na VM e a imobilidade prolongada (LAUPLAND et al, 2006).

A maioria destes pacientes após a fase aguda de uma doença crítica apresentam grandes defeitos de força muscular esquelética (fraqueza) e na massa muscular (perda) (LATRONICO; BOLTON, 2011; PUTHUCHEARY, 2010; DE JONGHE B, 2009). A fraqueza muscular adquirida na UTI, geralmente é definida como um déficit bilateral na força muscular em todos os membros (DE JONGHE B, 2004), que é acompanhada de uma profunda perda de massa muscular (tão alta como 5% ao dia durante a primeira semana de permanência na UTI) (GRIFFITHS et al, 1995; REID, 2004), ela está associada com o desmame tardio da VM (DE JONGHE B et al, 2007), estada prolongada e dispendiosa na UTI (EDBROOKE et al, 2011) e ainda com altas taxas de mortalidade (LEIJTEN FS et al, 1995).

A fraqueza muscular esquelética envolve não apenas os membros superiores e inferiores, mas também os músculos respiratórios. Segundo Mirzakhani e cols. (2013), dados recentes sugerem que a fraqueza muscular adquirida na UTI é um preditor independente de falha para o desmame do ventilador e prolonga a estada dos pacientes no ventilador. Ainda, para Mirzakhani e cols. (2013), a associação da VM prolongada com os efeitos do imobilismo resulta em perda de fibras musculares, acarretando significativa redução da força muscular respiratória e periférica. Para tanto, o tempo de imobilidade será determinante na gravidade da disfunção contrátil pelas mudanças nas propriedades intrínsecas das fibras musculares.

A fisioterapia no campo de atuação da terapia intensiva tem abordado sistematicamente nos últimos anos, o uso da mobilização precoce, definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como sendo "um conjunto de medidas que auxiliam os indivíduos que experimentam, ou são propensos a experimentar, da incapacidade para alcançar e manter o funcionamento ideal em interação com o seu ambiente." (*World Report on Disability 2011*, p93). Esta, ocorre dentro dos primeiros 2 a 5 dias de internação e tem como objetivo principal reduzir o tempo de imobilização do paciente e com isso reduzir os efeitos deletérios advindos deste. Embora a mobilização precoce pareça intuitivamente útil e fisiologicamente lógica, pode ser de fato complexa em terapia intensiva, o que é ainda mais desafiador pela presença de múltiplas barreiras que impedem sua ampla utilização (LEDITSCHKE, 2012), como a equipe inadequada para realização de fisioterapia, falta de equipamentos, a preocupação sobre a segurança do paciente e estabilidade fisiológica (GENC, 2012), sedação e ventilação, colocação de linhas vasculares, e escassez de dados sobre eficácia para convencer a equipe da importância desta técnica (MORRIS, 2007). Outra grande limitação é a não colaboração do paciente, que na maioria das vezes está sedado ou inconsciente. Para isto, uma das técnicas de mobilização precoce amplamente estudada atualmente é a EENM, que induz o crescimento do músculo esquelético, aumenta a força e a capacidade de resistência dos pacientes, ainda, incapazes de realizar movimento ativo. Assim, ela se apresenta como um caminho promissor, na prevenção da perda de massa muscular (BAX et al, 2005; CREVENNA, 2006).

Apesar da atratividade fisiológica da EENM, os ECR's que avaliam os efeitos da técnica nos primeiros sete dias de internação na UTI relatam resultados conflitantes. Diferenças na seleção dos pacientes, a inclusão ou exclusão de pacientes com sepse, a aplicação de EENM para populações heterogêneas, e metodologia de estudo variável,

todos provavelmente têm contribuído para as discrepâncias nos resultados relatados (ALINA, 2010; GEROVASILI et al, 2009a; GEROVASILI et al, 2009b; ROUTSI et al, 2010; RODRIGUEZ et al, 2012).

Para tanto, esta pesquisa foi realizada pelo grupo de pesquisa MoVe-ICU do HCPA que tem como linha principal a mobilização precoce e o objetivo foi verificar o efeito da EENM aplicada nos músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) sobre a mobilidade diafragmática de pacientes críticos em ventilação mecânica invasiva. A partir deste projeto foram desenvolvidos dois artigos, sendo o principal descrito como a dissertação de mestrado e o segundo como anexo ao material apresentado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ventilação Mecânica e Fraqueza Muscular Adquirida na Unidade de Terapia Intensiva

2.1.1 Definição

Com os avanços no manejo dos pacientes na UTI os resultados e as taxas de sobrevivência para esta população têm aumentado progressivamente (GIRARD et al, 2008; KRESS et al, 2000). Contudo, a medida que mais pacientes sobrevivem a doença aguda, complicações a longo prazo tornam-se evidentes, onde alguns pacientes possivelmente apresentam maiores deficiências, estadas mais longas em centros de cuidados intensivos e reabilitação prolongada (SCHEURINGER et al, 2005; DE JONGHE B et al, 2007; ALI NA et al, 2008; STOLL et al, 2005; VAN DER SCHAAF et al, 2009). Segundo Gorsu (2012), aproximadamente 40% dos pacientes em UTI's necessitam de VM, cerca de 20% a 25% destes irão encontrar dificuldades no processo de desmame da VM, aumentando em torno de 40% o tempo gasto na UTI dedicado a este processo.

Segundo Wunsch e cols. (2010), nos Estados Unidos, a admissão de pacientes na VM responde por 12% de todos os custos do hospital, ou 27 bilhões de dólares anualmente. Além disso, o número de pacientes que necessitam de internação prolongada na UTI e VM (> 4 dias) vem aumentando em 5,1% ao ano, superando os 1,2 % anuais (ZILBERBERG et al, 2012). Para Needham e cols. (2005), devido ao crescimento nas taxas de hospitalização, a necessidade de VM até o ano de 2026 está projetado para ser 80% maior do que no ano de 2000. A sobrevivência de pacientes nos cuidados intensivos vem trazendo importantes custos em termos de função física prejudicada e qualidade de vida e, para a sociedade na utilização de cuidados de saúde e perda de produtividade (CHEUNG et al, 2006; UNROE, 2010).

Para França e cols. (2012), em decorrência da evolução tecnológica, científica e do acompanhamento multidisciplinar a sobrevida dos pacientes criticamente enfermos tem aumentado. Contudo, a incidência de complicações decorrentes dos efeitos deletérios da imobilidade na UTI contribui para o declínio funcional, aumento dos custos assistenciais, redução da qualidade de vida e sobrevida pós-alta. A imobilidade, comum nos pacientes críticos acomete vários órgãos e sistemas, como os sistemas

osteomioarticular, cardiorrespiratório, metabólico, gastrointestinais, geniturinários, cutâneo, entre outros, o que contribui para a redução na capacidade funcional e no prolongamento da internação (RIVOREDO, 2013).

A fraqueza muscular adquirida na UTI é uma doença neuromuscular associada à duração da VM, sugerindo uma possível relação entre a musculatura periférica e a capacidade neuromuscular respiratória. Esta síndrome está associada à hospitalização prolongada e aumento nas taxas de mortalidade (ALI NA et al, 2008; DE JONGHE B et al, 2002). Esta é uma complicação frequentemente observada em pacientes sobreviventes de doença aguda. É caracterizada por uma profunda fraqueza muscular (SCHWEICKERT; HALL, 2007) e está associada com retardo no desmame da VM (DE JONGHE B et al, 2004). Os fatores de risco incluem resposta inflamatória sistêmica e sepse (Bolton, 2005; Nanas et al, 2008), vários medicamentos, imobilidade prolongada e repouso (De Jonghe B et al, 2002) e a gravidade da disfunção orgânica (DE LETTER et al, 2001).

As complicações a longo prazo da unidade de cuidados intensivos incluem fraqueza muscular profunda (LIPSHUTZ; GROPPER, 2013; AMBROSINO et al, 2012; HERRIDGE et al, 2011), depressão (LIPSHUTZ; GROPPER, 2013; DAVYDOW et al, 2009) e menor qualidade de vida (LIPSHUTZ; GROPPER, 2013, DOWDY et al, 2005; KAPFHAMMER et al, 2004), registrados até 5 anos pós-alta (LIPSHUTZ; GROPPER, 2013). Nos Estados Unidos, o peso econômico da doença crítica crônica foi avaliado em mais de 20 bilhões de dólares por ano (NELSON et al, 2010). O desenvolvimento de fraqueza adquirida na UTI está associada a longos períodos de ventilação (DE JONGHE B et al, 2002; ALI NA et al, 2008), alta severidade da doença (SEMMLER, 2013), insuficiência de múltiplos órgãos (PUTHUCHEARY et al, 2013) e imobilidade (JUDEMANN, 2011). As reduções de até 25% em massa muscular ocorre, nos primeiros 10 dias de internação (PUTHUCHEARY et al, 2013) e causam deficiências a longo prazo (STEVENS, 2009).

Os sintomas podem perdurar por ano após a alta da UTI, como mostra Iwashyna e cols. (2010) que avaliaram os efeitos da imobilidade a longo prazo e encontraram que os declínios na função física e função cognitiva persistiram por pelo menos 8 anos. Ainda, Herridge e cols. (2003) encontraram que em 5 anos após a alta da UTI, todos os pacientes relataram fraqueza subjetiva e diminuição da capacidade de exercício em comparação com antes da admissão e após 12 meses somente 49% dos sobreviventes haviam retornado ao trabalho.

2.1.2 Fisiopatologia

A disfunção muscular é um achado comum em pacientes internados em UTI's, devido à inatividade (repouso prolongado no leito), inflamação, utilização de agentes farmacológicos (corticosteróides, relaxantes musculares, bloqueadores neuromusculares, antibióticos), e a presença de síndromes neuromusculares associadas ao estado crítico do paciente (NORDON-CRAFT et al, 2012). Devido à dificuldade da definição e classificação dessas desordens, o termo fraqueza muscular adquirida na UTI determina um quadro de fraqueza clinicamente detectável em pacientes críticos na qual nenhuma etiologia plausível pode ser levantada além da própria condição crítica (STEVENS et al, 2009).

A fraqueza muscular periférica clínica acomete de 25% a 33% dos pacientes ventilados mecanicamente durante 4 a 7 dias, 60% dos pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), e 35% a 76% dos doentes sépticos, corroborando para o aumento da mortalidade (NORDON-CRAFT et al, 2012). Este quadro é tão comum como hipotensão arterial em pacientes gravemente enfermos, mas o grau e as consequências da fraqueza muscular dependem da fisiopatologia multifatorial existente na UTI. Vários mecanismos de inflamação tais como sepse, trauma, lesão, tumor, falha renal e hepática, imobilização (devido a repouso no leito, sedação profunda, e bloqueio neuromuscular) e desnutrição induzem doenças neuromusculares periféricas adquiridas na UTI tais como perda de massa muscular, miopatia e neuropatia (LATRONICO; BOLTON, 2011).

Um *Follow-up* de estudos identificaram que os sobreviventes têm relatado limitações na função física, deficiências cognitivas e problemas psicológicos (JACKSON et al, 2009; IWASHYNA et al, 2010; VAN DER SHAAF et al, 2009). Este impacto sobre a capacidade de realizar atividades da vida diária, funcionamento social e redução da capacidade para retornar ao trabalho e em última análise, pode reduzir a qualidade de vida (JACKSON et al, 2009; IWASHYNA et al, 2010; VAN DER SHAAF et al, 2009).

2.1.3 Repercussões sobre musculatura respiratória

A fraqueza dos músculos respiratórios ocorre comumente após o período prolongado de VM e apresenta patogênese muito similar a fraqueza dos músculos

esqueléticos periféricos. Os músculos respiratórios enfraquecidos e em particular, o desequilíbrio entre a força muscular e a carga imposta ao sistema respiratório é uma das maiores causas de falhas no desmame (FRANÇA et al, 2012). A associação da VM prolongada com os efeitos do imobilismo resulta em perda das fibras musculares, acarretando significativa redução da força muscular respiratória e periférica. Dados recentes sugerem que a fraqueza muscular adquirida na UTI é um preditor independente de falha para o desmame do ventilador e prolonga a estada dos pacientes no ventilador. Além disso, está associada com a disfunção da musculatura da faringe e com o aumento no risco de aspiração traqueal sintomática (MIRZAKHANI et al, 2013), contribuindo com a associação da fraqueza muscular adquirida na UTI com o aumento do tempo de permanência, aumentando a duração da internação e mortalidade intra-hospitalar. Assim o tempo de imobilidade será determinante na gravidade da disfunção contrátil pelas mudanças nas propriedades intrínsecas das fibras musculares (MIRZAKHANI et al, 2013).

Vários estudos têm sugerido que a VM tem um efeito de sobrecarga aos músculos respiratórios, determinando o aparecimento da atrofia diafragmática e disfunção, causando um processo chamado de disfunção diafragmática induzida pelo ventilador (VIDD). A VIDD pode ser um fator importante no processo fisiopatológico, o qual prejudica o momento do desmame da VM (GROSU et al, 2012). Um estudo publicado por Grosu e cols. (2012) sugere que a taxa global de redução da espessura da membrana diafragmática é, em média, 6% por dia de VM. Este mesmo estudo mostra que a perda muscular do diafragma inicia dentro das primeiras 48 horas após o início da VM.

Estudos em animais e humanos têm demonstrado que a doença crítica e a VM induzem a VIDD, que é definida como uma perda de força diafragmática capacidade de geração de força especificamente relacionados com o uso de VM (VASSILAKOPOULOS; PETROF, 2004; LEVINE et al, 2008). A principal implicação clínica da VIDD é que, mesmo quando utilizado por períodos relativamente curtos, a VM pode levar a fraqueza muscular diafragmática substancial. Neste momento, não existe uma definição clara de VIDD, e há inúmeros outros fatores que podem levar a fraqueza muscular diafragmática, incluindo polineuropatia doença crítica, falha no sistema de múltiplos órgãos em curso, desnutrição e caquexia (GROSU, 2012).

A fisioterapia, ciência capaz de promover a recuperação e preservação da funcionalidade, através do movimento humano e suas variáveis, enquadra-se com

destaque nesta nova perspectiva assistencial e de gestão na equipe multiprofissional (MALKOÇ et al, 2009; DESAI et al, 2011).

2.1.4 Repercussões sobre a musculatura periférica

O descondicionamento pode ser definido como as alterações presentes nos diferentes sistemas de órgãos que são causadas pela inatividade (OLIVER, 1998). Coração, pulmão e descondicionamento muscular têm sido estudados extensivamente. Em indivíduos normais e saudáveis, há efeitos neuromusculares imediatos relacionados à inatividade. Por exemplo, dentro de 4 horas de repouso, os músculos começam a deteriorar (KASPER et al, 2002). Existe uma redução no tamanho dos sarcômeros, encurtando as fibras musculares e o comprimento total do músculo. Há uma perda de força contrátil diária de 1,3 % a 3 % da força muscular durante a imobilidade podendo chegar a uma redução de 10% na força muscular postural após uma semana de repouso completo em voluntários saudáveis (TOPP et al, 2002). O descondicionamento leva a síndromes do desuso as quais são difíceis de reverter, como nas contraturas musculares, que já começam a se formar após 8 horas de repouso. A inatividade tem efeitos diretos em músculos esqueléticos, e também afeta outros sistemas, contribuindo para a miopatia. Alterações na musculatura esquelética, especificamente no músculo quadríceps, têm sido associados com a redução da função pulmonar (YENDE et al, 2006). A doença inflamatória pode causar disfunção contrátil do diafragma, contribuindo com a insuficiência respiratória (SMITH; REID, 2006), onde a resistência do diafragma pode também ser reduzida por descarga ou descanso do diafragma durante o suporte ventilatório prolongado (SMITH; REID, 2006; MACINTYRE, 2005).

Dentre as alterações decorrentes da estada na UTI e do uso de VM, a perda de massa muscular é um dos problemas mais comuns com os quais pacientes são confrontados (HELLIWELL et al 1991a; HELLIWELL et al, 1998b; HILL, 1998; MANNING, SHENKIN, 1995). Um estudo recente (GRUTHER et al, 2008), descobriu por meio de ultrassom, que a perda de massa muscular nestes pacientes é consideravelmente maior do que em todas as outras populações de pacientes, especialmente nas primeiras 2 a 3 semanas (BLEAKNEY et al, 2002; GIBSON et al, 1988; KAWAKAMI et al, 2000; OHATA et al, 2006).

A grande maioria dos indivíduos internados na UTI após a fase aguda de uma doença crítica apresentam grandes defeitos na força muscular esquelética (fraqueza) e massa (perda) (LATRONICO, BOLTON, 2011; PUTHUCHEARY, 2010; DE

JONGHE B, 2009). Este conjunto de alterações é assim chamado de fraqueza adquirida na UTI, geralmente definida como um déficit bilateral de força muscular em todos os membros (DE JONGHE B, 2004), que é acompanhada por uma profunda perda de massa muscular (tão alta como 5% ao dia durante a primeira semana de permanência na UTI) (GRIFFITHS et al, 1995; REID, 2004), e é associada com o desmame tardio da ventilação mecânica (DE JONGHE B et al, 2007), estadias prolongadas e dispendiosas na UTI e internação hospitalar (o custo médio diário na UTI sendo aproximadamente €1.000) (EDBROOKE et al, 2011) e ainda altas taxas de mortalidade (LEIJTEN et al, 1995). A etiologia desta é multifatorial e está associada com comprometimento da função física e estado de saúde em pacientes que passaram algum tempo na UTI, o que pode persistir até mesmo anos após a alta hospitalar (HERRIDGE, 2011; FLETCHER et al, 2003). Isto aumenta drasticamente a duração de tratamentos pós- UTI (incluindo a reabilitação) e provoca graves alterações sociais, psicológicas e consequências econômicas.

Existe ainda outra situação desenvolvida a partir do conjunto de sintomas que acometem os pacientes internados em ambientes de terapia intensiva, chamada de polineuromiopia do doente crítico, ela é considerada uma doença neuromuscular adquirida em sobreviventes de doenças graves em estado agudo, clinicamente evidente em cerca de 25% destes após vários dias de VMI (DE JONGHE B et al, 2002). Além disso, pode ser encontrada em até 75% dos pacientes de alto risco, especialmente aqueles com sepse e falha de múltiplos órgãos (DE LETTER MA, 2001). É caracterizada por uma profunda fraqueza muscular e reflexos diminuídos ou ausentes (SCHWEICKERT; HALL, 2007; NANAS et al, 2008) e está associada com o atraso no desmame da VM (DE JONGHE B, 2004) o que sugere uma possível relação entre musculatura e envolvimento neuromuscular respiratório. Além disso, a síndrome está associada com prolongada hospitalização e aumento da mortalidade (ALI NA et al, 2008). Vários fatores de risco têm sido propostos para o desenvolvimento desta, incluindo alterações na microcirculação devido à sepse e a síndrome da resposta inflamatória sistêmica, agentes bloqueadores neuromusculares (DE LETTER MA et al, 2001; GARNACHO-MONTERO et al, 2001), medicamentos tais como os corticoesteróides (AMAYA-VILLAR et al, 2005), controle glicêmico inadequado (BERGHE, 2003), hipoalbuminemia (NANAS et al, 2008), germes Gram -negativos (NANAS et al, 2008) e imobilização prolongada (GRUTHER et al, 2008).

A disfunção muscular esquelética está associada a uma sensação subjetiva de fadiga (AARONSON; BURMAN, 1994; ST. PIERRE et al, 1992). Mesmo entre indivíduos saudáveis, a fadiga pode levar à auto - limitação de atividade e mobilidade (BAUTMANS et al, 2005). A sensação subjetiva de fadiga pode contribuir para a falta de vontade de participar em intervenções de reabilitação, prolongando o repouso e promovendo o descondicionamento e um ciclo de fadiga e inatividade. Assim, a imobilidade pode ter vários efeitos diretos e indiretos sobre a musculatura com implicações para o paciente na UTI. Efeitos diretos relacionados ao desuso e efeitos indiretos relacionados a alterações na ventilação, circulação, o sistema nervoso central (incluindo alterações autonômicas e cognitivas) e sensação de fadiga. Entre os pacientes hospitalizados, especialmente idosos, a perda da função resulta em aumento do tempo de reabilitação, acrescentando o estado físico, emocional e os custos econômicos de uma doença com risco de vida (TOPP et al, 2002; CERIANA et al, 2003; HIRSCH et al, 1990). Porém, ainda não são compreendidos completamente os mecanismos que conduzem a decadência e inatividade do músculo.

2.2 Métodos de avaliação da Fraqueza Muscular Adquirida na UTI

2.2.1 MRC

Em pacientes sedados, a avaliação da força muscular, pode ser mensurada através da habilidade do paciente de levantar o membro contra a gravidade em resposta a um estímulo doloroso aplicado em cada extremidade. Para os pacientes cooperativos, o *Medical Research Council* (MRC), score usado na avaliação da força muscular periférica, demonstra-se bastante reprodutível e com alto valor preditivo em vários estudos sobre disfunção neuromuscular no paciente crítico.(BURTIN et al, 2009)

A avaliação objetiva e voluntária da força muscular periférica pode ser obtida de forma simples, após a interrupção da sedação e o despertar do paciente, utilizando uma escala proposta pelo *Medical Research Council* (MRC) (LATRONICO; RASULO, 2010; BITTNER et al, 2009). Por meio dessa escala, o grau de força de cada grupo muscular é quantificado em valores que variam de 0 (paralisia total) a 5 (força muscular normal), sendo avaliada mediante a realização voluntária de seis movimentos específicos bilateralmente, podendo compreender valores 0 a 60 (LATRONICO; RASULO, 2010; BITTNER et al, 2009).

A obtenção de valores de MRC < 48 ou média de MRC para cada segmento < 4 (movimento contra a gravidade) em duas avaliações diárias consecutivas é sugestivo de polineuropatia do paciente crítico (LATRONICO; RASULO, 2010).

2.2.2 Dinamometria

Os dinamômetros e miômetros são equipamentos destinados à mensuração quantitativa voluntária de força muscular periférica. Os grupos musculares avaliados na prática clínica diária com esses dispositivos são os responsáveis pela preensão palmar, extensores do quadril e músculos protusores da língua (LATRONICO; RASULO, 2010; BITTNER et al, 2009).

Vários instrumentos diferentes foram projetos para mensurar a força de preensão palmar, desde a simples adaptação de equipamentos de pressão sanguínea até sistemas computadorizados sofisticados. Desenvolvido por Bechtol, no ano de 1954, o dinamômetro consiste em um sistema hidráulico de aferição sendo o instrumento mais aceito para avaliar a força de preensão palmar, por ser relativamente simples, fornecer leitura rápida e direta, além de sua fácil utilização em diferentes campos de pesquisa e atuação clínica em nível ambulatorial (MOREIRA et al, 2003).

Dinamômetros de preensão manual e tração lombar utilizados para medir a força funcionam através de dispositivos que operam segundo o princípio da compressão. Quando uma força externa é aplicada ao dinamômetro, uma mola de aço é comprimida e movimenta um ponteiro. Sabendo-se quanta força é necessária para deslocar o ponteiro através de determinada distância, pode-se determinar então com exatidão quanta força “estática” externa for aplicada ao dinamômetro (MCARDLE, 1991).

A força de preensão palmar consiste em um procedimento objetivo, prático e de fácil utilização. Além disso, pode ser considerado como um importante parâmetro durante a avaliação e determinação da funcionalidade das mãos em diversas situações (MOREIRA et al, 2003).

2.2.3 Ultrassom

O uso da ultrassonografia tornou-se cada vez mais popular na gestão diária de pacientes criticamente enfermos. Sendo considerado como um método seguro e prático, que permite a avaliação hemodinâmica rápida e a visualização torácica, abdominal e

suas principais estruturas (MATAMIS et al, 2013). A ultrassonografia à beira do leito tornou-se uma ferramenta valiosa no tratamento de pacientes de UTI's (BEAULIEU, parte 1, 2005; BEAULIEU, parte 2, 2005). Isto é especialmente verdadeiro nas situações de emergência em que uma técnica de imagem adequada é frequentemente limitada por uma variedade de fatores, incluindo dificuldade de transporte do paciente para o departamento de radiologia devido à gravidade da doença. A ultrassonografia é uma técnica não invasiva, que provou ser segura, fácil de usar, modalidade precisa, usada a beira do leito, superando muitas das limitações padrão de técnicas de imagem (MATAMIS et al, 2013).

Além de sua aplicação usual, a técnica de ultrassonografia vem sendo utilizada para avaliação do diafragma a beira do leito de pacientes críticos com disfunção respiratória. Os ultrassons proporcionam um método simples, não invasivo de quantificação de movimento do diafragma em uma variedade de condições normais e patológicas. A ultrassonografia pode avaliar as características do movimento do diafragma, tais como amplitude, força e velocidade de contração, padrões especiais de movimentos e alterações na espessura do diafragma durante a inspiração. Estes parâmetros ultrassonográficos podem fornecer informações valiosas na avaliação e acompanhamento de pacientes com fraqueza ou paralisia diafragmática, em termos de interações paciente-ventilador durante modalidades controladas ou assistidas de VM, e pode, potencialmente, ajudar a compreender a disfunção pulmonar pós-operatório ou falha do desmame da VMI (MATAMIS, 2013). A mobilidade diafragmática desempenha um papel proeminente em respiração espontânea, contudo a observação da cinética do diafragma parece essencial. O uso de ferramentas disponíveis anteriormente para esta finalidade é limitada devido aos riscos associados da radiação ionizante (fluoroscopia, tomografia computadorizada) ou devido à sua natureza complexa e/ou altamente especializada, exigindo um operador qualificado (medição de pressão transdiafragmática, eletromiografia diafragmática, estimulação do nervo frênico, a ressonância magnética). Esta técnica recebe reconhecimento crescente como um método rápido, fácil e precisa de forma não invasiva avaliação da função diafragmática à beira do leito. Na população de UTI, pode quantificar os movimentos normais e anormais numa variedade de condições clínicas (MATAMIS, 2013). No entanto, existem limitações para a aplicação dos métodos existentes, particularmente em doentes graves. Medições confiáveis de espessura foram validados em indivíduos saudáveis em uma postura ereta (WAIT et al, 1989; UEKI et al, 1995; COHN et al, 1997) e aplicada em

pacientes com várias causas de disfunção respiratória (DE BRUIN et al, 1997; DUFRESNE et al, 2009; ABU EL-SAMEED; MCCOOL, 2006). Porém, Baldwin e cols (2011) propuseram uma metodologia onde foi comprovada boa confiabilidade em posições reclinadas, tornando-o útil para aplicação em populações clínicas quando a postura ereta não é prática de ser realizada.

2.3 Mobilização Precoce do Paciente Adulto Crítico

2.3.1 Definição

A medicina utilizou há muito tempo o repouso absoluto como adjuvante no tratamento de doenças graves e convalescença após a cirurgia. Hipócrates sugeriu que toda a dor é aliviada por repouso no leito (ALLEN et al, 1999). No entanto, no início do século 20, os pesquisadores começaram a reconhecer as "sequelas do repouso absoluto completo." (DOCK, 1944). observando que "períodos prolongados de decúbito no leito são anatomicamente, fisiologicamente e psicologicamente doentios" (DOCK, 1944). Mais recentemente, um revisão sistemática com 39 ensaios sobre repouso absoluto por 15 condições diferentes não mostrou benefícios e destacou o potencial de dano (ALLEN et al, 1999), incluindo atelectasia, trombose venosa, edema pulmonar, atrofia óssea, desperdício muscular, instabilidade vasomotora e constipação (DOCK, 1944).

Graças aos avanços tecnológicos e científicos, a sobrevivência em longo prazo de pacientes gravemente doentes vem aumentando, acompanhada de aumentos nos custos e investimentos com a internação em UTI's e tratamentos pós-alta hospitalar (CLINI et al, 2009). 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. (MOREIRA, 2012)

Em 2011, a Organização Mundial de Saúde definiu reabilitação como "um conjunto de medidas que auxiliam os indivíduos que experimentam ou são propensos a experiência da incapacidade para alcançar e manter o funcionamento ideal em interação com o seu ambiente" (*World Report on Disability 2011*, p93). Além disso esclareceu o período de tempo de reabilitação como segue: "Normalmente reabilitação ocorre por um período de tempo específico e pode ser necessária a partir da fase aguda ou inicial imediatamente após o reconhecimento de uma condição de saúde..." (*World Report on*

Disability 2011, p93). Entretanto, ainda são escassas as publicações envolvendo a aplicação uniforme de protocolos de mobilização pela fisioterapia em pacientes críticos, assim como são necessários mais estudos dos seus efeitos sobre a função pulmonar, desmame da ventilação mecânica, qualidade de vida, tempo de estadia na UTI e internação hospitalar (FRANÇA et al, 2012).

A mobilização precoce é a aplicação da técnica que ocorre dentro dos primeiros 2 a 5 dias de internação daquele paciente criticamente doente. Também pode incluir intervenções adicionais específicas como a mobilização ativa de pacientes requerendo VM e a utilização de novas técnicas, como bicicleta ergométrica e eletroestimulação transcutânea. Na UTI, a mobilização precoce é aplicada com a intenção de manter ou restaurar a força musculoesquelética e a função, assim potencialmente promover melhora funcional. A grande limitação na capacidade de determinar os resultados da mobilização precoce é a variedade de técnicas diferentes empregadas, bem como a falta de padronização e definição através de estudos (HODGSON et al, 2013).

Um dos principais objetivos da reabilitação precoce é interferir diretamente no tempo de imobilização no leito que pode ser afetado por diversos fatores intrínsecos e/ou extrínsecos ao paciente, tais como: o quadro clínico, o motivo da internação, a preferência individual por permanecer no leito, a administração de sedação e analgésicos, além da cultura da equipe de reabilitação (PERME et al, 2006; KRESS, 2009). Intervenções de mobilização progressiva, de gama ativa e passiva de movimento, a oscilação, de pé, ou transferência para uma cadeira e deambulação (SCHWEICKERT et al, 2009; MORRIS et al, 2008), tem sido recomendada como uma abordagem para minimizar a fraqueza muscular após um quadro crítico (GRIFFITHS; HALL, 2010). A mobilização é uma hipótese para preservar a força e a massa muscular, melhorando o fluxo de sangue, estimulando a produção de citocinas anti-inflamatórias, e aumentando a atividade da insulina e captação de glicose no músculo (VAN ASWEGEN; MYEZWA, 2008).

Estudos atuais demonstram que mais atenção tem sido dada a mobilização precoce do paciente crítico, sendo considerada uma intervenção segura e viável após a estabilização cardiorrespiratória e neurológica do paciente, e que raramente provoca reações adversas. Utilizada por muitos fisioterapeutas, a mobilização precoce deve ser aplicada diariamente nos pacientes críticos internados em UTI, tanto naqueles estáveis, que se encontram acamados e inconscientes (sob VM), quanto naqueles conscientes e que realizam a marcha independente (BAILEY et al, 2009; MORRIS, 2008). Contudo,

apesar de evidências mostrarem que a mobilização precoce do paciente promova uma diminuição dos efeitos deletérios do imobilismo, proporcionando uma melhor evolução clínica dos indivíduos, alguns profissionais da saúde ainda se mostram receosos em mobilizar pacientes sob VM e acabam por restringir esses sujeitos a inatividade (SKINNER, 2008; NOZAWA, 2008; STOCKLEY, 2010; BORGES, 2009). Alguns centros de saúde optam por iniciar tal terapia apenas após a alta do paciente da UTI, devido a desconhecimento de muitos profissionais que generalizam os pacientes críticos como sendo “muito doentes” para tolerar exercício físico na fase inicial do tratamento (STOCKLEY, 2010; BORGES, 2009; BAILEY, 2009). Confrontando o raciocínio anterior, estudos indicam melhora de pacientes críticos submetidos à fisioterapia motora precoce. A melhora no estado funcional, com saída do leito e deambulação precoce, e a diminuição do tempo de permanência hospitalar, são indicadores positivos promovidos pela abordagem motora (BAILEY, 2007; MORRIS, 2008). Alguns pesquisadores argumentam ainda que nem todos os riscos associados à mobilização precoce são bem definidos e que, apesar dos benefícios da fisioterapia em pacientes críticos terem sido constatados em alguns trabalhos científicos, ainda são escassos os estudos controlados e aleatorizados envolvendo um tamanho amostral representativo (BORGES, 2009; BAILEY, 2009). Reforçando esse argumento, ainda há divergências na literatura científica sobre o melhor tipo de atividade a ser aplicada no paciente crítico durante sua hospitalização, bem como a duração do tratamento e a frequência das atividades (PINHEIRO, 2012).

Embora a mobilização precoce pareça intuitivamente útil e fisiologicamente lógica, pode ser de fato complexa em terapia intensiva, o que é ainda mais desafiador pela presença de múltiplas barreiras que impedem sua ampla utilização (LEDITSCHKE, 2012). Essas barreiras incluem equipe inadequada para realização de fisioterapia, falta de equipamentos, a preocupação sobre a segurança do paciente e estabilidade fisiológica (GENC, 2012), sedação e ventilação, colocação de linhas vasculares, e escassez de dados sobre eficácia para convencer a equipe da importância da técnica (Morris PE, 2007).

A principal barreira para a realização da mobilização precoce é a preocupação com a segurança do paciente (MORRIS, 2007). Os efeitos adversos podem incluir o deslocamento de linhas vasculares, sonda nasogástrica e cateteres urinários e, muito mais importante, de uma das vias aéreas artificiais, levando a hipóxia, com risco de vida. A fim de combater estes problemas, no entanto, existe um emergente corpo de

dados que sugerem que a mobilização precoce não impõe um aumento do risco para os pacientes, se for realizada com pessoal devidamente treinado (NEEDHAM et al, 2010; SCHWEICKERT, 2009; BURTIN et al, 2009; BAILEY et al, 2007; MORRIS et al, 2008; THOMSEN, 2008; LEDITSCHKE et al, 2012). Em diversos estudos realizados em centros nos Estados Unidos, a mobilização precoce envolveu uma equipe de mobilização de três médicos de UTI, incluindo um fisioterapeuta, uma enfermeira e uma terapeuta ocupacional ou um assistente (BAILEY et al, 2007; MORRIS et al, 2008; THOMSEN et al, 2008). Além disso, os pacientes foram cuidadosamente avaliados de forma holística antes de realizar a técnica através de uma avaliação abrangente da idade, nível de condicionamento físico antes da admissão na UTI, a condição de apresentar a tolerância de outras intervenções e da quantidade de ventilação e suporte cardíaco necessária antes da mobilização precoce. A importância das interações entre o grau de sedação e a capacidade de aplicar a técnica tem sido destacada em várias publicações (LEDITSCHKE et al, 2012; VASILEVSKIS et al, 2010).

Embora evidências preliminares de baixo nível sugiram que a mobilização precoce na UTI é segura, viável e pode resultar em benefícios clínicos, também é trabalhoso e requer modelos e equipamentos apropriados. Mais pesquisas ainda são necessárias para identificar a prática padrão, as melhores técnicas e medidas de resultados apropriados antes de a mobilização precoce poder ser introduzida no tratamento de rotina de doentes críticos (HODGSON et al, 2013).

2.4 Recursos para realizar a mobilização precoce

2.4.1 Cinesioterapia

O exercício terapêutico é uma das ferramentas-chave que um fisioterapeuta utiliza para restaurar e melhorar o bem-estar musculoesquelético ou cardiopulmonar do paciente por meio de correção da disfunção, e de atividades altamente selecionadas ou restritas às partes do corpo (KISNER; COLBY, 1998; KOTTKE et al, 1984). Contudo, a cinesioterapia é um meio de acelerar a recuperação do paciente. É capaz de promover atividade, quando e onde for possível minimizar os efeitos da inatividade, corrigir a ineficiência dos músculos específicos ou grupos de músculos e reconquistar a amplitude normal do movimento da articulação sem perturbar a obtenção do movimento funcional eficiente. Encoraja o paciente a usar a habilidade no desempenho de atividades

funcionais normais que ele reconquistou e, assim, acelerar sua reabilitação (GARDINER, 1995).

A realização da cinesioterapia em pacientes críticos é uma intervenção segura, viável e bem tolerada. As reações adversas são incomuns; a necessidade de interromper a terapia é mínima e, quando ocorre, é comumente associada à assincronia entre o paciente e o ventilador mecânico. Vale ressaltar que a viabilidade da mobilização precoce deve ser avaliada em indivíduos propensos a sofrer intercorrências como instabilidade hemodinâmica e respiratória. Tal fato deve levar em consideração, de um lado, os riscos provenientes da mobilização e, de outro, os vastos efeitos deletérios ocasionados pela restrição ao leito (PINHEIRO & CHRISTOFOLETT, 2012; MARTINEZ et al, 2013). O treinamento físico tem sido cada vez mais reconhecido como um importante componente no cuidado de pacientes críticos que requerem VM prolongada, ao proporcionar melhora na função pulmonar, muscular e na independência funcional, acelerando o processo de recuperação e diminuindo assim o tempo de VM e de permanência na UTI (KORUPOLU et al, 2009; THOMSEN et al, 2008). Porém, poucos são os estudos que abordam o papel da cinesioterapia em pacientes críticos, que na fase inicial são vistos como “muito doentes” ou “muito instáveis clinicamente” para intervenções de mobilização (GRIFFITHS et al, 1995). No entanto, os exercícios terapêuticos demonstram benefícios, principalmente quando iniciados precocemente, apesar das variedades de abordagens (CLINI; AMBROSINO, 2005). Postergar o início dos exercícios apenas colabora para intensificar o déficit funcional do paciente.

Estes protocolos de mobilização vão desde exercícios com menor taxa metabólica como a mobilização passiva, a realização de transferências até exercícios com carga para membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII) e a utilização de ergômetros (GOSSELINK et al, 2008).

Atualmente não existem padrões de orientações para o condicionamento físico desses pacientes críticos. Isto é importante, uma vez que estes doentes têm uma taxa elevada de mortalidade, redução da qualidade de vida e elevados custos dos cuidados em saúde (FRANÇA et al, 2012).

2.4.2 Deambulação

A deambulação é uma técnica de mobilização precoce específica que é utilizada na UTI para melhorar a recuperação funcional (BAILEY et al, 2007; MORRIS et al, 2008; ZANNI et al, 2010). Os equipamentos hospitalares padrão podem ser geralmente

adequado para a técnica. Quando um paciente ventilado mecanicamente deambula, no entanto, o equipamento padrão pode não maximizar a segurança e efetividade desta. Por exemplo, alguns hospitais tiveram seus próprios engenheiros para projetar um andador feito sob medida para pacientes ventilados que incorpora um andador em rodas, uma cesta de oxigênio e um plataforma para suportar um ventilador, todos em um único dispositivo. Este tipo de equipamento pode melhorar a segurança do paciente, pois os profissionais ficam com as mãos livres de equipamentos e são capazes de se concentrar na marcha, equilíbrio e resposta fisiológica do paciente para exercer a técnica.

Bailey e cols. (2007) realizaram um estudo de coorte prospectivo, focando a segurança e a viabilidade da deambulação precoce em pacientes ventilados mecanicamente por mais de 4 dias que foram admitidos numa UTI respiratória. A atividade iniciava-se precocemente quando o paciente atendia adequadamente aos critérios neurológicos (resposta a estimulação verbal), respiratórios (fração inspirada de oxigênio (FiO_2) $< 0,6$ e pressão expiratória final positiva (PEEP) < 10 cmH₂O) e circulatório (ausência de hipotensão ortostática e uso de catecolaminas). O objetivo foi permitir que os pacientes andassem mais de 100 metros até a alta da UTI respiratória. Das 1449 atividades registradas, mais de 50% foi deambulação. Na alta da UTI respiratória, os pacientes encontravam-se aptos a deambular 212 ± 178 metros. Pacientes que tiveram alta da UTI para casa caminharam mais se comparando com aqueles que tiveram alta para a enfermaria e para as instalações de cuidados agudos em longo prazo (BAILEY et al, 2007).

2.4.3 Tecnologia Assistiva

- Estimulação Elétrica Neuromuscular

A eletroestimulação é reconhecida, clinicamente, como um método que induz o crescimento do músculo esquelético, além de aumentar a força e a capacidade de resistência dos pacientes, ainda, incapazes de realizar exercícios ativos. Assim, ela poderia ser um caminho promissor, para prevenir a perda de massa muscular (BAX et al, 2005; CREVENNA, 2006). Esta técnica é amplamente adotada tanto na pesquisa quanto na prática clínica como um método de reabilitação / formação, dependendo do estado do músculo a ser estimulado ela pode ser utilizada para a conservação e/ou recuperação de massa e função do músculo durante longos períodos de desuso ou

imobilização (Gibson et al., 1988; Snyder-Mackler et al., 1995), para a melhora da função muscular em diferentes populações saudáveis: indivíduos idosos (CAGGIANO et al., 1994), indivíduos adultos (CURRIER e MANN, 1983), atletas de competição (BABAULT et al., 2007; DELITTO et al., 1989; MAFFIULETTI et al., 2002; PICHON et al., 1995), e também como uma modalidade de reforço pré-operatório. Tornou-se ainda uma alternativa para o exercício ativo e preservação da massa muscular e força em pacientes com doenças crônicas, insuficiência cardíaca (IC) (NUHR et al., 2004) e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (NEDER, 2002; VIVODTZEV et al., 2006). Muitos desses pacientes, mesmo aqueles que são clinicamente estáveis, experimentam grave dispneia aos esforços, o que poderá impedir a aplicação normal de treinamento físico convencional, considerada necessária para uma abordagem terapêutica integrada (ROUTSI et al., 2010). 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 (NEEDHAM et al., 2009).

Segundo a *American Physical Therapy Association* (APTA), a EENM consiste na ação de estímulos elétricos terapêuticos aplicados sobre o tecido muscular, por meio do sistema nervoso periférico íntegro, para restaurar funções motoras e sensoriais (MATHEUS et al., 2007). O aspecto mais original da EENM é a ordem de ativação de unidades motoras, que é bastante diferente do padrão de recrutamento fisiológico segundo Henneman e cols. (1965), onde as unidades motoras lentas (tipo I) são utilizadas para pequenos esforços, enquanto as rápidas (tipo II) são gradualmente recrutadas quando há maiores níveis de produção de força. Durante a EENM o recrutamento ocorre de forma inversa: as fibras rápidas são as primeiras a serem recrutadas, sendo que esse fenômeno ocorre porque o estímulo elétrico é aplicado externamente à terminação nervosa e pelo fato das células maiores, com resistência de *input* axonal baixa, serem mais excitáveis (MATHEUS et al., 2007), isso acontece, segundo Gregory e Bickel (2005), mesmo em níveis relativamente baixos de força evocada.

No que diz respeito ao recrutamento espacial, se a EENM for realizada com intensidade constante, irá impor uma atividade contrátil contínua à mesma população de fibras musculares superficiais (ou seja, aqueles com ramos axonais em proximidade com os eletrodos de estimulação), e tal recrutamento fixo diminuirá proporcionalmente

com aumento da distância do eletrodo (VANDERTHOMMEN et al., 2000). Por outro lado, se a intensidade da corrente for progressivamente aumentada ao longo da sessão de treinamento (THEUREL et al., 2007), as novas fibras localizadas a uma distância maior a partir do eletrodo (isto é, mais profundo) poderiam ser despolarizadas, enquanto as superficiais manteriam sua atividade contrátil apesar da ocorrência de transmissão-propagação neuromuscular falha (ZORY et al., 2005). Para isto, existem pelo menos três estratégias para maximizar o recrutamento espacial durante a EENM. Em primeiro lugar, a intensidade de estimulação deve ser aumentada sempre que possível, de preferência depois cada contração, para despolarizar novas e mais profundas fibras musculares em cada contração evocada. Em segundo lugar, os eletrodos devem ser movidos após uma série de contrações (dentro da mesma sessão e entre as sessões), de modo a alterar a população de fibras superficiais preferencialmente ativadas pela corrente EENM. Em terceiro lugar, também é recomendado alterar o comprimento do músculo através da manipulação no ângulo da articulação, para variar a posição das fibras musculares, mas também para modificar a provável contribuição cutânea (GARNETT e STEPHENS, 1981).

Estudos humanos têm resultados contraditórios produzidos sobre o recrutamento de unidades motoras, ora com alguns estudos sugerindo ativação preferencial ou seletiva de unidades motoras rápidas com a EENM (CABRIC et al., 1988; HEYTERS et al., 1994; TRIMBLE e ENOKA, 1991), ora demonstrando pouca ou nenhuma diferença entre contrações voluntárias e eletricamente produzidas (BINDER-MACLEOD et al., 1995; FEIEREISEN et al., 1997; KNAFLITZ et al., 1990). Em um artigo de revisão, Gregory e Bickel (2005) sugeriram que o recrutamento de unidades motoras durante a EENM é não seletivo ou aleatório, que estas unidades motoras são ativadas sem seqüenciamento óbvio relacionado com os tipos de unidade (ou seja, recrutamento "desordenado"). Em 2011, Bickel e Gregory realizaram uma nova revisão com o objetivo de fornecer informações sobre o que os estudos anteriores sugerem sobre as diferenças entre a contração voluntária e através da EENM em relação a ativação de unidades motoras e concluíram que o recrutamento durante a estimulação elétrica é do tipo não seletivo, assíncrono e não é fixo. Segundo os autores, ambas as fibras, lentas e rápidas são recrutadas não seletivamente através da EENM a baixos ou altos níveis de força.

Como limitações da técnica, encontra-se o desconforto fote associado à estimulação elétrica periférica (DELITTO et al., 1992; LAKE, 1992) e o recrutamento espacial limitado das fibras musculares, sendo bastante superficial (VANDERTHOMMEN et al., 2003). Porém, ambos os fatores estão estritamente relacionados com a dose atual. A fim de melhorar a aceitabilidade da EENM, os pesquisadores têm uma longa tentativa de minimizar o desconforto e maximizar o recrutamento espacial, alterando as características dos parâmetros para realização da EENM.

Apesar da atratividade fisiológica da EENM, os ensaios clínicos randomizados que avaliam os efeitos da técnica nos primeiros sete dias de internação na UTI ainda relatam metodologias muito distintas e conflitantes, no que diz respeito a diferenças na seleção dos pacientes, a inclusão ou exclusão de pacientes com sepse e a aplicação da técnica para populações heterogêneas (GEROVASILI et al, 2009a; GEROVASILI et al, 2009b; ROUTSI et al, 2010; RODRIGUEZ et al, 2012).

- Prancha ortostática

O ortostatismo como recurso terapêutico pode ser adotado de forma passiva ou ativa para estimulação motora, melhora da função cardiopulmonar e do estado de alerta. O uso da prancha ortostática é indicado para readaptar os pacientes à posição vertical quando o mesmo é incapaz de manter essa postura com segurança sozinho ou até mesmo com considerável assistência (JERRE et al, 2007; NEEDHAM, 2008; MORRIS; HERRIDGE, 2007; CHANG, BOOTS et al, 2004).

Esta prática tem sido encorajada em doentes críticos com base em seus supostos benefícios, que incluem melhora do controle autonômico do sistema cardiovascular, melhora da oxigenação, aumento da ventilação, melhora do estado de alerta, estimulação vestibular, facilitação de resposta postural antigravitacional, prevenção de contraturas articulares e úlceras por pressão (JERRE et al, 2007; CHANG et al, 2004; VELLAR; FORTI, 2008).

Acredita-se que o aumento da ventilação proporcionado por essa terapêutica pode prevenir complicações pulmonares. Chang et al. relata em seu trabalho que a otimização dos volumes pulmonares pode estar associada a redistribuição das secreções pulmonares, facilitando a tosse ou a aspiração das mesmas. A técnica também seria benéfica para os pacientes que não são capazes de participar ativamente de exercícios respiratórios de expansão pulmonar (CHANG et al, 2004).

Não há consenso quanto às indicações e contraindicações dessa terapêutica. No entanto, o III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica recomenda a utilização da prancha ortostática apenas em pacientes crônicos e estáveis clinicamente (JERRE et al, 2007). Estudos recentes demonstram a necessidade de monitorização constante da pressão arterial sistêmica, frequência cardíaca, saturação de oxigênio, presença ou não de fadiga, desconforto do paciente e padrão respiratório alterado durante a inclinação.

- Reabilitação Virtual

Entre outros documentos descritivos de novas técnicas para mobilização precoce na UTI, a viabilidade de Wii terapia e outras terapias de vídeo interativas tem sido descritas. Em um estudo observacional, estudo de um único centro, Kho e colegas investigaram a uso de terapias de vídeo como uma forma de mobilização precoce em doença grave (KHO et al, 2012). Dos 410 pacientes que receberam a terapia física, 5% utilizaram jogos de vídeo para o equilíbrio (52%) e resistência (45%) e a maioria dos jogos comuns foram de boxe, *bowling* e equilíbrio. Nenhum evento adverso ocorreu. Não há estudos, no entanto, compararam essas intervenções com um grupo controle que recebeu o tratamento padrão (KHO et al, 2012).

- Cicloergômetro

Sabe-se que os procedimentos fisioterapêuticos realizados na UTI levam a pequenas alterações hemodinâmicas, sendo considerados seguros e factíveis de serem realizados na maioria dos pacientes (ZAFIROPOULOS et al, 2004; FREITAS et al, 2012). O cicloergômetro é um aparelho estacionário, que permite rotações cíclicas, podendo ser utilizado para realizar exercícios passivos, ativos e resistidos com os pacientes (NEEDHAM et al, 2009). Apesar de ser frequente seu uso em ambiente ambulatorial para auxiliar na reabilitação de pacientes com doença DPOC (NICI et al, 2006), poucos estudos avaliam seu uso em ambiente hospitalar e de terapia intensiva (BURTIN et al, 2009; DANTAS et al, 2012; PINHEIRO; CHRISTOFOLETTI, 2012; PORTA et al, 2005). Este dispositivo tem sido testado em indivíduos saudáveis, como parte de programas de pesquisa, e foi encontrado que este preserva a espessura do músculo coxa durante a imobilização prolongada (ELLIS et al, 1993).

É um meio comumente utilizado para teste e treinamento de pacientes com deficiência energética (particularmente na área das doenças cardiopulmonares). Evidências recentes sugerem que cicloergômetros também podem ser úteis em pacientes com acidente vascular cerebral subagudo e crônico, lesão cerebral, doenças neurológicas degenerativas crônicas, e lesão na da medula espinhal. Comercialmente cicloergômetros disponíveis mostram grandes diferenças em termos de estrutura e função que têm um impacto direto sobre os protocolos de reabilitação específicos (CAPODAGLIO et al, 2007).

Porta e cols. (2005) foram os primeiros a utilizar esse tipo de dispositivo, porém, o exercício somente foi iniciado após o desmame da VM e realizado com os membros superiores (MMSS). Os estudos de Burtin e cols. (2009) e de Dantas e cols. (2012) relatam que o uso precoce desse dispositivo (durante a assistência ventilatória). aumenta a força muscular e está associado a melhora da capacidade funcional dos indivíduos.

Este método também demonstrou ser seguro e praticável em estudos durante hemodiálise (MOUG et al, 2004) e em pacientes com DPOC (LARSON et al, 1999). É uma forma de mobilização baseada em bicicleta ergométrica, além de tratamento padrão já foi usado como uma forma de mobilização precoce em um único estudo randomizado de 90 pacientes em estado crítico, e comparado com o tratamento padrão. Neste estudo, a mobilização baseada no cicloergômetro melhorou a média de uma caminhada de 6 minutos na alta hospitalar (196 m versus 143 m, $P < 0,05$) (BURTIN et al, 2009).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARONSON, L.S.; BURMAN, M.E. Use of health records in research: reliability and validity issues. *Res Nurs Health*, v.17, n.1, p. 67–73, 1994.
- ABU, E.S.Y.; MCCOOL, F.D. Ultrasound evaluation of diaphragm thickening and extubation outcome. *Chest*, v. 130, p.201S, 2006.
- ALI, N.A et al. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 178, n.3, p. 261–8, 2008.
- ALI, N.A. Have we found the prevention for intensive care unit-acquired paresis?. *Crit Care*, v.14, n.3, p.160, 2010.
- ALLEN, C.; GLASZIOU, P.; DEL MAR, C. Bed rest: A potentially harmful treatment needing more careful evaluation. *Lancet*, v. 354, p.1229–33, 1999.
- AMAYA-VILLAR, R. et al. Steroid induced myopathy in patients intubated due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med*, v.31, p.157-61, 2005.
- AMBROSINO, N. et al. Rehabilitation, weaning and physical therapy strategies in chronic critically ill patients. *Eur Respir J*, v.39, n.2, p. 487–92, 2012.
- BABAULT, N.; COMETTI, G.; BERNARDIN, M.; POUSSON, M.; CHATARD, J.C. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *J Strength Cond Res*, v.21, p. 431–437, 2007.
- BAILEY, P. et al. Early activity is feasible and safe in respiratory failure patients. *Crit Care Med*, v. 35, n.1, p.139-45, 2007.
- BAILEY, P. P.; MILLER, R.R.; CLEMMER, T.P. Culture of early mobility in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med*, v. 37, n. 10 (Suppl), p. S429-35, 2009.
- BAILEY, P.; THOMSEN, G.E., SPUHLER, V.J. et al., “Early activity is feasible and safe in respiratory failure patients,” *Critical Care Medicine*, v.35, n.1, p. 139–145, 2007.
- BALDWIN, C.E. et al. Diaphragm and peripheral muscle thickness on ultrasound: Intra-rater reliability and variability of a methodology using non-standard recumbent positions. *Respirology*, v.16, p.1136–1143, 2011.
- BAUTMANS, I. et al. The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC Geriatrics*, v.5, p.17, 2005.

- BAX, M. et al. Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol.* v.47, n.8, p.571-6, 2005.
- BEAULIEU, Y.; MARIK, P.E. Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest*, v.128, p.881–895, 2005.
- BEAULIEU, Y.; MARIK, P.E. Bedside ultrasonography in the ICU: part 2. *Chest*, v. 128, p.1766–1781, 2005.
- BINDER-MACLEOD, S.A.; HALDEN, E.E.; JUNGLES, K.A. Effects of stimulation intensity on the physiological responses of human motor units. *Med Sci Sports Exerc*, v.27, p.556–565, 1995.
- BITTNER, E.A. et al. Measurement of muscle strength in the intensive care unit. *Crit Care Med*, v.7, n.10 (Suppl), p. S321-30, 2009.
- BLEAKNEY, R.; MAFFULLI, N. Ultrasound changes to intramuscular architecture of the quadriceps following intramedullary nailing. *J Sports Med Phys Fitness*, v. 42, n.1, p.120-5, 2002.
- BOLTON, C. F. “Neuromuscular manifestations of critical illness”. *Muscle and Nerve*, v. 32, n. 2, p. 140–163, 2005.
- BORGES, V.M. et al. Fisioterapia motora em pacientes adultos em terapia intensiva. *Rev Bras Ter Intensiva*, v. 21, n.4, p.446-52, 2009.
- BURTIN, C. et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med*, v. 37, p. 2499-2505, 2009.
- CABRIC, M.; APPELL, H.J.; RESIC, A. Fine structural changes in electrostimulated human skeletal muscle. Evidence for predominant effects on fast muscle fibres. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* v.57, p.1–5, 1988.
- CAGGIANO, E.; EMREY, T.; SHIRLEY, S.; CRAIK, R.L. Effects of electrical stimulation or voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. *J Orthop Sports Phys Ther*, v.20, p.22–28, 1994.
- CAPODAGLIO, P. et al. Cycle ergometers in rehabilitation medicine: technical characteristics and selection criteria. *G Ital Med Lav Ergon*, v. 29, n. 4, p. 942-8, 2007.
- CERIANA, P. et al. Use of bronchodilators during non-invasive mechanical ventilation. *Monaldi Arch Chest Dis*, v.59, n.2, p.123-127, 2003.
- CHANG, A.T. et al. Standing with assistance of a tilt table in intensive care: a survey of Australian physiotherapy practice. *Aust J Physiother*, v.50, n.1, p.51-4, 2004.

- CHEUNG, A.M. et al. Two-year outcomes, health care use, and costs of survivors of acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. v.174, p. 538–544, 2006.
- CLINI, E.; AMBROSINO, N. Early physiotherapy in the respiratory intensive care unit. *Respir Med*. v. 99, n. 9, p.1096-104, 2005.
- COHN, D. et al. Diaphragmthickening during inspiration. *J. Appl. Physiol*. v. 83, p. 291–6, 1997.
- CORWIN, E.J. Understanding cytokines. Part I: Physiology and mechanism of action. *Biol Res Nurs*, v. 2, n.1, p. 30-40, 2000.
- CREVENNA, R. et al. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Fialka-Moser%20V%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=16523264 Neuromuscular electrical stimulation for a patient with metastatic lung cancer--a case report. *Support Care Cancer*, v.14, n.9, p. 970-3, 2006.
- CURRIER, D.P.; MANN, R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther*, v.63, p.915–921, 1983.
- DALE, M. et al. Technology to enhance physical rehabilitation of critically ill patients. *Crit Care Med*, v.37, n.15 (Suppl.), 2009.
- DANTAS, C.M. et al. Influência da mobilização precoce na força muscular periférica e respiratória em pacientes críticos. *Rev Bras Ter Intensiva*. v.24, n.2, p. 173-8, 2012.
- DAVYDOW, D.S. et al. Depression in general intensive care unit survivors: a systematic review. *Intensive Care Med*, v. 35, n.5, p. 796–809, 2009.
- DE BRUIN, P.F. et al. Size and strength of the respiratory and quadriceps muscles in patients with chronic asthma. *Eur. Respir. J.*; v. 10, p. 59–64, 1997.
- DE JONGHE, B. et al. Does ICU-acquired paresis lengthen weaning from mechanical ventilation?. *Intensive Care Med*, v. 30, p. 1117-1121, 2004.
- DE JONGHE, B. et al. Intensive care unit-acquired weakness: risk factors and prevention. *Crit Care Med*, v.37, n.10 (Suppl), p. S309-15, 2009.
- DE JONGHE, B. et al. Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study. *Jama*, v. 288, n.22, p. 2859–67, 2002.
- DE JONGHE, B. et al. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Crit Care Med*, v. 35, n.9, p. 2007-15, 2007.
- DE LETTER, M.A. et al. Risk factors for the development of polyneuropathy and myopathy in critically ill patients. *Crit Care Med*, v.29, p. 2281–6, 2001.

- DELITTO, A.; BROWN, M.; STRUBE, M.J.; ROSE, S.J.; LEHMAN, R.C. Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: a single subject experiment. *Int J Sports Med*, v. 10, p.187–191, 1989.
- DELITTO, A.; STRUBE, M.J.; SHULMAN, A.D.; MINOR, S.D. A study of discomfort with electrical stimulation. *Phys Ther*, v.72, p.410–421 (discussion on 421–424), 1992.
- DESAI, S.V.; LAW, T.J.; NEEDHAM, D.M. Long-term complications of critical care. *Crit Care Med*. v.39, n.2, p. 371-9, 2011.
- DOCK, W. The evil sequelae of complete bed rest. *JAMA*, p.125, p. 1083–85, 1944.
- DOWDY, D.W. et al. Quality of life in adult survivors of critical illness: a systematic review of the literature. *Intensive Care Med*, v. 31, n.5, p. 611–20, 2005.
- DUFRESNE, V. et al. Effect of systemic inflammation on inspiratory and limb muscle strength and bulk in cystic fibrosis. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*, v.180, p.153–8. 2009.
- EDBROOKE, D.L. et al. Implications of ICU triage decisions on patient mortality: a cost-effectiveness analysis. *Critical Care*, v. 15, p. R56, 2011.
- ELLIS, S.; KIRBY, L.C.; GREENLEAF, J.E. Lower extremity muscle thickness during 30-day 6 degrees head-down bed rest with isotonic and isokinetic exercise training. *Aviat Space Environ Med*; v.64, p.1011-1015, 1993.
- FEIEREISEN, P.; DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior. *Exp Brain Res*, v.114, p.117–123, 1997.
- FLETCHER, S.N. et al. Persistent neuromuscular and neurophysiologic abnormalities in long-term survivors of prolonged critical illness. *Crit Care Med*, v.31, p.1012-1016, 2003.
- FRANÇA, E.E.T. et al. Recomendações de fisioterapia em pacientes críticos adultos. *Rev Bras Ter Intensiva*, v.24, n.1, p. 6-22, 2012.
- FREITAS, E.R. et al. Efeitos da mobilização passiva nas respostas hemodinâmicas agudas em pacientes sob ventilação mecânica. *Rev Bras Ter Intensiva*, v.24, n.1, p.72-8, 2012.
- GARDINER, M.D. *Manual de terapia por exercícios*. São Paulo: Santos; 1995. 316p.
- GARNACHO-MONTERO, J. et al. Critical illness polyneuropathy: risk factors and clinical consequences. A cohort study in septic patients. *Intensive Care Med*, v.27, p.1288–96, 2001.

- GARNETT, R.; STEPHENS, J.A. Changes in the recruitment threshold of motor units produced by cutaneous stimulation in man. *J Physiol*, v.311, p.463–473, 1981.
- GENC, A. et al. Respiratory and hemodynamic responses to mobilization of critically ill obese patients. *Cardiopulm Phys Ther J*, v.23, p.14-18, 2012.
- GEROVASILI, V. et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care*, v.13, p. R161b, 2009b.
- GEROVASILI, V. et al. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest*, v.136, p. 1249-1256, 2009a.
- GIBSON, J.N.; SMITH, K.; RENNIE, M.J. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet*, v.2, p.767–770, 1988.
- GIBSON, J.N.; SMITH K, RENNIE, M.J. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet*. v.1, n.2(8614), p.767-70, 1988.
- GIRARD, T.D. et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet*, v.12, n.371(9607), p.126-34, 2008.
- GOSSELINK, R. et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med*. v.34, n.7, p.1188-99, 2008.
- GREGORY, C.M.; BICKEL, C.S. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Phys Ther*, v.85, p.358–364, 2005.
- GRIFFITHS, R.D. et al. Effect of passive stretching on the wasting of muscle in the critically ill. *Nutrition*,; v.11, n.5, p. 428-32, 1995.
- GRIFFITHS, R.D.; Hall JB. Intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med*, v.38, n.3, p.779-787, 2010.
- GROSU, H.B. et al. Diaphragm Muscle Thinning in Patients Who Are Mechanically Ventilated. *Chest*, v.142, n.6, p.1455-1460, 2012.
- GRUTHER, W. et al. Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *J Rehabil Med*, v.40, p.185–9, 2008.

- HELLIWELL, T.R. et al. Muscle fiber atrophy in critically ill patients is associated with the loss of myosin filaments and the presence of lysosomal enzymes and ubiquitin. *Neuropat App Neurobiol*, v.24, p.507-517, 1998b.
- HELLIWELL, T.R. et al. Necrotizing myopathy in critically ill patients. *J Pathol*, v.164, p.307-314, 1991a.
- HENNEMAN, E.; SOMJEN, G.; CARPENTER, D.O. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol* 28:560–580, 1965.
- HERRIDGE, M.S. et al. Canadian Critical Care Trials Group: One-year outcomes in survivors of the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*, v. 348, p.683-93, 2003.
- HERRIDGE, M.S. et al. Functional disability 5 years after acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*, v.364, n.14, p.1293–304, 2011.
- HEYTERS, M.; CARPENTIER, A.; DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. Twitch analysis as an approach to motor unit activation during electrical stimulation. *Can J Appl Physiol*, v.19, p.451–461, 1994.
- HILL, G.L. Implications of critical illness, injury, and sepsis on lean body mass and nutritional needs. *Nutrition*, v.14, p.557–558, 1998.
- HIRSCH, C.H. et al. The natural history of functional morbidity in hospitalized older patients. *J Am Geriatr Soc*, v.38, p.1296-1303, 1990.
- HODGSON, C.L. et al. Clinical review: Early patient mobilization in the ICU. *Critical Care*, v.17, p.207, 2013.
- IWASHYNA, T.J. et al. Long-term cognitive impairment and functional disability among survivors of severe sepsis. *JAMA*, v.304, p.1787–1794, 2010.
- JACKSON, J.C.; MITCHELL, N.; HOPKINS, R.O. Cognitive functioning, mental health, and quality of life in ICU survivors: an overview. *Crit Care Clin*, v.25, n.3, p.615-28, 2009.
- JERRE, G. et al. Fisioterapia no paciente sob ventilação mecânica. *J Bras Pneumol*, v.33 (Supl 2), p.142-50, 2007.
- JUDEMANN, K. et al. Intensive care unit-acquired weakness in the critically ill: critical illness polyneuropathy and critical illness myopathy. *Anaesthetist*, v.60, n.10, p.887–901, 2011.
- KAPFHAMMER, H.P. et al. Posttraumatic stress disorder and health-related quality of life in long-term survivors of acute respiratory distress syndrome. *Am J Psychiatry*, v.161, n.1, p.45–52, 2004.

- KASPER, CE., TALBOT, LA., GAINES, JM. Skeletal muscle damage and recovery. *AACN Clinical Issues*, v.13, p. 237-247, 2002.
- KAWAKAMI, Y. et al. Changes in muscle size and architecture following 20 days of bed rest. *Journal of gravitational physiology: a journal of the International Society for Gravitational Physiology*. v.7, n.3, p.53-59, 2000.
- KHO, M.E. et al. Feasibility and observed safety of interactive video games for physical rehabilitation in the intensive care unit: a case series. *J Crit Care*, v.27, p. e211-e216, 2012.
- KISNER, C.; COLBY, L.A. *Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas*. 3ª ed. São Paulo: Manole, 1998. 746.
- KNAFLITZ, M.; MERLETTI, R.; DE LUCA, C.J. Inference of motor unit recruitment order in voluntary and electrically elicited contractions. *J Appl Physiol*, v.68, p.1657-1667, 1990.
- KORUPOLU, R.; GIFFORD, J.M.; NEEDHAM, D.M. Early mobilization of critically ill patients: reducing neuromuscular complications after intensive care. *Contemp Crit Care*. v.6, n.9, p.1-11, 2009.
- KOTTKE, F.J.; STILLWELL, G.K.; LEHMANN, J.F.K. *Tratado de medicina física e reabilitação*. 3ª ed. São Paulo: Manole, p.423-504, 1984.
- KRESS, J.P. Clinical trials of early mobilization of critically ill patients. *Crit Care Med*. v.37 (10 Suppl), p. S442-7, 2009.
- KRESS, J.P. et al. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med*, v.342, n.20, p.1471-7, 2000.
- LAKE, D.A. Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports Med*, v.13, p.320-336, 1992.
- LARSON, J.L. et al. Cycle ergometer and inspiratory muscle training in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v.160, p.500-507, 1999.
- LATRONICO, N.; BOLTON, C.F. Critical illness polyneuropathy and myopathy: a major cause of muscle weakness and paralysis. *Lancet Neurol*, v.10, p.931-941, 2011.
- LATRONICO, N.; RASULO, F.A. Presentation and management of ICU myopathy and neuropathy. *Curr Opin Crit Care*, v.16, n2, p.123-127, 2010.
- LAUPLAND, K. et al. Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest*, v.129, p.954-9, 2006.
- LEDITSCHKE, I.A. et al. What are the barriers to mobilizing intensive care patients?. *Cardiopulm Phys Ther J*, v.23, n.1, p.26-9, 2012.

- LEIJTEN, F.S. et al. The role of polyneuropathy in motor convalescence after prolonged mechanical ventilation. *JAMA*, v.274, p.1221-1225, 1995.
- LEVINE, S. et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med*, v.358, n.13, p.1327-35, 2008.
- LIPSHUTZ, A.K.; GROPPER, M.A. Acquired neuromuscular weakness and early mobilization in the intensive care unit. *Anesthesiology*. v.118, n.1, p.202–15, 2013.
- MACINTYRE, N.R. et al. National Association for Medical Direction of Respiratory Care. Management of patients requiring prolonged mechanical ventilation: report of a NAMDRC consensus conference. *Chest*, v.128, n.6, p.3937-54, 2005.
- MAFFIULETTI, N.A.; DUGNANI, S.; FOLZ, M.; DI PIERNO, E.; MAURO, F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc*, v.34, p.1638–1644, 2002.
- MALKOÇ, M.; KARADIBAK, D.; YILDIRIM, Y. The effect of physiotherapy on ventilatory dependency and the length of stay in an intensive care unit. *Int J Rehabil Res*, v.32, n.1, p.85-8, 2009.
- MANNING, E.M.; SHENKIN, A. Nutritional assessment in the critically ill. *Crit Care Clin*, v.11, n.3, p.603-34, 1995.
- MARTINEZ et al. Declínio funcional em uma unidade de terapia Intensiva (UTI). *Revista Inspirar movimento & saúde*, Curitiba, v.6, n.2, p. 1-5, mar-abr. 2013.
- MATAMIS, D. et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med*, v.39, p. 801–810, 2013.
- MATHEUS, J.P.C. et al. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular durante a imobilização nas propriedades mecânicas do músculo esquelético. *Rev Bras Med Esporte*. v.13, n.1, p.55-9, 2007.
- MCARDLE, W.D. & K, F. I. & K, V.L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano* 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. p.296.
- MIRZAKHANI, H. et al. Muscle weakness predicts pharyngeal dysfunction and symptomatic aspiration in long-term ventilated patients. *Anesthesiology*, v.119, p. 389–397, 2013.
- MOREIRA, D.; ÁLVAREZ, R.R.A.; GODOY, J.R.D. Abordagem sobre preensão palmar utilizando o dinamômetro Jamar: uma revisão de literatura. *R Bras Ci e Mov*; v.11, p. 95-9, 2003.

- MOREIRA, R.C.M. *Mobilização Precoce de Pacientes Criticamente Doentes – ensaio clínico aleatorizado*. 2012. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012.
- MORRIS, P.E. et al.. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*, v.36, n.8, p. 2238-2243, 2008.
- MORRIS, P.E.; HERRIDGE, M.S. Early intensive care unit mobility: future directions. *Crit Care Clin*, v.23, n.1, p. 97-110, 2007.
- MOUG, S.J. et al. Exercise during haemodialysis: West of Scotland pilot study. *Scott Med J*, v.49, p. 14-17, 2004.
- Nanas, S. et al. “Predisposing factors for critical illness polyneuromyopathy in a multidisciplinary intensive care unit,” *Acta Neurologica Scandinavica*, v.118, n.3, p. 175–181, 2008.
- NEDER, J.A. et al. Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Thorax*, v.57, n.4, p. 333-7, 2002.
- NEEDHAM, D.M. et al. Early physical medicine and rehabilitation for patients with acute respiratory failure: a quality improvement project. *Arch Phys Med Rehabil*. v.91, n.4, p.536-42, 2010.
- NEEDHAM, D.M. Mobilizing patients in the intensive care unit: improving neuromuscular weakness and physical function. *JAMA*, v.300, n.14, p.1685-90, 2008.
- NEEDHAM, I. et al. The effect of a training course on nursing students' attitudes toward, perceptions of, and confidence in managing patient aggression. *Journal of Nursing Education*, v.44, n.9, p. 415-20, 2005.
- NELSON, J.E. et al. Chronic critical illness. *Am J Respir Crit Care Med*. v.182, n.4, p. 446–54, 2010.
- NICI, L. et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*, v.173, n.12, p.1390-413, 2006.
- NORDON-CRAFT, A. et al. Intensive care unit-acquired weakness: implications for physical therapist management. *Phys Ther*. v.92, n.12, p.1494–506, 2012.
- NOZAWA, E. et al. Perfil de fisioterapeutas brasileiros que atuam em unidades de terapia intensiva. *Fisioter Pesquisa*, v.15, n.2, p. 177-82, 2008.
- NUHR, M.J. et al. Beneficial effects of chronic low-frequency stimulation of thigh muscles in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J*, v.25, n.2, p. 136-43, 2004.

- OHATA, K. et al. Measurement of muscle thickness as quantitative muscle evaluation for adults with severe cerebral palsy. *Physical Therapy*, v.86, n.9, p. 1231-1239, 2006.
- OLIVER, F.L. Suggested guidelines for the use of exercise with adults in acute care settings: a computerized key work search. *Physiother Can* v.50, n.2, p. 127–36, 1998.
- PERME, C.; Chandrashekar, R. Early mobility and walking program for patients in intensive care units: creating a standard of care. *Am J Crit Care*, v.18, n.3, p. 212-21, 2009.
- PICHON, F.; CHATARD, J.C.; MARTIN, A.; COMETTI, G. Electrical stimulation and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc*, v.27, p.1671–1676, 1995.
- PINHEIRO, A.R.; CHRISTOFOLETTI, G. Fisioterapia motora em pacientes internados na unidade de terapia intensiva: uma revisão sistemática. *Rev Bras Ter Intensiva*, v.24, n.2, p. 188-96, 2012.
- PORTA, R. et al. Supported arm training in patients recently weaned from mechanical ventilation. *Chest*, v.128, n.4, p. 2511-20, 2005.
- PUTHUCHEARY, Z. et al. Structure to function: muscle failure in critically ill patients. *The Journal of Physiology*, v.588, n.23, p.4641–4648, 2010.
- PUTHUCHEARY, Z.A. et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA*, v.310, n.15, p. 1591–600, 2013.
- REID, C.L.; CAMPBELL, I.T.; LITTLE, R.A. Muscle wasting and energy balance in critical illness. *Clin Nutr*, v.23, n.2, p. 273-80, 2004.
- RIVOREDO, M. A Cinesioterapia Motora como prevenção da Síndrome da Imobilidade Prolongada em pacientes internados em Unidade de Terapia Intensiva. Disponível em: <www.portalbiocursos.com.br/artigos/fisio_intensiva/03.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2013.
- RODRIGUEZ, P.O. et al. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Journal of Critical Care*, v. 27, p. 319.e1–319.e8, 2012.
- ROUTSI, C. et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Critical Care*, v.14, p. R74, 2010.
- SCHEURINGER, M. et al.. ICF Core Set for patients with musculoskeletal conditions in early post-acute rehabilitation facilities. *Disability and Rehabilitation*, v.27, n.7/8, p.405-10, 2005.

- SCHWEICKERT, W.D. et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*, v. 373, p. 1874-1882, 2009.
- SCHWEICKERT, W.D.; HALL, J. ICU-acquired weakness. *Chest*, v.131, n.5, p. 1541-9, 2007.
- SEMMLER, A. et al. Long-term neuromuscular sequelae of critical illness. *J Neurol*, v. 260, n.1, p.151-7, 2013.
- SIBINELLI, M. et al. Efeito imediato do ortostatismo em pacientes internados na unidade de terapia intensiva de adultos. *Rev Bras Ter Intensiva*,; v.24, n.1, p. 64-70, 2012.
- SKINNER, E.H. et al. Rehabilitation and exercise prescription in Australian intensive care units. *Physiotherapy*, v.94, n.3, p. 220-9, 2008.
- SMITH, M.A.; REID, M.B. Redox modulation of contractile function in respiratory and limb skeletal muscle. *Respir Physiol Neurobiol*. v.151, n.2-3, p. 229-41, 2006.
- SNYDER-MACKLER, L.; DELITTO, A.; BAILEY, S.L.; STRALKA, S.W. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *J Bone Jt Surg Am*, v.77, p.1166-1173, 1995.
- ST PIERRE, B.A.; KASPER, C.E.; LINDSEY, A.M. Fatigue mechanisms in patients with cancer: effects of tumor necrosis factor and exercise on skeletal muscle. *Oncol Nurs Forum*, v.19, n.3, p. 419-25, 1992.
- STEVENS, R.D. et al. A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med*, v.37 (Suppl. 10), p. S299-308, 2009.
- STOCKLEY, R.C. et al. An investigation of the use of passive movements in the intensive care by UK physiotherapists. *Physiotherapy*, v.96, n.3, p. 228-33, 2010.
- STOLL, T. et al. ICF Core Set for patients with musculoskeletal conditions in the acute hospital. *Disabil Rehabil*, v.27, n.7-8, p. 381-7, 2005.
- THEUREL, J.; LEPERS, R.; PARDON, L.; MAFFIULETTI, N.A. Differences in cardiorespiratory and neuromuscular responses between voluntary and stimulated contractions of the quadriceps femoris muscle. *Respir Physiol Neurobiol*, v.157, p.341-347, 2007.
- THOMSEN, G.E. et al. Patients with respiratory failure increase ambulation after transfer to an intensive care unit where early activity is a priority. *Crit Care Med*, v.36, n.4, p. 1119-24, 2008.

- TOPP, R. et al. The Effect of Bed Rest and Potential of Prehabilitation on Patients in the Intensive Care Unit. *AACN Clinical Issues*, v.13, n.2, p. 263-276, 2002.
- TRIMBLE, M.H.; ENOKA, R.M. Mechanisms underlying the training effects associated with neuromuscular electrical stimulation. *Phys Ther*, v.71, p.273–280 (discussion 280–272), 1991.
- UEKI, J.; DE BRUIN, P.F.; PRIDE, N.B. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*, v.50, p. 1157–61, 1995.
- UNROE, M. et al. Oneyear trajectories of care and resource utilization for recipients of prolonged mechanical ventilation: a cohort study. *Ann Intern Med*, v.153, p. 167–175, 2010.
- VAN DER SCHAAF, M. et al. Poor Functional recovery after a critical illness: a longitudinal study. *J Rehabil Med*, v. 41, p. 1041-1048, 2009.
- VAN, A.H.; MYEZWA, H. Exercise overcomes muscle weakness following on trauma and critical illness. *S Afr J Physiother*. v. 64, n.2, p. 36-42, 2008.
- VANDERTHOMMEN, M. et al. Spatial distribution of blood flow in electrically stimulated human muscle: a positron emission tomography study. *Muscle Nerve*, v.23, p.482–489, 2000.
- VANDERTHOMMEN, M.; et al. A comparison of voluntary and electrically induced contractions by interleaved ¹H- and ³¹P-NMRS in humans. *J Appl Physiol*, v.94, p.1012–1024, 2003.
- VASILEVSKIS, E.E. et al. Reducing iatrogenic risks: ICU–acquired delirium and weakness—crossing the quality chasm. *Chest*, v.138, p.1224-1233, 2010.
- VASSILAKOPOULOS, T.; PETROF, B.J. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 169, n.3, p. 336-41, 2004.
- VELLAR, C.M.; FORTI, J.G. Ortostatismo passivo em pacientes comatosos na UTI – um estudo preliminar. *Rev Neurociênc*. v.16, n.1, p. 16-9, 2008.
- VIVODTZEV, I. et al. Improvement in quadriceps strength and dyspnea in daily tasks after 1 month of electrical stimulation in severely deconditioned and malnourished COPD. *Chest*, v. 129, n.6, p. 1540-8, 2006.
- WAIT, J.L. et al. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J. Appl. Physiol*, v.67, p.1560–8, 1989.
- WORLD REPORT ON DISABILITY. Rehabilitation, 2011, p.93.
- WUNSCH, H. et al. The epidemiology of mechanical ventilation use in the United States. *Crit Care Med*, v.38, p. 1947–1953, 2010.

YENDE, S. et al. Inflammatory markers are associated with ventilatory limitation and muscle dysfunction in obstructive lung disease in well functioning elderly subjects. *Thorax*, v.61, n.1, p.10–16, 2006.

ZAFIROPOULOS, B.; ALISON, J.A.; MCCARREN, B. Physiological responses to the early mobilisation of the intubated, ventilated abdominal surgery patient. *Aust J Physiother*, v.50, n.2, p. 95-100, 2004.

ZANNI, J.M. et al. Rehabilitation therapy and outcomes in acute respiratory failure: an observational pilot project. *J Crit Care*, v. 25, p. 254-262, 2010.

ZILBERBERG, M.D.; DE WIT, M.; SHORR, A.F. Accuracy of previous estimates for adult prolonged acute mechanical ventilation volume in 2020: update using 2000-2008 data. *Crit Care Med*, v. 40, p. 18-20, 2012.

ZORY, R.; BOERIO, D.; JUBEAU, M.; MAFFIULETTI, N.A. Central and peripheral fatigue of the knee extensor muscles induced by electromyostimulation. *Int J Sports Med*, v.26, p.847–853, 2005.

4 JUSTIFICATIVA

Com o exponencial crescimento das tecnologias e recursos para o tratamento de pacientes em UTI's, as taxas de sobrevivência destes vêm aumentando consideravelmente. Ao passo que esta taxa de sobrevivência se eleva, as complicações decorrentes do quadro instalado também aumentam. Algumas são de fácil resolução, em contra partida outras complicações podem acompanhar o indivíduo por um longo período de tempo, gerando estada prolongada no ambiente hospitalar e aumento dos custos no tratamento da doença. Em torno de quarenta por cento dos pacientes que estão em UTIs e necessitam de VM invasiva apresentarão dificuldades para a saída da ventilação, em virtude das complicações musculares e respiratórias causadas pela imobilização.

Levando em consideração tal situação, as investigações atuais em terapia intensiva estão direcionadas para à reabilitação precoce de pacientes criticamente doentes, que é denominada de mobilização precoce. Esta, é caracterizada pela intervenção dentro das primeiras quarenta e oito horas de inatividade física, sendo que, umas das técnicas mais comumente aplicadas é a eletroestimulação neuromuscular, tendo em vista a prevenção da perda de massa muscular e redução do tempo de assistência ventilatória.

A maioria dos estudos publicados até o presente momento são voltados à EENM de membros inferiores, mais especificamente o músculo quadríceps, no entanto, sabe-se que a musculatura acessória da respiração influencia positivamente para a saída do paciente da VM. Neste sentido, este estudo torna-se relevante, pois avalia o efeito da presente técnica em músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) bem como sobre a mobilidade diafragmática de pacientes críticos em VMI.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo geral:

- Verificar o efeito da EENM sobre músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) bem como sobre a mobilidade diafragmática de pacientes adulto críticos em VMI.

5.2 Objetivos específicos:

- Verificar a correlação entre as espessuras dos músculos peitoral, reto abdominal e diafragma (espessura e mobilidade) em pacientes adultos críticos internados em uma UTI, após protocolo de EENM.
- Avaliar a eficácia do treinamento com EENM sobre a espessura muscular de peitorais, abdominais e diafragma.
- Analisar a influência do treinamento sobre o tempo de ventilação mecânica, tempo de internação na UTI e sucesso na extubação.

6 ARTIGO PRINCIPAL

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA DE PACIENTES CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

EFEITO DA EENM NA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA DE PACIENTES CRÍTICOS EM VMI: ECR

Amanda Sachetti PT¹, Ana Maria Dall' Acqua PT²; Graciele Sbruzzi PT³, Fernando de Aguiar Lemos PE⁴, Laura Jurema dos Santos PT⁵, Tanara Bianchi PT⁶, Wagner da Silva Naue PT⁷, Silvia Regina Rios Vieira MD⁸, Alexandre Simões Dias PT⁹. MoVe-ICU Study Group

¹ *Postgraduate program in Respiratory Sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Harry Becker, 567 bairro Santa Maria, Passo Fundo-RS, 99070-190. (54)91543394. amandasachetti@gmail.com*

² *Postgraduate program in cardiac sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

³ *Postgraduate program in human movement sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil; Graduate program in Respiratory Sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

⁴ *Postgraduate program in human movement sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

⁵ *Postgraduate program in cardiac sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

⁶ *Postgraduate program in Respiratory Sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

⁷ *Postgraduate program in Medical Sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

⁸ *Postgraduate program in cardiac sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil; Intensive medical service - HCPA (Hospital de Clínicas de Porto Alegre), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-903*

⁹ *Postgraduate program in Respiratory Sciences, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brazil; Physiotherapy service - HCPA (Hospital de Clínicas de Porto Alegre), Porto Alegre, Brazil. Address: Rua Ramiro Barcelos, 2350 - Santa Cecília, Porto Alegre - RS, 90035-90*

RESUMO

Objetivo: Verificar a associação entre os músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e a mobilidade diafragmática após um protocolo de Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM). Ainda, verificar o efeito da EENM sobre os músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e analisar as variáveis tempo de internação hospitalar, tempo de Ventilação Mecânica Invasiva (VMI) e taxa de reintubação. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado (ECR) duplo cego com 24 pacientes internados na unidade de terapia intensiva (UTI) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre/RS (HCPA), entre agosto/2013 e agosto/ 2014. Os indivíduos foram randomizados em dois grupos: grupo intervenção (EENM + fisioterapia convencional) e placebo (EENM placebo + fisioterapia convencional) e o protocolo foi realizado a partir de 24 horas de VMI até o sétimo dia de VMI ou 24 horas pós extubação. A EENM foi aplicada 1 vez ao dia, durante 30 minutos, nos músculos peitorais e reto abdominais. A espessura muscular e a mobilidade diafragmática foram analisadas através da ultrassonografia, no lado dominante do paciente. Na análise estatística foi utilizado Teste T de Student, Qui-Quadrado ou teste exato de Fisher e em caso de assimetria, Mann-Whitney. Ainda foi utilizado correlação linear de Spearman. **Resultados:** Foi observada correlação direta no grupo intervenção entre a musculatura do reto abdominal e peitoral ($r_s=0,607$ e $p=0,048$), entre o reto abdominal e a mobilidade diafragmática na fase de incursão ($r_s = 0,609$ e $p=0,047$), bem como com a mobilidade diafragmática (entre a incursão e excursão) ($r_s=0,920$ e $p<0,001$) e entre a mobilidade diafragmática na fase de excursão e a espessura do diafragma ($r_s=0,607$ e $p=0,048$). Já no grupo placebo houve correlação direta na mobilidade diafragmática, entre a incursão e excursão ($r_s=0,726$ e $p=0,003$) e entre a mobilidade diafragmática na fase de excursão e espessura do diafragma ($r_s=0,705$ e $p=0,005$). Em relação ao tempo de permanência na UTI, este foi menor no grupo intervenção ($p=0,045$). **Conclusão:** Nesta amostra houve correlação entre as musculaturas estudadas, sugerindo preservação da mobilidade diafragmática. Ainda, o tempo de permanência na UTI foi menor para o grupo eletroestimulado.

Clinical Trials: NCT 02298114

Palavras-chave: Estimulação Elétrica, Unidades de Terapia Intensiva, Ultrassonografia, Respiração Artificial, Fisioterapia.

ABSTRACT

Check the effect of Electrical Stimulation (NMES) on breathing accessory muscles (chest and abdominal rectum) and on diaphragmatic excursion in critically ill patients on mechanical ventilation (IMV). Methods: A randomized clinical trial (RCT) double blind with 24 patients in to the intensive care unit (ICU) of the Port of Clinical Hospital Alegre / RS (HCPA), between August / 2013 and August / 2014. Individuals were randomized in two groups : intervention group (NMES + conventional therapy) and placebo (placebo + NMES conventional physiotherapy). The protocol was performed from 24 hours of VMI by the seventh day of VMI or 24 hours after extubation. NMES was applied 1 time a day for 30 minutes in the chest and upright abdominal muscles where muscle thickness and diaphragmatic mobility were analyzed by ultrasound only on the dominant side of the patient. Statistical analysis was performed using Student's t test, chi-square or Fisher's exact test and in case of asymmetry, Mann-Whitney test. Yet

it was used linear Spearman correlation. Results: direct correlation was observed in the intervention group between the muscles of the abdominal and pectoral straight ($r_s = 0.607$ and $p = 0.048$) between the rectus abdominis and diaphragmatic excursion ($r_s = 0.609$ and $p = 0.047$) and with the diaphragmatic excursion (between the incursion and excursion) ($r_s = 0.920$ and $p < 0.001$) and between tour and thickness of the diaphragm ($r_s = 0.607$ and $p = 0.048$). In the placebo group there was a direct correlation on diaphragmatic excursion, between the incursion and excursion ($r_s = 0.726$ and $p = 0.003$) and between the tour and thickness of the diaphragm ($r_s = 0.705$ and $p = 0.005$). Regarding the length of stay in ICU, this was lower in the intervention group ($p = 0.045$). Conclusion: In this sample there was correlation between the studied muscles, suggesting preservation of diaphragmatic motion. Still, the length of stay in the ICU was lower for the electrically stimulated group.

Key-Words: Electric Stimulation, Intensive Care Units, Ultrasonography, Respiration, Artificial, Physiotherapy.

1 INTRODUÇÃO

Com o exponencial crescimento das tecnologias e recursos para o tratamento de pacientes em UTI's, as taxas de sobrevivência vêm aumentando consideravelmente [1]. 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 ambulatoriais [2]. Grosu e colaboradores [3] 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 [6]. Essa perda induz à fraqueza generalizada incidindo em 30% e 60% dos pacientes internados em UTI's, sendo que a fraqueza muscular é considerada preditor de mortalidade para esses pacientes [6].

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 adversas [7]. 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 independente [7]. Uma das técnicas que tem sido utilizada é a EENM, para diferentes grupos musculares [8], com fins de prevenir a perda de massa muscular e/ou aumentá-la [9], prevenir o desenvolvimento de polineuropatia [10], preservar a síntese da proteína muscular e evitar a atrofia muscular durante períodos prolongados de imobilização [11]. 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 cols. [12] 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 sistemática [13] 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 a associação entre os músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e a mobilidade diafragmática após um protocolo de EENM. Ainda, verificar o efeito da EENM sobre os músculos acessórios da respiração (peitoral e reto abdominal) e analisar as variáveis tempo de internação, tempo de Ventilação Mecânica Invasiva (VMI) e taxa de reintubação.

2 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 (NCT 02298114), 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*).

2.1 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, com necessidade de pelo menos 24 horas de VMI e no máximo 48 horas, proveniente da emergência ou unidade de internação, com no máximo 15 dias de internação hospitalar. Os critérios de exclusão foram pacientes com doenças neuromusculares, tais como acidente vascular encefálico, esclerose múltipla, esclerose lateral amiotrófica, miastenia gravis e Guillain Barré. Da mesma forma, 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 $> 60 \text{ mmHg}$), 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.

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.

2.2 Medidas de desfecho

2.2.1 Correlação entre as espessuras musculares

A avaliação da espessura muscular dos músculos peitorais e reto abdominais foi realizada através da ultrassonografia, antes de iniciar 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, cabeceira 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 pele [14].

Os pontos para coleta das imagens foram determinados por meio de parâmetros anatômicos [14].

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, 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.

2.2.2 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.

2.3 Randomização

A randomização foi realizada através do site www.randomization.com em blocos de 10 pacientes. Para manter o sigilo da sequência de randomização, a mesma foi gerada por um avaliador cego que foi contatado através do telefone após o indivíduo já ter sido incluído no estudo e estar pronto para iniciar o protocolo.

Os pacientes foram divididos em dois grupos: grupo intervenção (G1) e grupo placebo (G2). O G1 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 G2 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 pela equipe do setor aonde as coletas foram realizadas, sendo que o paciente é submetido a um teste de respiração espontânea por um período de 30 a 120 minutos e, conforme parâmetros clínicos, é extubado. É considerado um desmame de sucesso após 48 horas sem a necessidade de reintubação.

2.4 Intervenções

2.4.1 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 de treinamento teve duração de 30 minutos, sofrendo incremento de 1 minuto a cada dois dias de aplicação. 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. Já a intensidade foi aumentada até visualização ou palpação de contração muscular, ou ainda em pacientes acordados foi ajustada conforme a 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, durante 30 minutos. O protocolo consistiu de diagonais funcionais do método de facilitação neuromuscular proprioceptiva (duas séries de 10 repetições cada diagonal bilateral) de membros superiores e inferiores, para pacientes não sedados e, para os pacientes sedados eram realizadas mobilizações passivas bem como alongamento de membros superiores e inferiores. Ainda, exercícios manuais para higiene brônquica, tais como: vibrocompressão, manobras com ambú (*bag squeezing*) e aspiração de secreções quando necessário para todos os pacientes.

2.4.2 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, ou seja, 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 os atendimentos de fisioterapia respiratória e motora convencionais pelos profissionais do setor, até alta da UTI.

2.5 Cálculo Amostral

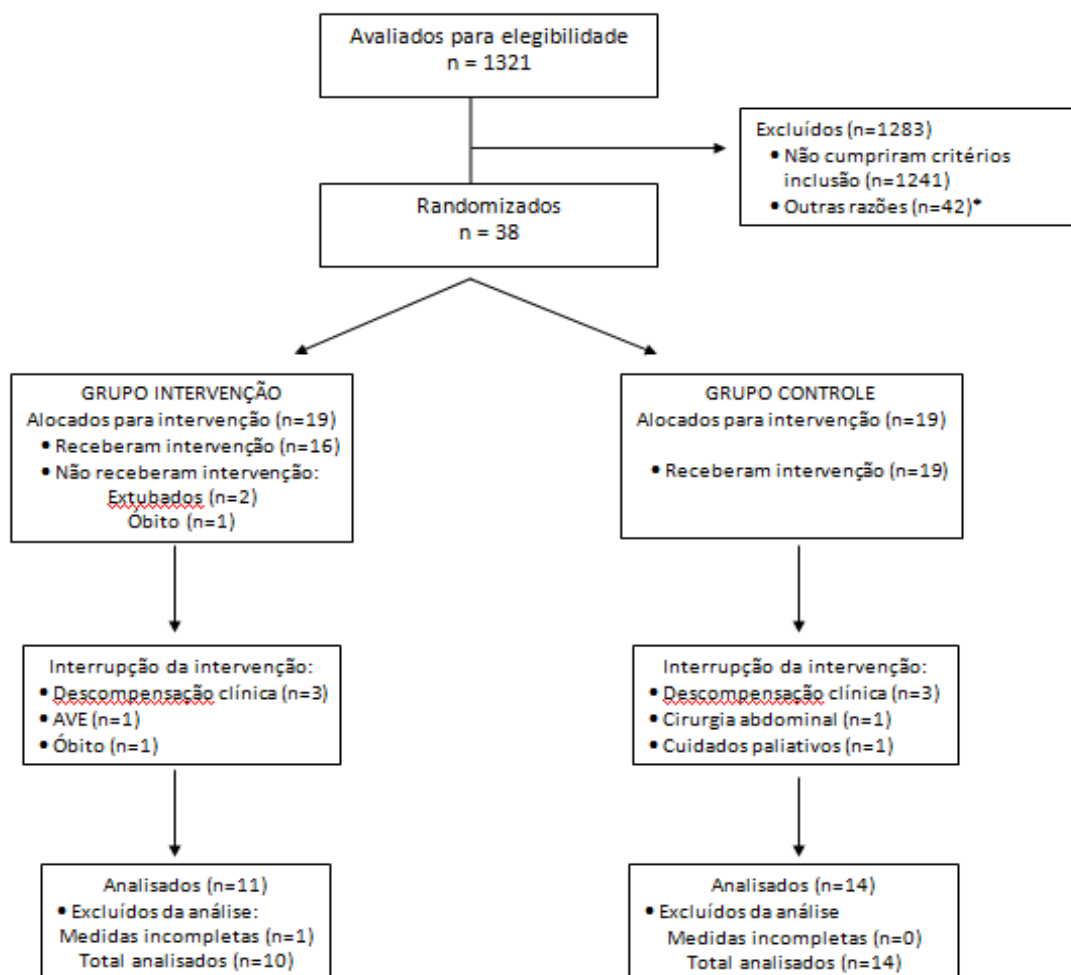
O cálculo amostral foi realizado por meio de um estudo piloto com dez pacientes para as variáveis espessura muscular de peitoral e reto abdominal, através do programa Winpepi. Estas foram ajustadas através de um delta considerando as medidas de espessura muscular final subtraída pela inicial sendo este resultado dividido pela quantidade de dias do indivíduo no protocolo. Foi utilizado um tamanho de efeito de 0,7 desvios padrões entre os grupos, nível de significância de 5% e poder de 80% . O maior tamanho amostral encontrado foi para espessura muscular de peitorais, totalizando 18 pacientes, 9 para cada grupo.

2.6 Análise Estatística

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) para dados qualitativos. Em caso de assimetria, o teste de Mann-Whitney e para avaliação da associação entre as variáveis contínuas, o teste da correlação linear de Spearman foi utilizado. 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 *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21.0.

3 RESULTADOS

Foram avaliados 1321 pacientes, destes 1283 não cumpriram os critérios de inclusão ou foram excluídos por outros motivos, sendo que 38 foram randomizados. Houve perdas e descontinuidade da intervenção por motivos descritos abaixo e a amostra final foi composta por 24 pacientes, 10 no grupo intervenção e 14 no grupo placebo (Figura 1, Tabela 1).



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

Fig 1 Fluxograma do estudo.

No primeiro dia de aplicação do protocolo, o modo ventilatório mais prevalente na amostra total foi ventilação controlada à pressão (80%), seguido de ventilação controlada a volume (8%). No terceiro dia de aplicação do protocolo, o mais prevalente ainda foi ventilação controlada à pressão (56%), já seguido de ventilação com pressão de suporte (32%).

Em relação ao uso de noradrenalina, no primeiro dia, a prevalência foi de 90% no G1 e de 64,3% no G2, já no 3º dia esta taxa reduziu para 50% no G1 e 42,8% no G2. A taxa de realização de hemodiálise durante a primeira sessão de EENM foi de 70% no G1 e 28,6% no G2, já no 3º dia foi de 30% no G1 e 21,4% no G2.

O tempo médio de VMI foi de 7,70 dias no G1 e 8,14 no G2 ($p=0,749$). O tempo de internação na UTI também apresentou-se menor no G1 (10,7 dias) em relação ao G2 (15,7 dias) ($p=0,045$). Ainda, a taxa de reintubação foi menor no G1 (20%) em comparação com o G2 (35,7%) ($p=0,653$). Nenhum paciente desta amostra fez uso de bloqueadores neuromusculares por dois dias consecutivos ou mais.

Tabela 1. Caracterização da amostra estudada.

Variáveis*	Grupo Intervenção (n=10)	Grupo Placebo (n=14)	<i>p</i>
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.

Nesta amostra foi encontrada correlação direta entre a espessura muscular do reto abdominal e do peitoral ($r_s = 0,607$, $p=0,048$) no G1. Houve também correlação direta neste mesmo grupo entre o reto abdominal e incursão diafragmática ($r_s = 0,609$, $p=0,047$). Ainda, em ambos os grupos, houve correlação direta entre a mobilidade diafragmática (incursão e excursão) (G1 $r_s=0,920$, $p<0,001$ e G2 $r_s=0,726$, $p=0,003$). E, entre a excursão diafragmática e a espessura do diafragma (G1 $r_s=0,607$, $p=0,048$ e G2 $r_s=0,705$, $p=0,005$) (Figura 2).

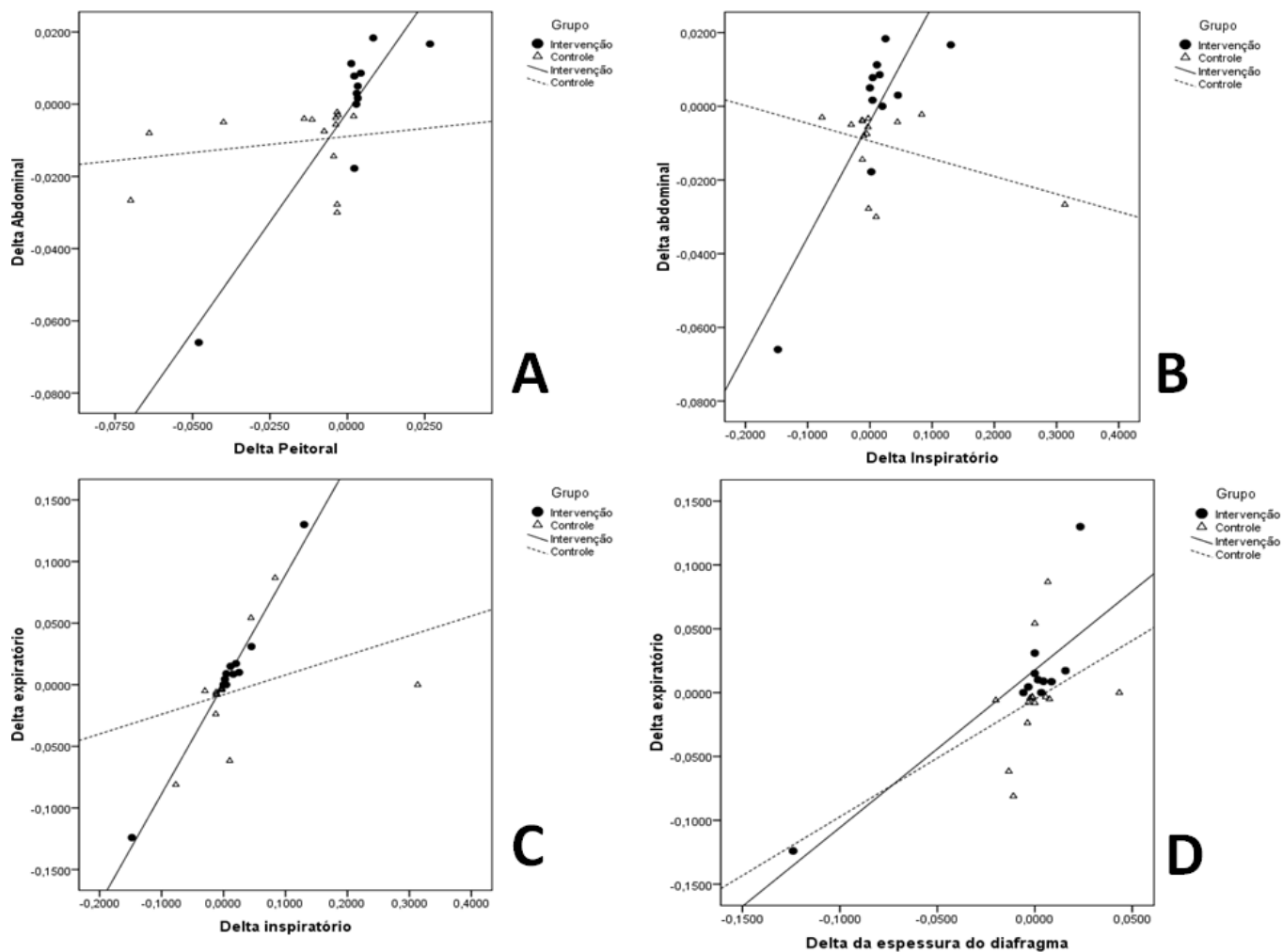


Fig 2 Gráfico A: correlação entre os valores de delta do músculo reto abdominal e os deltas do músculo peitoral (G1 $r_s=0,607$; $p=0,048$; G2 $r_s=0,334$; $p=0,244$). Gráfico B: correlação entre os valores de delta do músculo reto abdominal e os deltas da incursão diafragmática (G1 $r_s=0,609$; $p=0,047$; G2 $r_s=0,266$; $p=0,358$). Gráfico C: correlação entre os valores dos deltas da excursão diafragmática e os deltas da incursão 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.

No que se refere ao comportamento da espessura muscular, analisado por meio de deltas, observou-se um incremento na massa muscular do G1 após o protocolo de EENM e, no G2, um decréscimo para todas as musculaturas analisadas (Tabela 2).

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 <i>P</i>
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.

4 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 grupo placebo o qual sofreu redução da espessura muscular e, o tempo de permanência na UTI foi significativamente menor para o grupo intervenção.

Observou-se nesta amostra que quanto maior a espessura do peitoral, maior também é a do reto-abdominal para os indivíduos do 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 e na inspiração e expiração. Eles avaliaram 49 pacientes submetidos a um programa de mobilização precoce voltado para MMSS e observaram correlação entre o escore de força muscular periférica e diminuição no tempo de desmame. Apesar de o 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 diafragmática, com a qual foi correlacionado diretamente.

Este achado mostra-se importante tendo em vista que a manutenção e/ou aumento da espessura muscular auxilia na respiração do paciente 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 o pulmão e a 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 uma maior contribuição para o volume inspirado e conseqüentemente para a excursão diafragmática. Já para Reid e Dechman [20], a região abdominal atua como pilar de sustentação e auxilia na descida da cúpula diafragmática e, conseqüentemente, no aumento dos diâmetros da caixa torácica. Dessa forma, a excursão crânio-caudal do músculo diafragma determina alterações morfológicas e funcionais nas cavidades torácica e abdominal que culminam com a entrada de ar nos pulmões, ou seja, para que ocorra efetiva atuação da mecânica pulmonar é essencial que o músculo diafragma se movimente em sua plenitude. Para isso, é fundamental que a relação comprimento-tensão seja ideal e que a interação entre os músculos abdominais e o diafragma seja eficiente [21].

Nesta amostra foi encontrada correlação direta entre os valores da mobilidade diafragmática, sendo que quando maior a excursão, maior também é 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 do abdome reflete a alternância do recrutamento dos músculos da caixa torácica e do diafragma caracterizando o movimento paradoxal que consiste na inversão do movimento da parede abdominal durante a inspiração e pode ser resultante de fraqueza ou contração ineficaz do diafragma. Ainda, Sprung e cols. [23] trazem que a restrição e/ou alteração mecânica à mobilidade diafragmática também promove um desequilíbrio na relação ventilação/perfusão, repercutindo em hipoventilação de áreas pulmonares ventilatório-dependentes. Mc Bain e cols [24] 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 conseqüentemente aumentou e com ela os fluxos e volumes durante a tosse voluntária.

O presente estudo foi o primeiro que se propôs a estudar o efeito da EENM sobre a musculatura acessória da respiração (reto abdominal e peitoral), 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 neste [25-30]. 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, apesar de mostrarem-se menores quando comparados ao grupo placebo. Acredita-se que isto se dê ao pequeno tamanho amostral para alguns desfechos. Routsis e cols. [32] encontraram também em seu estudo um tempo médio de VM e de internação na UTI menores no grupo intervenção, porém sem diferença significativa.

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 os resultados.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo observou-se correlação direta entre as musculaturas estudadas e destas com a mobilidade diafragmática, bem como um menor tempo de permanência na UTI para o grupo que recebeu estimulação elétrica. Sabendo que há correlação direta entre as musculaturas acessórias da respiração e que estas têm influência na preservação da mobilidade diafragmática, entende-se a importância da manutenção da espessura muscular para a melhora da condição respiratória do paciente crítico e consequente redução do tempo de permanência na UTI, no entanto ainda há necessidade de mais pesquisas a respeito do uso da EENM nesse contexto.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

6 REFERÊNCIAS

- [1] Spragg RG, Bernard GR, Checkley W, et al (2010) Beyond mortality: future clinical research in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 181: 1121-1127.
- [2] Van der Schaaf M, Beelen A, Dongelmans DA, Vroom MB, Nollet F (2009) Poor Functional recovery after a critical illness: a longitudinal study. *J Rehabil Med.* 41:1041-1048.
- [3] Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose K (2012) Diaphragm Muscle Thinning in Patients Who Are Mechanically Ventilated. *Chest* 142(6):1455-1460.
- [4] Abelha FJ, Castro MA, Landeiro MN, Neves AM, Santos CC (2006) Mortalidade e o tempo de internação em uma unidade de terapia intensiva cirúrgica. *Rev Bras Anesthesiol.* 56:34-45.
- [5] Laupland KB, Kirkpatrick AW, Kortbeek JB, Zuege DJ (2006) Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest.* 129:954-9. 14.
- [6] Sharshar T, Bastuji-Garin S, Stevens R, Durand MC, Malissin I, Rodriguez P, Cerf C, et al (2009) 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* 37(12): 3047-3053.
- [7] Hodgson CL, Berney S, Harrold M, Saxena M, Bellomo R (2013) Clinical Review: Early patient mobilization in the ICU. *Critical Care* 17: 207.
- [8] Roig M, Reid WD (2009) Electrical stimulation and peripheral muscle function in COPD: a systematic review. *Respir Med.* 103:485-495.
- [9] Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, Chatzimichail A, Routsis C, Roussos C, Nanas S (2009) Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care* 13:R161.
- [10] Maffiuletti NA, Roig M, Kartzanos E, Nanas S (2013) Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: a systematic review. *BMC Medicine* 11: 137.
- [11] Gibson JN, Smith K, Rennie MJ (1988) Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet.* 2:767-770.

- [12] Wageck B, Nunes GS, Silva FL, Damasceno mcp, de Noronha M (2014) Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: Systematic review. *Med Intensiva* 38(7):444-454.
- [13] Ferreira LL, Vanderlei LCM, Valenti VE (2014). Estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática. *Einstein* 12(3):361-5.
- [14] Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP et al (2010). Confiabilidade da Medida de Espessuras Musculares pela Ultrassonografia. *Rev Bras Med Esporte*. 16(1): 41-45.
- [15] Boussuges A, Gole Y, Blanc P (2009) Diaphragmatic Motion Studied by M- Mode Ultrasonography. *Chest*. 135(2): 391-400.
- [16] Kim WY, Suh HJ, Hong SB et al (2011) Diaphragm Dysfunction Assessed by Ultrasonography: Influence on Weaning from Mechanical Ventilation. *Crit Care Med*. 39(2):2627:2630.
- [17] Martin UJ et al. (2005) Impact of whole-body rehabilitation in patients receiving chronic mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 33(10):2259-65.
- [18] Contesini, AM, et al. (2011) Influência das variações da postura sentada na função respiratória: revisão de literatura. *Fisioterapia em Movimento*. 24(): 757-767.
- [19] Wait JL , Nahormek PA , Yost WT , Rochester DP (1989) Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol* 67(4):1560-1568.
- [20] Reid WD, Dechman G (1995) Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Physical Therapy*. v.75,971-982.
- [21] Yamaguti WPS (2007). Mobilidade diafragmática em pacientes com DPOC: avaliação ultrassonográfica do deslocamento crânio-caudal do ramo esquerdo da veia porta. Dissertação, Universidade de São Paulo. 84p.
- [22] Sarmiento GJV, Vega JM, Lopes N S (2006). *Fisioterapia em UTI. Avaliação e Procedimentos*. São Paulo, Atheneu.
- [23] Sprung J, Whalley DG, Falcone T, Wilks W, Navratil JE, Bourke DL (2004) The effects of tidal volume and respiratory rate on oxygenation and respiratory mechanics during laparoscopy in morbidly obese patients. *Anesth Analg*. 97(1):268-74.
- [24] McBain RA, Boswell-Ruys CL, Lee BB, Gandevia SC, Butler JE (2014) Electrical Stimulation of Abdominal Muscles to Produce Cough in Spinal Cord Injury: Effect of Stimulus Intensity. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 1-8.
- [25] Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, Routsis C, Roussos C, Nanas S (2009) Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest* 136:1249-1256.
- [26] Gruther W, Kainberger F, Fialka-Moser V, Sluga TP, Quittan M, Spiss C, Crevenna R (2010) Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil Med* 42: 593–597.
- [27] Meesen RL, Dendale P, Cuyppers K, et al (2010) 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* 13:315–321.

- [28] Hirose T, Shiozaki T, Shimizu K, Mouri T, Noguchi K, Ohnishi M, Shimazu T (2013) 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* 28(4):536.e1–536.e7.
- [29] Poulsen JB, Moller K, Jensen CV, et al (2011) Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med* 39:456–461.
- [30] Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, Frosiani SL, Kozima S, Valentini R (2012) Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Journal of Critical Care* 27: 319.e1–319.e8.
- [32] Routsis C, Gerovasili V, Vasileiadis I, Eleftherios K, Pitsolis T, Tripodaki E, Markaki V, Zervakis D and Nanas S (2010) Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Critical Care* 14:R74.
- [31] Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R (2014) Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Journal of Critical Care* 29: 1082–1088.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ EENM em musculatura acessória da respiração (peitoral e reto abdominal) produz correlação direta entre o aumento da musculatura do reto abdominal e peitoral, reto abdominal e mobilidade diafragmática (incursão diafragmática), mobilidade diafragmática em ambos os momentos (incursão e excursão) e entre mobilidade diafragmática (excursão diafragmática) e espessura do diafragma.
- ✓ EENM produz correlação direta entre a redução da espessura muscular do diafragma e a mobilidade do mesmo (excursão diafragmática) e ainda entre a mobilidade diafragmática, nas fases de incursão de excursão, no grupo placebo.
- ✓ EENM em musculatura acessória da respiração (peitoral e reto abdominal) produz aumento na espessura muscular do peitoral e do reto abdominal.
- ✓ EENM em musculatura acessória da respiração (peitoral e reto abdominal) produz aumento na mobilidade diafragmática (excursão e incursão diafragmática).
- ✓ EENM em musculatura acessória da respiração (peitoral e reto abdominal) reduz o tempo de permanência na UTI.

8 CONCLUSÃO

Neste estudo observou-se correlação direta entre as musculaturas estudadas e observou-se um menor tempo de permanência na UTI para o grupo que recebeu estimulação elétrica. Sabendo que há correlação direta entre as musculaturas acessórias da respiração, entende-se a importância da manutenção da massa muscular destas para facilitar o desmame ventilatório e conseqüentemente reduzir o tempo de permanência na UTI, no entanto ainda há necessidade de mais pesquisas a respeito do uso da EENM nesse contexto.

.

ANEXOS E APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ELEKTROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR EM PACIENTES CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA

Seu familiar está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada "ELEKTROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR EM PACIENTES CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA". O estudo tem como objetivo avaliar os efeitos de um aparelho chamado Corrente Russa que irá estimular os músculos dos braços e da bexiga de pacientes gravemente doentes que estejam respirando com ajuda de aparelhos, internados no Serviço de Medicina Intensiva do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Será avaliada a força dos músculos utilizados na respiração e observado o tempo de permanência no local e o tempo que o paciente está respirando com o aparelho.

O trabalho será composto por três grupos, grupo intervenção 1 e 2 e grupo controle, sendo que o paciente será sorteado para um deles. Os três grupos realizarão exercícios para braços e pernas, que consistirão de movimento para cima e para baixo. Conforme o paciente responder ao tratamento, iniciaremos os exercícios com colaboração do mesmo, onde este realizará força. Juntamente com os exercícios os grupos intervenção irão utilizar o aparelho, que consiste na colocação de placas nos braços do paciente ou na bexiga conforme o sorteio, ligadas por meio de um equipamento que irá contrair os músculos transmitindo ao paciente sensação de formigamento, sem causar dor. No grupo controle também será utilizado o aparelho, porém o mesmo não será ligado, não causando a sensação de formigamento.

Os benefícios esperados para o paciente são: menos tempo respirando com a ajuda dos aparelhos e internação na UTI, bem como manutenção da força e tonificação dos músculos dos braços e a sua independência. O paciente poderá se sentir cansado e/ou dolorido durante os exercícios ou após os mesmos, mas os exercícios e a estimulação com o aparelho não causarão nenhum risco à saúde do indivíduo. O tratamento não será prejudicado em caso de recusa.

Não haverá custos para os indivíduos que participarem do estudo e os dados pessoais não serão mencionados.

Pesquisador responsável: Alexandre Simões Dias

Serviço de Medicina Intensiva- 13º andar do HCPA (tel. 3359.8223)

Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, fone 3359 8304 - para questões sobre a pesquisa e sobre os direitos dos pacientes envolvidos ou sobre problemas decorrentes da pesquisa.

Assinar abaixo, você confirma que leu as informações contidas neste termo de consentimento elaborado em 2 vias (uma para o participante e outra para o pesquisador), que foram explicadas os procedimentos do estudo, que teve a oportunidade de fazer perguntas, que está satisfeito com as explicações fornecidas e que decidiu autorizar a participação de seu familiar internado no Centro de Terapia Intensiva do Hospital de Clínicas de Porto Alegre/RS.

Nome do Paciente: _____

Nome do Responsável: _____

Nome do Pesquisador: _____

Responsável pelo paciente

Pesquisador

Porto Alegre, ____ de _____ de 20____

APÊNDICE C
FICHA AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA

ECOGRAFIA PROJETO EENM UTI

Paciente: _____ Prontuário: _____ Leito: _____
Lateralidade: _____

Ecografia Inicial __/__/__	Direito	Esquerdo
Reto Abdominal		
Peitoral		
Diafrag Insp		
Diafrag Exp		
Espessura Diafrag		
Perimetria Axilar:	Perimetria Xifoide:	Perimetria Umbilical:

Ecografia 7 ^º dia __/__/__	Direito	Esquerdo
Reto Abdominal		
Peitoral		
Diafrag Insp		
Diafrag Exp		
Espessura Diafrag		
Perimetria Axilar:	Perimetria Xifoide:	Perimetria Umbilical:

Ecografia Final __/__/__	Direito	Esquerdo
Reto Abdominal		
Peitoral		
Diafrag Insp		
Diafrag Exp		
Espessura Diafrag		
Perimetria Axilar:	Perimetria Xifoide:	Perimetria Umbilical:

ANEXO A

Aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul



**HCPA - HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE
GRUPO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

COMISSÃO CIENTÍFICA

A Comissão Científica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre analisou o projeto:

Projeto: 130433

Data da Versão do Projeto:

Pesquisadores:

ALEXANDRE SIMÕES DIAS

GRACIELE SBRUZZI

FERNANDO DE AGUIAR LEMOS

ANA MARIA DALL'ACQUA

MARIANA PORTO DA ROSA


AMANDA SACHETTI

Título: ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR EM PACIENTES CRÍTICOS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA

Este projeto foi **APROVADO** em seus aspectos éticos, metodológicos, logísticos e financeiros para ser realizado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Esta aprovação está baseada nos pareceres dos respectivos Comitês de Ética e do Serviço de Gestão em Pesquisa.


- Os pesquisadores vinculados ao projeto não participaram de qualquer etapa do processo de avaliação de seus projetos.
- O pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais de acompanhamento e relatório final ao Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação (GPPG)

Porto Alegre, 26 de dezembro de 2013.


Prof. Eduardo Pandolfi Passos
Coordenador GPPG/HCPA

ANEXO B

Documento comprovante de submissão de manuscrito em periódico especializado
(Anexo C)




JOURNAL OF MEDICAL CASE REPORTS

Puk


ADVERTISEMENT

Welcome amanda sachetti | [Log off](#)



Journals

Gateways



TRIALS

IMPACT FACTOR 2.12

Search for

[Advanced search](#)

[Home](#)
[Articles](#)
[Authors](#)
[Reviewers](#)
[About this journal](#)
[My Trials](#)

[My details](#)
[My email preferences](#)
[My manuscripts](#)

Email preferences and manuscript information for other BioMed Central journals can be viewed on the [BioMed Central](#) site.

For queries, contact our [customer services team](#)

My manuscripts

▶ As an author

▼ Submitted manuscripts


The effects of early mobilization with neuromuscular electrical stimulation in critical care patients: STUDY PROTOCOL FOR A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Journal: **Trials**

Manuscript ID: 1165900793147670

Submitted: 26 November 2014

Last updated: 27 November 2014 [View PDF](#)

Peer review status: Initial assessment 

ANEXO C**ARTIGO 2****THE EFFECTS OF EARLY MOBILIZATION WITH NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION IN CRITICAL CARE PATIENTS: STUDY PROTOCOL FOR A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL**

Alexandre Simões Dias¹, Ana Maria Dall' Acqua², Amanda Sachetti³, Laura Jurema dos Santos⁴, Mariana Porto da Rosa⁵, Tanara Bianchi⁶, Fernando de Aguiar Lemos⁷, Wagner da Silva Naue⁸, Silvia Regina Rios Vieira⁹

¹simoesdias@terra.com.br

²aninhadallacqua@hotmail.com

³amandasachetti@gmail.com

⁴fernandodeaguiarlemos@gmail.com

⁵fisio.lurasantos@gmail.com

⁶marizinhap.rosa@gmail.com

⁷tanara_bianchi@yahoo.com.br

⁸wnaue@hotmail.com

⁹rvieira@terra.com.br

¹⁰graciele.sbruzzi@ufrgs.br

Author details

1 Head of the physiotherapy service of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

2 Postgraduate Program in Health Sciences: Cardiology and Cardiovascular Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

3 Postgraduate Program in Pneumological Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

4 Postgraduate Program in Sciences of Human Movement, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Rua Felizardo, 750, Porto Alegre, RS, Brazil

5 Postgraduate Program in Health Sciences: Cardiology and Cardiovascular Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

6 Resident physiotherapy Hospital de Pronto Socorro - Porto Alegre. Rua Largo Teodoro Herzl, s/n - Farrroupilha, Porto Alegre, RS, Brazil.

7 Postgraduate Program in Pneumological Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

8 Physiotherapist at the Physiotherapy Service – Intensive Care Department, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

9 Professor at Medical Faculty (FAMED), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Intensive Care Department, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

10 Physiotherapy college faculty the Federal University of Rio Grande do Sul. Rua Ramiro Barcelos, 2350, Porto Alegre, RS, Brazil.

Corresponding author:

Amanda Sachetti - amandasachetti@gmail.com

Hospital de Clínicas de Porto Alegre/Serviço de Fisioterapia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Programa de Pós Graduação em Ciências Pneumológicas

Address: Harry Becker, 567 bairro Santa Maria, Passo Fundo/RS, Brazil

ABSTRACT

Background: Neuromuscular electrical stimulation (NMES) has recently began to be used as an early treatment method used to for Intensive Care Unit (ICU) patients on invasive mechanical ventilation (IMV) to compensate for or reduce muscle mass losses and muscular atrophy. To evaluate the effects of early mobilization with neuromuscular electrical stimulation in critical care patients on invasive mechanical ventilation.

Methods/Design: Randomized clinical trial and controled to be conducted in the Intensive care unit (ICU) at the Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), RS, Brazil, composed of the intervention group (conventional physiotherapy and NMES) and placebo group (conventional physiotherapy and placebo NMES). Patients on invasive mechanical ventilation (IMV) who meet the inclusion criteria will be recruited. The intervention will be administered using a 4-channel Ibramed® Neurodyn Functional Electrical Stimulation (FES) machine, every day for thirty minutes until extubation or death. Muscle thickness of pectoral and abdominal muscles and diaphragmatic excursion are evaluated by ultrasound at the beginning of VMI in sétimodia intervention and immediately after extubation. Blood lactate and heart rate variability on the first day will be parsed (before starting the protocol, in the mid thirty minutes and soon after finalizing the application. Statistical analysis will be conducted using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 20.0 and the significance level will be $p < 0.05$.

Discussion: Several studies have been reported in the literature pointing different methodologies for the utilization of electrical stimulation, and most of them did not produce consistent results to support the use. This scheme shows the different identified in literature considering that the muscles set to receive electrical stimulation have not been studied and measurements and parameters are based on these.

Trial registration: date of enrollment in clinical trials: 17/11/2014; Trial registration number: NCT: 02298114

BACKGROUND

Individuals hospitalized in intensive care units have high clinical severity, where mortality rates are between 5.4 to 33%.^{1,2} While in the ICU, patients are often subjected to prolonged immobilization, which in turn plays an important part in the emergence of neuromuscular complications.^{3,4} Bed rest causes skeletal muscle weakness, triggering muscular atrophy and loss of 3 to 11% of muscle mass within the first 3 weeks of

immobilization.⁵ In turn, muscle weakness and loss of muscle mass are caused by acquired myopathy by disuse, polyneuropathy or a combination of the two.⁶ The prevalence of patients who acquire polyneuropathy while in an intensive care setting ranges from 58 to 96%.⁷ Notwithstanding, recent evidence suggests that muscle weakness can be present within hours of starting invasive mechanical ventilation (IMV) and is detectable in 25 to 100% of patients ventilated for more than 7 days.⁸ Among these individuals, muscle weakness is associated with increased length of hospital stay and higher mortality and with impaired functional status that can still be detected years after hospital discharge, compromising their quality of life.^{9,10}

Neuromuscular electrical stimulation (NMES) is a technique that consists of generating visible muscle contractions using portable devices connected to surface electrodes¹¹ and shown to be effective in the treatment of impaired muscle,¹² because it has the potential to maintain synthesis of muscle protein and avert muscular atrophy during prolonged periods of immobilization.¹³

A growing number of studies have been undertaken into the subject over recent years and the majority of them have reported positive results with relation to neuromuscular electrical stimulation. Routsis (2010)¹⁴ published results showing that patients given daily stimulation with electrical current had higher scores on the *Medical Research Council* (MRC) scale for muscle strength, shorter time to wean and shorter length of hospital stay. Rodriguez (2012)¹⁵ found increased muscle resistance after 13 days' intervention. In 2013, Parry (2013)¹⁶ conducted a systematic review that showed that neuromuscular electrical stimulation is a promising technique that can overcome problems caused by the inability of ICU patients to participate actively and was beneficial for attenuating muscle mass losses. Also recently, Maffunetti¹⁷ conducted another systematic review with the objective of evaluating neuromuscular electrical stimulation for prevention of musculoskeletal weakness in critical care patients, finding that the combination of NMES and conventional physiotherapy offered greater benefit than conventional therapy alone.

The objective of this study is to evaluate the effects of early mobilization using neuromuscular electrical stimulation on muscle mass in critical care patients on invasive mechanical ventilation. Secondary objectives are to compare the effects of neuromuscular stimulation on blood lactate levels, diaphragm thickness, diaphragm excursion and heart rate and also on duration of mechanical ventilation, extubation success and length of stay in the ICU, by comparing results for intervention and control groups.

Methods

Study design

This study was approved by the ethics committee in research donates Hospital de Clínicas de Porto Alegre Brazil through the platform under the report number 353 996.

This will be a randomized clinical trial recruiting patients of both sexes aged ≥ 18 years, no more than 15 days after admission to the intensive care unit at the Hospital de Clínicas de Porto Alegre, after transfer from the emergency department or wards and put on invasive mechanical ventilation for at least 24 hours. Exclusion criteria will include neuromuscular diseases causing motor deficits, such as strokes, multiple sclerosis, amyotrophic lateral sclerosis, myasthenia gravis and Guillain Barré syndrome. Patients will also be excluded in the event of extubation less than 48 hours after enrolment on the study; complications during the protocol, such as pneumothorax, reintubation or delayed weaning (3 failed spontaneous ventilation tests); body mass index (BMI) $> 35 \text{ kg/m}^2$; pacemaker use, history of epilepsy; or if a patient has undergone an operation involving abdominal or pectoral incisions.

Outcome measures

Measured variables:

Muscle analysis

After patients are recruited, and before starting the protocol, each will undergo an ultrasound examination of the thickness of the pectoral and abdominal muscles, during which diaphragm muscle thickness and activity will also be evaluated. Ultrasound scans will be conducted three times: on the day of enrolment on the study, after 7 days on the protocol, and once more 24 hours after extubation.

Cross-sectional muscle thickness was measured with patients positioned lying down in decubitus dorsal, with the head inclined at 30° , using a 3.5mm, 7.5 MHz, linear array ultrasound probe (SONOSITE) to conduct analyses in B mode. The probe will be coated in a water-soluble transmission gel to enable acoustic contact without depressing the surface of the skin.

The sites for image acquisition will be determined using anatomic landmarks previously determined.¹⁸

Criteria for probe placement in muscle:

- a) Pectoral: the first step is to mark the midpoint of the sternum. The probe is then positioned obliquely from the midpoint in the direction of the mammary line, attempting to achieve alignment through the largest muscle belly.
- b) Rectus abdominis muscle: the rectus abdominis muscle will be measured from a point 2 centimetres lateral of the umbilical scar.

Acquisition of images:

After landmarks have been identified, cross-sectional images showing the pectoral and rectus abdominis muscles will be captured. Muscle thickness will then be determined by measuring the distance between the internal margins of the upper and lower aponeuroses of the pectoral and rectus abdominis muscles.

Thickness of Diaphragm

Ultrasound measurement of the thickness of the diaphragm muscle will be conducted with patients lying in decubitus dorsal. The probe will be coated in a water-soluble transmission gel to enable acoustic contact without depressing the surface of the skin.

Criteria for probe placement: The probe will be positioned perpendicular to the diaphragm in the intercostal space, over the tenth rib at the anteroaxillary line.

Acquisition of images: For image acquisition the probe will be coated in a water-soluble transmission gel to enable acoustic contact without depressing the surface of the skin. The probe will then be positioned perpendicular to the diaphragm and the image will be acquired for measurement of the thickness at the end of the inspiration.

Excursion of the Diaphragm

Criteria for probe placement:

The probe will be positioned using the anatomic window for liver analysis between the medioclavicular line and the anterior axillary line, in the cranial direction. The probe will therefore be positioned medially, cranially and dorsally in such a way that the ultrasound beam transects the posterior third of the diaphragm.^{19,20}

Acquisition of images:

Inspiratory and expiratory excursion of the diaphragm will be determined with the ultrasound machine in M Mode. Inspiratory excursion will be defined as the vertical height measured from the baseline at the start of inspiration to the apex of inclination at the end of inspiration. Expiratory excursion will be defined as the vertical height from the apex of inspiration until the baseline returns.

All examinations will be conducted by the same examiner, who will be blinded to which group studied each patient belongs and to the data analysis.

Measurement of blood lactate levels

Blood lactate will be measured using an *Accutrend Plus Roche*® handheld meter on the first day the patient is put on the protocol and before starting NMES, halfway through the stimulation session and within 1 minute of switching off the machine.

Heart rate variability

Heart rate variability will be recorded using a *Polar Smart Coaching*® heart rate monitor on the first day of the protocol for 10 minutes before starting the first NMES session and for 10 minutes after the session ends. Another recording will also be evaluated 24 hours after the first electrical stimulation session, once more for 10 minutes. Finally, one more recording will be made after extubation of each patient.

Protocol

Randomization will be accomplished using the www.randomization.com website in blocks of 10 patients. In order to preserve the secrecy of the randomization sequence, this will be generated by an independent evaluator, away from the data collection setting and unaware of the study, who will be contacted by telephone after enrolment of each patient, at the point at which they are ready to start the protocol.

The patients will be divided into two groups: an intervention group (G1) and a placebo group (G2). The intervention group will undergo neuromuscular electrical stimulation (for 30 minutes) once per day, plus conventional physiotherapy (twice a day), administered by a trained researcher (in an attempt to standardize the treatment received) which will be continued until extubation or death. The placebo group will undergo conventional physiotherapy administered by the Intensive Care team twice a day, plus placebo electrical stimulation.

Neuromuscular Electrical Stimulation

Neuromuscular electrical stimulation will be applied using a 4-channel Ibramed® *Neurodyn Functional Electrical Stimulation* (FES) machine. Where necessary, regions with body hair will be shaved in advance. The negative electrodes will be placed over the motor points of the following muscles: pectoral muscles (fibres of the pectoralis major muscle) and rectus abdominis muscles (bilaterally) and a second electrode (positive) will be positioned distally of the first, at a convenient location close to the muscle that is being electrostimulated.

The first training session will have a duration of 30 minutes, which will then be extended by 1 minute for every 2 days of administration. The parameters employed will

be as follows: frequency of 50 hertz (Hz), pulse duration of 300 microseconds, Rise Time of 1 second, stimulation time (ST) of 3 seconds, Decay Time of 1 second and relaxation time (OFF) of 10 seconds. The intensity will be increased until muscle contraction is visible or palpable or, for patients who are conscious, intensity will be adjusted according to their tolerance.

The control group will receive placebo electrical stimulation. In this case the procedure is the same, but intensity is set to a sensory level, i.e. not high enough to provoke either visible or palpable muscle contractions.

Conventional physiotherapy

Conventional physiotherapy will be administered by professionals from the physiotherapy department twice a day, for 30 minutes. The protocol will include upper and lower extremity functional diagonals from the proprioceptive neuromuscular facilitation method (two series of 10 repetitions for each bilateral diagonal), manual bronchial hygiene exercises, such as thoracic vibrocompression, manoeuvres with a manual resuscitator (bag squeezing) and aspiration of secretions where necessary.

Physiotherapy protocols will be started after initial assessments, during the first 48 hours on IMV. During these treatments all groups will be monitored for heart and respiratory rates, mean arterial blood pressure, peripheral oxygen saturation and variables provided by the mechanical ventilator. Arterial blood gas analysis values will also be noted.

After extubation, the patient will once more be assessed using the same instruments and will continue to receive conventional respiratory and motor physiotherapy until discharge from the ICU.

Statistical analysis

Sample sizes were calculated for the variables pectoral and abdominal muscle mass on the basis of the results of a pilot study with 10 patients, using *Winpepi software*. The results were adjusted for a delta calculated by subtracting the final muscle thickness measurement from the initial measurement and dividing by the number of days the patient spent on the (EF-EI)/ND. The sample size estimated for pectoral muscle thickness was larger, at eighteen patients, nine in each group.

Data will be expressed as means and standard deviations, and standard mean differences. Continuous variables will be analyzed using Student's *t* test and sociodemographic and patient identification variables will be compared with the chi-square test. Generalized Estimating Equations will be used to compare groups, times and stays (adjusted by the length of hospital stay in days). The analysis will be

conducted with the aid of the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 20.0 and the significance level will be $p < 0.05$.

DISCUSSION

Abu-Khaber et al. (2013)²¹ investigated the effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for prevention of muscle weakness and reduction of time on mechanical ventilation, employing similar inclusion and exclusion criteria to the ones defined for this study. The groups and electrical stimulation parameters were also similar, with the only difference being that the time the machine was left in the ON position was 15 seconds and the total duration of intervention per day was 1 hour. However, that study was unable to prove that NMES had prevented muscle weakness, but did show that it reduced patients' degree of muscle fragility and was also able to show a tendency to shorter mechanical ventilation weaning times, but these results were not statistically significant because of the small sample size.

Maffiuletti et al. (2013)¹⁷ conducted a systematic review of eight studies and found that there were considerable differences between them in terms of the characteristics of the interventions administered. The duration of treatment varied from 7 days to 6 weeks and the majority of studies standardized a specific duration as part of their inclusion criteria, in contrast to this study which will follow patients from their second day on mechanical ventilation until extubation or death and will analyze all patients, irrespective of duration of intervention. Site of NMES application also varied: one study treated the gluteal musculature; all studies applied NMES to the quadriceps; one treated the hamstring muscles; three treated the fibularis longus muscles; and one study applied NMES to the brachial biceps muscles. The majority recruited more than one musculature at the same time. In the protocol described here, the pectoral and abdominal muscles will be recruited, in contrast with the studies reviewed by Maffiuletti et al. (2013)¹⁷ However, in all of those studies the criterion for establishing the minimum NMES intensity was a visible or palpable contraction, in common with this protocol. Maffiuletti et al. (2013)¹⁷ concluded that combining NMES with routine treatment was more effective than routine treatment alone for prevention of muscle weakness in critical care patients, but there is also inconclusive evidence relating to its benefits for prevention of muscle mass loss.

Parry et al. (2013)¹⁶ conducted a systematic review of nine studies, just one of which employed the same NMES frequency (50hz) as the present protocol, and just two of which employed the same pulse duration (300 μ s). In common with the studies reviewed by Maffiuletti (2013),¹⁷ and in common with the present protocol, all of the studies reviewed by Parry et al. (2013)¹⁶ employed a visible or palpable contraction to establish the minimum intensity for neuromuscular electrical stimulation. These authors concluded that NMES appears promising, but that the study methodologies lack the uniformity and sample sizes needed to obtain clear results with relation to the acute response to this therapy.

Rodriguez (2012) ¹⁵ conducted a study to assess the effects of NMES on muscle strength in patients with sepsis. In this case the intervention was administered twice a day to the brachial biceps and vastus medialis muscles on one side of the body only, in contrast with the present protocol, which stipulates that the intervention would be administered once a day to the pectoral and abdominal muscles on both sides of the body.

Trial status

Recruiting since August 2013.

List of abbreviations

NMES - Neuromuscular Electrical Stimulation

IMV - Invasive Mechanical Ventilation

ICU - Intensive Care Unit

FES - Functional Electrical Stimulation

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

MRC - Medical Research Council

Conflicts of interest

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

ASD was the leader of the research team and conducted a review of the article. ANDA participated in the development of the Protocol, data collection and wrote the article. AS participated in the development of the protocol, participated in the data collection and wrote the article. FAL participated in the protocol development, data collection and wrote the article. LJS participated in the protocol development and conducted a review of the article. MPR participated in the development of the protocol and data collection. TB held data collection and assisted in revising it. WSN participated in the data collection and assisted in revising it. SRRV held the supervision of data collection and revised the article. GS participated in the protocol development and assisted in revising it.

Acknowledgements

This study is supported by the research funding agencies Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) and Fundo de Incentivo à Pesquisa e Eventos (FIPE) do HCPA. The group would like to thank everyone involved in this study, particularly the physiotherapists, nurses and medical intensive care unit of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

References

1. Abelha FJ, Castro MA, Landeiro MN et al. Mortalidade e o tempo de internação em uma unidade de terapia intensiva cirúrgica. *Rev Bras Anesthesiol.* 2006;56:34-45.
2. Laupland KB, Kirkpatrick AW, Kortbeek JB et al. Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest.* 2006;129:954-9.
3. Needham DM, Troug AD, Fan E. Technology to enhance physical rehabilitation of critically ill patients. *Crit Care Med.* 2009; 37: 436-441.
4. Troug AD, Fan E, Brower RG et al. Bench-to-bedside review: Mobilizing patients in the Intensive Care-Unit- from pathophysiology to clinical trials. *Crit Care.* 2009; 13: 216.
5. Meesen RL, Dendale P, Cuypers K 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.
6. Diez ML, Renaud G, Magnus A et al. Mechanisms underlying ICU muscle wasting and effects of passive mechanical loading. *Crit Care.* 2012; 26: 209.
7. Fletcher SN, Kennedy DD, Gosh IR et al. Persistent neuromuscular and neurophysiologic abnormalities in long-term survivors of prolonged. *Crit Care Med.* 2003;31:1012-1016.

8. Williams N, Flynn M. A Review of the Efficacy of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Physiother Theory Pract.* 2013; 0:1-6.
9. Hermans G, Clerckx B, Vanhullebusch T et al. Interobserver agreement of medical research council sum-score and handgrip strength in the Intensive Care Unit. *Muscle Nerve.* 2012;45:18-25.
10. Vampee G, Segers J, Mechelen HV et al. The Interobserver Agreement of handheld dynamometry for muscle strength assessment in critically ill patients. *Crit Care Med.* 2011; 39:1928-1934.
11. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 110:223-234.
12. Roig M, Reid WD. Electrical stimulation and peripheral muscle function in COPD: a systematic review. *Respir Med.* 2009; 103:485-495.
13. 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.
14. Routsis C, Gerovasili V, Vasileiadis I, et al: Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: A randomized parallel intervention trial. *Crit Care* 2010; 14:R74
15. Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, et al: Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *J Crit Care* 2012;27:319.e1–319.e8
16. Parry SM, BPhysio (Hons), Berney S, Granger CL, Koopman R, El-Ansary D, Denehy L. Electrical muscle stimulation in the Intensive Care setting: A Systematic Review. *Critical Care Medicine.* 2013; 41: 1-13.

17. Maffiuletti NA, Roig M, Karatzanos 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.

18. Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP et al. Confiabilidade da medida de espessuras Musculares pela ultrassonografia. *Rev Bras Med Esporte*. 2010; 16(1): 41-45.

19. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic Motion Studied by M- Mode Ultrasonography. *Chest*. 2009;135(2): 391-400.

20. Kim WY, Suh HJ, Hong SB et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011; 39(2):2627:2630.

21. Abu-Khaber HA, Abouelela AMZ, Abdelkarim EM. Effect of electrical muscle stimulation on prevention of ICU acquired muscle weakness and facilitating weaning from mechanical ventilation. *Alexandria Journal of Medicine*. 2013.