

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO**

**ALTERAÇÕES NEUROMUSCULARES INDUZIDAS
PELA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

AMANDA SACHETTI

Porto Alegre

2019

AMANDA SACHETTI

**ALTERAÇÕES NEUROMUSCULARES INDUZIDAS
PELA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Simões Dias

Porto Alegre

2019

AMANDA SACHETTI

**ALTERAÇÕES NEUROMUSCULARES INDUZIDAS PELA
VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Conceito final:

Aprovado/Reprovado em 17 de julho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thiago Costa Lisboa

Prof. Dr. Fábio Cangeri Di Naso

Profa. Dra. Paula Rovedder

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Simões Dias – UFRGS

Mas é preciso ter manha
É preciso ter graça
É preciso ter sonho sempre.
Quem traz na pele essa marca
Possui a estranha mania
De ter fé na vida

Elis Regina

DEDICATÓRIA

Pai, dedico à ti cada espaço profissional que conquistei até hoje. Aprendi vendo tuas batalhas e assim cresci sem medo da vida e do trabalho árduo, aprendi que levantar às 06h e dormir às 24h de domingo a domingo, não me torna melhor do que ninguém, mas sim, me aproxima um pouco mais de onde quero chegar. Aprendi contigo a levantar todos os dias olhando pra frente, driblando cada obstáculo em busca de crescimento e, acima de tudo, compreendi a importância de vencer as minhas fraquezas. Reconheço tua fé, teu amor infinito pela família que construiu e reconheço tua bondade em cada gesto. Obrigada por ser meu alicerce e por ter privado tanto do que era teu, por mim, ao longo desses quase trinta anos. Metade deste doutorado é teu, obrigada pelo apoio constante, pela companhia nas infindáveis viagens à POA nesses últimos seis anos, pelos ensinamentos sobre o trânsito e sobre a vida. Meu anjo da guarda, melhor amigo e meu maior exemplo de vida, te amo infinitamente. Te espero para a nossa próxima batalha juntos!

Mãe, dedico a ti minha caminhada acadêmica. És um exemplo pra mim, desde tão cedo, quando me ensinou a importância da leitura, fazendo minhas tardes de folga uma oportunidade para passear na biblioteca do seu trabalho e, mais ainda, quando decidiu voltar pra faculdade aos quase sessenta anos! Que orgulho sinto de ti! um ser humano iluminado, que emana luz e serenidade por onde passa. Sou imensamente grata por ter aprendido contigo o caminho da gratidão e do amor, obrigada por me mostrar a fé e me fazer diariamente comprovar que ela é a melhor escolha. Desejo poder seguir teus passos e ser como você, o escudo da família. Luz que me guia, minha parceira de vida, tem meu amor incondicional!

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro de vida, Roberto, que com imensa sabedoria e paciência soube transformar esse período turbulento em companheirismo, afeto e apoio que foram essenciais para que eu seguisse sempre em frente. Em diversas ocasiões ouvi ele dizer “é difícil acompanhar a quantidade de sonhos que você tem!” mas sei que escolhi a pessoa certa, que é meu alicerce, meu incentivador e companheiro de luta para a realização de tudo aquilo que almejo. Juntos o caminho sinuoso que escolhemos se torna mais leve e nessas curvas nos divertimos e crescemos muito. Obrigada por acreditar em mim e ser presença, com tua risada alta, teu abraço apertado e tuas palavras de carinho, mesmo quando sou ausência. Te amo imensamente!

Agradeço ao meu orientador, professor Alexandre Simões Dias, pela confiança depositada, pela paciência e compreensão quando meus anseios profissionais cruzaram o caminho da nossa trajetória acadêmica. Relembro aqui a primeira vez que conversamos e eu pedi um voto de confiança, que em troca lhe daria a maior produção científica possível. Bem...construímos um lindo caminho: 7 artigos publicados, 4 artigos aceitos, 2 capítulos de livro, 32 trabalhos apresentados/publicados em congresso e uma tese composta por 12 artigos somados ao crescimento exponencial da sua família e aos meus 3 empregos com 300km de distância da UFRGS. Me despeço com a certeza de que fiz o melhor que pude, recebi o seu melhor e desenvolvemos uma relação de amizade e respeito ao longo desses 6 anos. Só tenho a agradecer, obrigada, obrigada e obrigada!

Agradeço a minha amada sobrinha, Belinha, que ainda não pode ler essas palavras, mas que no futuro poderá recordar e saber o quanto fez parte desse período da minha vida. Saiba que muito do que faço é por você e para você. Te amo infinitamente!

Agradeço a minha irmã, Aline, que é uma grande companheira pra mim, um ombro amigo e generoso. Obrigada por ter estado próxima em todos esses anos e caminhar ao meu lado. Te amo muito mana!

Agradeço a minha avó, Ida, meu cheirinho de talco favorito, que com seus 83 anos de idade é um exemplo de força e amor pela família. Tenho certeza de que as suas orações me protegeram naquelas viagens chuvosas, com sono e nas madrugadas de frio. Sou feliz por ter a sua presença em minha vida e quero sempre ser motivo de orgulho em sua existência. Te amo vovó!

Agradeço a minha grande amiga, sócia e colega de profissão, Grasiela dos Santos. Caminhar ao teu lado me fortalece e me ensina. Obrigada por ter compreendido meus tantos momentos de cansaço e falta de foco no trabalho, obrigada por ser luz nos meus dias e por me desejar tanto bem! Te amo muito!

Agradeço minha segunda casa e as pessoas que lá estão, o Hospital de Clínicas de Passo Fundo, espaço que me acolheu e me proporcionou inúmeras possibilidades de crescimento profissional. Agradeço as minhas chefias em nome do diretor sr. Lucinei Bhorer que com sua seriedade e competência tenho como um exemplo, para ser cada vez mais forte em meus posicionamentos. Muito obrigada pelo voto de confiança!

Agradeço a minha chefe/amiga de tantos anos, enf. Marisa B. Carreta pelo carinho, bondade e zelo com os quais me conduz e a paciência nos momentos em que o doutorado pesou sobre o meu trabalho. Agradeço a minha co-orientadora, Dra. Janaína Pilau, que abriu espaço na unidade de terapia intensiva para as minhas idéias de inovação e pesquisas e aceitou o desafio de estudar comigo nesse último ano. Sou feliz por saber que conquistei sua confiança e amizade. Desejo que esse título beneficie também o hospital e que possamos trilhar uma longa e sinuosa caminhada juntos!

Agradeço a minha sogra Ruth, que é um exemplo de enfermeira, gestora, docente e mãe. Obrigada por estar sempre por perto me incentivando e apoiando. Espero ser sempre um motivo de orgulho para você!

Agradeço aos meus companheiros de pesquisa, Marta Carpes e Francimar Ferrari, com quem aprendi muito!

Através de todas essas pessoas Deus se faz presente em minha vida e, assim, é agradecido. Sinto a sua existência constantemente, na bondade que encontro pelo caminho, no amor que distribuo e nos laços e deslaços tão perfeitos em cada dia. Obrigada pela sua companhia e proteção!

RESUMO GERAL

A presente tese trata-se de um apanhado de produções científicas realizadas pela autora ao longo do seu período de doutorado, construídas com base no tema central intitulado: Alterações neuromusculares induzidas pela ventilação mecânica invasiva. O assunto é abordado através de um esquema de pensamento lógico construtivista, onde a autora escreve em quatro capítulos, doze manuscritos com dados da literatura atual e pesquisa de campo. O primeiro capítulo versa sobre o uso da técnica de eletroestimulação neuromuscular em pacientes críticos e a segurança na aplicação desta, além da avaliação da degradação muscular gerada pelo tempo de ventilação mecânica, fatores estes analisados através de ultrassonografia. O capítulo dois trás como tema central o perfil clínico funcional da população estudada. Já o capítulo três foi composto por trabalhos baseados nos instrumentos e técnicas utilizadas para o desenvolvimento das pesquisas contidas nesta tese, como a ultrassonografia musculoesquelética, escores de admissão em ambientes críticos e eletrodiagnóstico. Para finalizar, o capítulo quatro foi desenvolvido especificamente sobre a técnica de eletrodiagnóstico, utilizada em terapia intensiva, como base avaliativa de condições neuromusculares. Salienta-se que a presente tese é constituída de doze produções científicas, no entanto, para a defesa apenas os artigos de números onze e doze serão defendidos, sendo esses os principais. O objetivo final da autora foi gerar um compilado de informações atualizadas, sobre a óptica do fisioterapeuta, quando se trata de alterações neuromusculares relacionadas à ventilação mecânica.

Palavras chave: unidades de terapia intensiva, ventilação artificial, disfunção muscular

ABSTRACT

This thesis is a collection of scientific productions carried out by the author throughout her doctoral period, based on the central theme entitled: Neuromuscular changes induced by invasive mechanical ventilation. The subject is approached through a constructivist logical thinking scheme, where the author writes in four chapters, twelve manuscripts with data from the current literature and field research. The first chapter deals with the use of the neuromuscular electrostimulation technique in critically ill patients and the safety of its application, as well as the evaluation of the muscular degradation generated by the time of mechanical ventilation, which are analyzed by ultrasonography. Chapter two centers on the functional clinical profile of the study population. Chapter three was composed of works based on the instruments used to develop the researches contained in this thesis, such as musculoskeletal ultrasonography, admission scores in critical environments and electrodiagnosis. Finally, chapter four was developed specifically on the technique of electrodiagnosis used in intensive care as an evaluation basis of neuromuscular conditions. It is observed that the present thesis consists of twelve scientific productions, however, for the defense only the two final articles will be defended, these being the main ones. The final objective of the author was to generate a compilation of up-to-date information on the optics of the physiotherapist when it comes to neuromuscular changes related to mechanical ventilation.

Keywords: intensive therapy units, artificial ventilation, muscular dysfunction

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	9
JUSTIFICATIVA	11
CAPÍTULO 1	12
PRODUÇÃO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	13
PRODUÇÃO 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	32
PRODUÇÃO 3 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	52
PRODUÇÃO 4 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	65
CAPÍTULO 2	80
PRODUÇÃO 5 – CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	81
PRODUÇÃO 6 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	95
CAPÍTULO 3	129
PRODUÇÃO 7 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	130
PRODUÇÃO 8 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	153
PRODUÇÃO 9 - CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	174
PRODUÇÃO 10 – CONTEXTUALIZAÇÃO:.....	187
CAPÍTULO 4	201
PRODUÇÃO 11 – CONTEXTUALIZAÇÃO	202
PRODUÇÃO 12 – CONTEXTUALIZAÇÃO	227

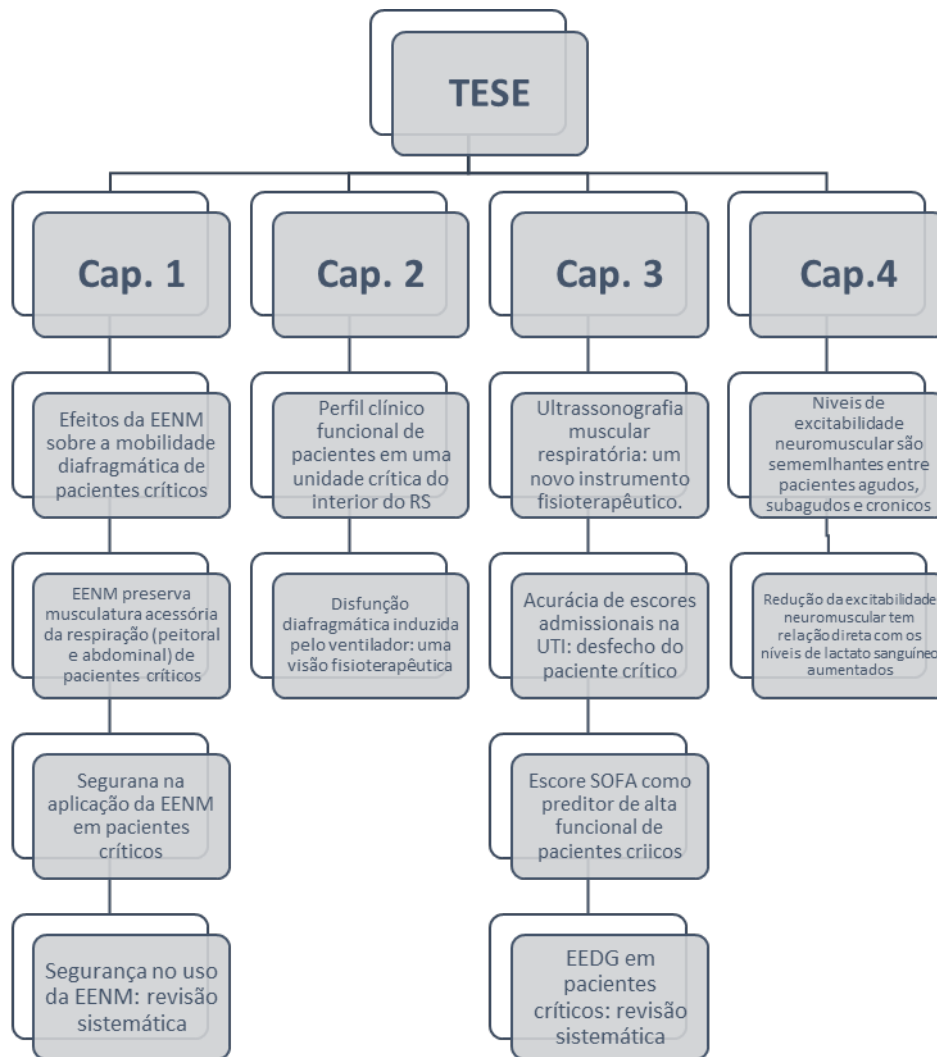
APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado foi construída ao longo de quatro anos com o objetivo de preencher uma lacuna científica, encontrada pela pesquisadora após o desenvolvimento de sua dissertação de mestrado. Ao longo do tempo o intelecto do grupo envolvido foi sendo alimentado por dúvidas e discussões acerca da temática central e, nesta perspectiva foram construídos doze manuscritos para possibilitar a construção de um conhecimento de cunho sólido e de base científica atualizada.

Ao fazer um retrospecto para contextualizar o parágrafo acima, cita-se que durante o período de mestrado, a autora desenvolveu uma pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos da eletroestimulação neuromuscular em músculos acessórios da respiração de pacientes ventilados mecanicamente na UTI. Para identificar o possível efeito, foi utilizada análise ultrassonográfica dos referidos músculos e, ao final, os achados foram consistentes e cientificamente relevantes, sendo todos já publicados. No entanto, durante o aprofundamento das discussões, a autora junto ao grupo de pesquisa, entendeu que os resultados poderiam ter sido ainda mais coesos se o protocolo de eletroestimulação utilizado fosse desenvolvido de acordo com a necessidade individual de cada paciente, através do conhecimento do seu perfil clínico, necessidades atuais e futuras de recuperação e através da análise dos níveis de excitabilidade do músculo a ser eletroestimulado, definindo parâmetros específicos para geração de contração muscular efetiva. Para tanto, o projeto de doutorado da autora foi elaborado em cima da temática central: alterações neuromusculares induzidas pela ventilação mecânica, onde os manuscritos principais versam sobre o uso da técnica de eletrodiagnóstico e os demais foram construídos com a finalidade de embasar o assunto principal.

A presente tese, portanto, consiste em um apanhado científico, sendo dividido em capítulos que serão detalhadamente explanados e guiados por meio do fluxograma abaixo citado (figura 1).

Figura 1. Fluxograma de estudos da tese



JUSTIFICATIVA

A evolução tecnológica que acompanha a medicina vem promovendo o aumento da sobrevivência de pacientes críticos, os quais permanecem mais tempo internados, porém possuem a chance de um desfecho diferente do óbito. No entanto, o ganho de sobrevivência nessas condições está diretamente relacionado às sequelas e limitações com as quais o indivíduo se depara e precisa estar preparado para conviver. Nesse sentido, o papel dos profissionais atuantes em unidades críticas passa por compreender o mecanismo do adoecimento, estar atento para acompanhar a evolução científica e tecnológica no âmbito da prevenção dessas consequências e calçado por opções terapêuticas precoces no caso daquelas já instaladas.

Embora a literatura científica venha crescendo, ainda se observa uma pequena quantidade de estudos com o uso de novas tecnologias na área da fisioterapia em terapia intensiva, o que corrobora o fato de os profissionais explorarem pouco essas possibilidades, somado ao fato do baixo investimento por parte das instituições hospitalares.

Portanto, a presente tese tem como justificativa, a necessidade de gerar mais dados objetivos sobre a aplicabilidade de tecnologias pouco exploradas pelos fisioterapeutas em unidades críticas e, traçar estratégias de uso através de protocolos e revisões ampliadas da literatura sobre as formas de utilização e manejo, guiados por pesquisas de base científica.

CAPÍTULO 1

Eletoestimulação Neuromuscular em pacientes críticos

Contextualização: No presente capítulo a autora trás quatro manuscritos científicos já publicados, onde o foco foi a utilização da técnica de eletroestimulação neuromuscular em ambientes críticos, a segurança no seu uso e a avaliação dos resultados através de ultrassonografia muscular.



PRODUÇÃO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO:

O objetivo principal da produção 1 foi avaliar se o uso da técnica de eletroestimulação neuromuscular poderia promover aumento da massa e volume dos músculos acessórios da respiração com o objetivo de reduzir tempo de ventilação mecânica e proporcionar maior funcionalidade precoce dentro do ambiente crítico. A resposta foi mensurada por meio da técnica de ultrassonografia musculoesquelética.

Esse artigo foi publicado na revista *Conscientiae Saúde*, no ano de 2017, o qual comprovou que no grupo eletroestimulado houve preservação da espessura muscular e um leve aumento, bem como comprovou que existe uma correlação direta entre a espessura dos músculos acessórios da respiração e a mobilidade do diafragma, no entanto, os resultados poderiam ser mais expressivos se o protocolo de EENM utilizado tivesse sido direcionado para cada caso, sendo esta a primeira dúvida elencada pela autora: **como identificar o melhor protocolo de EENM baseado nas necessidades individuais do paciente?**

Obs.: Artigo configurado conforme as normas da revista

DOI:10.5585/ConsSaude.v16n2.7133

Recebido em 8 fev. 2017 / aprovado em 20 jun. 2017

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

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

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

¹Estudante; ²Professora; ³Coordenadora; ⁴Professora; ⁵Professora; ⁶Professora; ⁷Professora

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

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

EENM na mobilidade diafragmática em UTI / NMES in diaphragmatic mobility in ICU

Hospital de Clínicas de Porto Alegre/RS

Amanda Sachetti¹, Alexandre Simões Dias², Ana Maria Dall'Acqua³, Fernando de Aguiar Lemos⁴, Wagner da Silva Naue⁵, Laura Jurema dos Santos⁶

1. Fisioterapeuta, Doutoranda em Ciências do Movimento Humano - UFRGS. Endereço: Rua Harry Becker, 567 bairro Santa Maria, Passo Fundo/RS CEP 99070-190. Contato: (54)91543394

2. Fisioterapeuta, Doutor em Ciências Biológicas – UFRGS, Docente da Faculdade de Fisioterapia – UFRGS, docente dos programas de pós-graduação em ciências pneumológicas e ciências do movimento humano – UFRGS, chefe do serviço de fisioterapia do HCPA.

3. Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Pneumológicas – UFRGS;

4. Educador Físico, Doutor em Ciências do Movimento Humano – UFRGS, Docente substituto da Universidade Federal do Vale do São Francisco;

5. Fisioterapeuta, Doutor em Medicina – UFRGS, Fisioterapeuta do HCPA, Docente Adjunto da Faculdade Cinecista Osório;

6. Fisioterapeuta, Doutora em Ciências da Saúde – UFRGS, Docente do curso de Fisioterapia – ULBRA, Vice-coordenadora do Comitê de Ética da Universidade Luterana do Brasil;

Estudo desenvolvido no Hospital de Clínicas de Porto Alegre/RS

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)

RESUMO

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

Clinical Trials: NCT02298114

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

ABSTRACT

Introduction: Muscle weakness is a major problem in patients on mechanical ventilation, and to mitigate this comorbidity the Neuromuscular electrical stimulation have been widely studied. **Methods:** A randomized clinical trial (RCT) double-blind, 24 patients in the intensive care unit (ICU). The subjects were randomized into two groups: intervention (NMES + conventional therapy) and placebo (NMES placebo + conventional therapy). NMES was applied 1 time / day, 30 minutes in the chest and abdominal rectus. Analysis of muscle thickness was by ultrasound. **Results:** there was significant difference in expiratory diaphragmatic mobility ($p = 0.015$) in the intervention group and a trend in the inspiratory phase ($p = 0.085$) in the same group. Observed direct correlation in the intervention group of muscles of the abdominal and pectoral straight ($r_s = 0.607$ and $p = 0.048$) between the rectus abdominis and diaphragmatic

mobility (incursion) ($r_s = 0.609$ and $p = 0.047$) and diaphragmatic mobility (among incursion and excursion) ($r_s = 0.920$ and $p < 0.001$) and diaphragmatic excursion (tour) and diaphragmatic thickness ($r_s = 0.607$ and $p = 0.048$). Conclusion: In this sample there was improvement in diaphragmatic mobility and correlation between studied musculature, suggesting preservation of diaphragmatic mobility in electrically stimulated group.

Keywords: Electrical Stimulation, Intensive Care Units, Ultrasound, Artificial Respiration, Physiotherapy, Muscle.

1 INTRODUÇÃO

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

Levando em consideração tal situação, as investigações atuais em terapia intensiva no campo de atuação da fisioterapia estão direcionadas para aquelas relacionadas à reabilitação precoce de pacientes criticamente doentes, chamada então de mobilização precoce, sendo considerada uma intervenção segura e viável após a estabilização cardiorrespiratória e neurológica do paciente, e que raramente provoca reações adversas⁷. A mobilização precoce deve ser aplicada diariamente nos pacientes críticos internados em UTI's, tanto naqueles estáveis, que se encontram acamados e inconscientes (sob VM), quanto naqueles conscientes e que realizam a marcha independente⁷. Uma das técnicas que tem sido utilizada é a EENM, para diferentes

grupos musculares⁸, com fins de prevenir a perda de massa muscular e/ou aumentá-la⁹, prevenir o desenvolvimento de polineuropatia¹⁰, preservar a síntese da proteína muscular e evitar a atrofia muscular durante períodos prolongados de imobilização¹¹. A EENM é de particular interesse na UTI, pois a perda de massa muscular é rápida e mais grave do que em outras condições crônicas, além disso, a técnica pode ser utilizada facilmente em pacientes imobilizados e sedados.

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

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

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 (NCT02298114), sendo conduzido de acordo com os princípios da declaração de Helsinki e Boas Práticas Clínicas, além dos procedimentos seguirem as normas da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Ainda, este ECR foi desenvolvido conforme as normas do CONSORT (*Consolidated Standards Of Reporting Trials*).

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, entre 24 e 48 horas de VMI, proveniente da emergência ou unidade de internação, com no máximo 15 dias de internação hospitalar. Os critérios de exclusão foram pacientes com doenças neurológicas e neuromusculares, tais como acidente vascular encefálico, esclerose múltipla, esclerose lateral amiotrófica, miastenia gravis e Guillain Barré, portadores de marcapasso, com história de epilepsia, pós operatório com incisão abdominal ou peitoral ou ainda uso de bloqueadores neuromusculares por dois dias consecutivos ou mais também foram excluídos.

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

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

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 pele¹⁴.

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

a) Peitoral: primeiramente foi obtido o ponto médio do esterno. A partir deste ponto a sonda era posicionada de forma oblíqua em direção à linha mamilar do lado dominante buscando-se a orientação de maior ventre muscular.

b) Reto Abdominal: para medida do músculo reto abdominal foi adotada a medida de 2 centímetros lateral a cicatriz umbilical do lado dominante do paciente.

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

Para a ultrassonografia da espessura muscular os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal. A sonda foi embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele e foi posicionada perpendicular ao diafragma, do lado dominante do paciente, no espaço intercostal sobre a décima costela na linha anteroaxilar.

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

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

Para realização das correlações entre as musculaturas peitorais e reto abdominais, foi calculado um delta da espessura de cada músculo, considerando o valor da espessura muscular final subtraído pela inicial e este resultado dividido pela

quantidade de dias que o indivíduo participou do protocolo, resultado considerado em centímetros (cm).

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.

2.2.3 Variáveis de tempo

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

2.3 Randomização

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

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

A aplicação da EENM foi realizada por um pesquisador treinado e a fisioterapia convencional foi realizada pela equipe da UTI, objetivando a padronização das condutas. Para padronização da técnica de desmame foi utilizado o protocolo adotado pelo setor aonde as coletas foram realizadas, sendo que o paciente é submetido a teste de respiração espontânea por um período de 30 a 120 minutos e, conforme parâmetros clínicos, é extubado. É considerado desmame de sucesso após 48 horas sem 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 teve duração de 30 minutos, sofrendo incremento de 1 minuto a cada dois dias. Os parâmetros utilizados foram 50 hertz (Hz) de frequência, duração de pulso de 300 microsegundos, tempo de subida de 1 segundo, tempo de estímulo (ON) de 3 segundos, tempo de descida de 1 segundo e tempo de relaxamento (OFF) de 10 segundos. A intensidade foi aumentada até visualização ou palpação de contração muscular, ou ainda em pacientes acordados ajustada conforme tolerância do mesmo.

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

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 (sem provocar contrações musculares visíveis ou palpáveis).

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

2.5 Cálculo Amostral

O cálculo amostral foi previamente realizado por meio de um estudo piloto com dez pacientes para as variáveis: massa muscular de peitoral e reto abdominal, que foram

eleitas como desfechos primários, através do programa Winpepi versão 11.43. Foi utilizado um tamanho de efeito de 1,5 desvios padrões entre os grupos, nível de significância de 5% e poder de 80%. A diferença de médias de espessura muscular esperada foi de 5%. O maior tamanho amostral encontrado foi para espessura muscular de peitorais, totalizando mínimo de 18 pacientes, 9 para cada grupo, porém foram incluídos todos os pacientes elegíveis dentro do período de um ano, estipulado para coleta de dados.

2.6 Análise Estatística

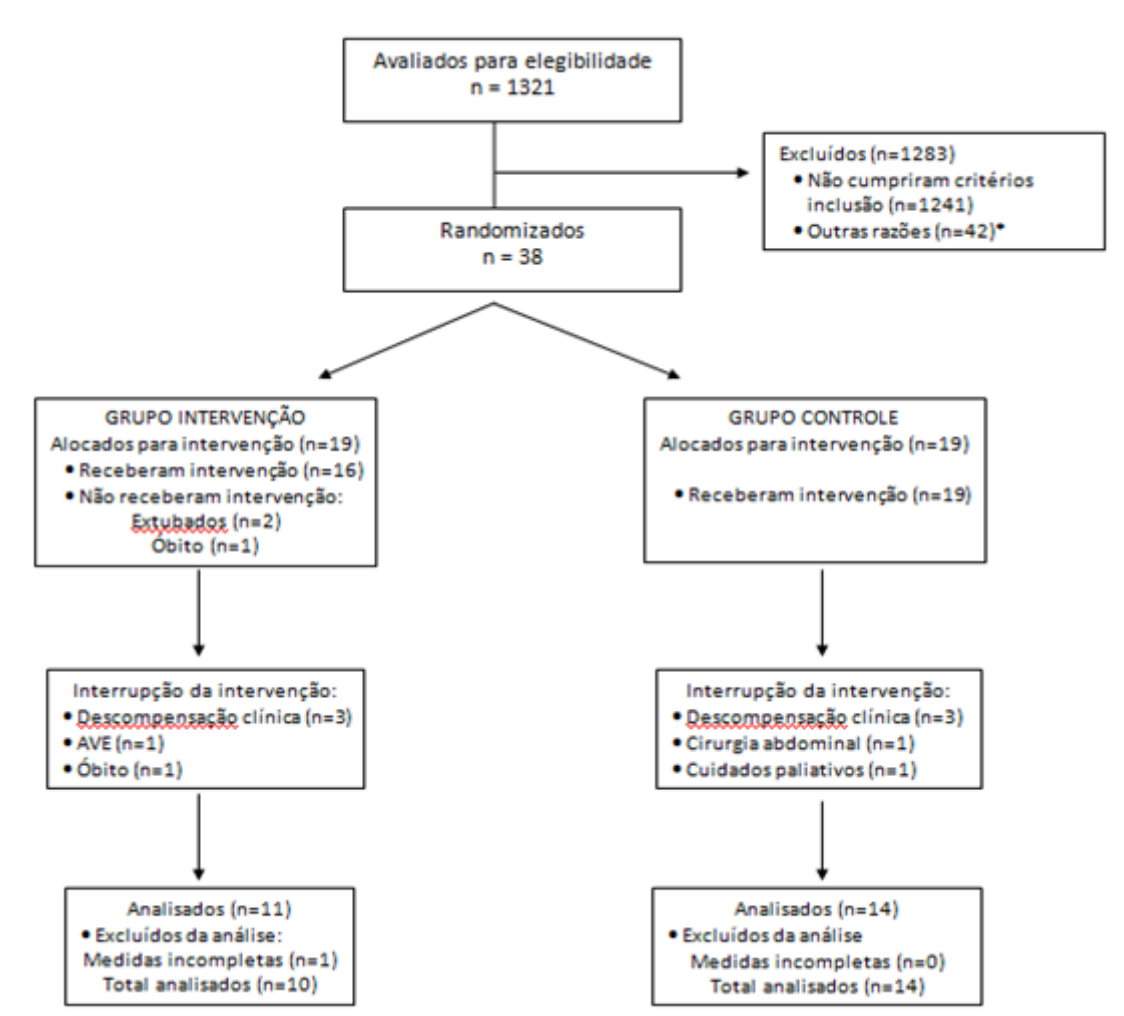
Foi realizada análise por protocolo, as variáveis contínuas foram descritas como média e desvio padrão ou mediana e amplitude interquartil e as categóricas por frequências absolutas e relativas. Para comparar médias entre os grupos, o teste *t-student* para amostras independentes foi aplicado, teste Qui-Quadrado ou Exato de Fisher (quando mais que 25% das células apresentaram frequência esperada < 5) foi utilizado para dados qualitativos. Em caso de assimetria utilizamos o teste de Mann-Whitney e para avaliação da associação entre as variáveis contínuas, o teste da correlação linear de Spearman foi realizado. Para este as variáveis foram ajustadas através de delta do valor final subtraído pelo valor inicial, sendo este resultado dividido pelo tempo, em dias. Na associação com as variáveis categóricas o teste exato de Fisher foi aplicado. O nível de significância adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$) e as análises foram realizadas no programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21.0. Para a análise por protocolo foram excluídos pacientes que foram extubados em menos de 48 horas após ser incluídos no estudo e que apresentaram complicações durante o protocolo, tais como: pneumotórax, necessidade de reintubação, desmame prolongado (falha em 3 testes de ventilação espontânea), índice de massa corpórea (IMC) > 35 kg/m², instabilidade hemodinâmica (noradrenalina $> 0,5$ mc/kg/min para uma pressão arterial média > 60 mmHg).

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

3 RESULTADOS

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

Fig 1 Fluxograma do estudo.



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

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

Não foram encontradas diferenças significativas em relação ao tempo médio de VMI (7,70 dias no grupo intervenção *versus* 8,14 no grupo controle ($p=0,749$)), tempo de internação na UTI (10,7 dias no grupo intervenção *versus* 15,7 dias no grupo controle ($p=0,045$)). Ainda, não houve diferença significativa entre os grupos nas taxas de reintubação (20,0% *versus* 35,7%; $p=0,653$). Nenhum paciente desta amostra fez uso de bloqueadores neuromusculares por dois dias consecutivos ou mais.

Tabela 1. Características de base dos pacientes.

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

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

Nesta amostra foi encontrada correlação direta entre a espessura muscular do reto abdominal e do peitoral ($r_s = 0,607$, $p=0,048$) no grupo intervenção. Ainda neste

mesmo grupo entre reto abdominal e incursão diafragmática ($r_s = 0,609, p=0,047$). Ainda, em ambos os grupos, houve correlação direta entre mobilidade diafragmática (incursão e excursão) (grupo intervenção $r_s=0,920, p<0,001$ e G2 $r_s=0,726, p=0,003$). E, entre excursão diafragmática e espessura do diafragma (grupo intervenção $r_s=0,607, p=0,048$ e G2 $r_s=0,705, p=0,005$) (Figura 2).

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

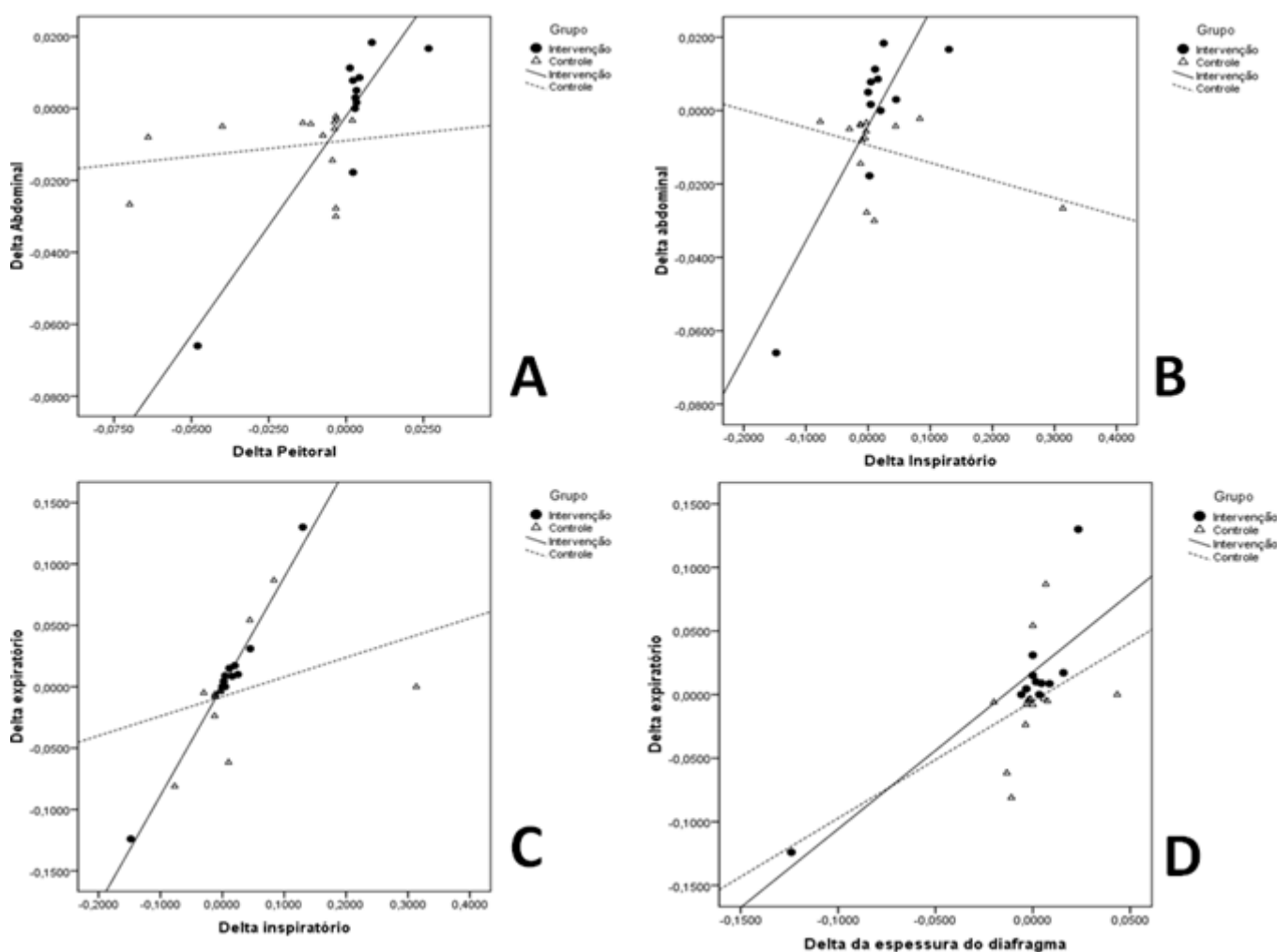


Fig 2 Gráfico A: correlação entre os valores de delta do músculo reto abdominal e os deltas do músculo peitoral (G1 $r_s=0,607; p=0,048$; G2 $r_s=0,334; p=0,244$). Gráfico B: correlação entre os valores de delta do músculo reto abdominal e os deltas da incursão diafragmática (G1 $r_s=0,609; p=0,047$; 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 incremento na espessura muscular do grupo intervenção após protocolo de EENM e, no placebo, 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 Diafrágica Inspiratória; MDE: Mobilidade Diafrágica 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 diafrágica. Ainda, houve aumento na espessura muscular do grupo eletroestimulado quando comparado ao placebo o qual sofreu redução da espessura muscular.

Observou-se nesta amostra que quanto maior a espessura do peitoral, maior também é a do reto-abdominal para o grupo intervenção e, que o aumento na espessura do reto-abdominal tem relação com o aumento da mobilidade diafrágica na fase inspiratória, sugerindo que ao estimular a musculatura acessória da respiração esta produz influência positiva sobre a mobilidade diafrágica. Concordando com este

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

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

Nesta amostra foi encontrada correlação direta entre os valores da mobilidade diafragmática, sendo que quando maior a incursão, maior também a excursão diafragmática, evidenciando então a importância da preservação da mobilidade diafragmática bem como a sincronia das ações. Para Sarmiento e cols.²² a assincronia dos movimentos do tórax e abdome reflete a alternância do recrutamento dos músculos da caixa torácica e diafragma caracterizando movimento paradoxal que consiste na inversão do movimento da parede abdominal durante a inspiração e pode ser resultante de fraqueza ou contração ineficaz diafragmática. Ainda, Sprung e cols.²³ trazem que a restrição e/ou alteração mecânica à mobilidade diafragmática também promove desequilíbrio na relação ventilação/perfusão, repercutindo em hipoventilação de áreas pulmonares ventilatório-dependentes. Mc Bain e 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 estudar o efeito da EENM sobre a musculatura acessória da respiração, porém foi possível observar em diversos estudos envolvendo grupos musculares diferentes, incremento na espessura, após um protocolo de EENM vindo de encontro aos resultados obtidos neste²⁵⁻³⁰. Já o tempo de intervenção, em dias, foi menor comparado a outros^{26,28,30,31}, contudo os resultados mostraram-se eficazes na preservação da espessura muscular, sugerindo então que um protocolo diário de trinta minutos de EENM em pacientes críticos já pode produzir resposta sob a musculatura periférica.

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

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

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

6 REFERÊNCIAS

1 Spragg RG, Bernard GR, Checkley W, et al. Beyond mortality: future clinical research in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010; 181: 1121-1127.

- 2 Van der Schaaf M, Beelen A, Dongelmans DA, Vroom MB, Nollet F. Poor Functional recovery after a critical illness: a longitudinal study. *J Rehabil Med.* 2009; 41:1041-1048.
- 3 Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose K. Diaphragm Muscle Thinning in Patients Who Are Mechanically Ventilated. *Chest.* 2012; 142(6):1455-1460.
- 4 Abelha FJ, Castro MA, Landeiro MN, Neves AM, Santos CC. Mortalidade e o tempo de internação em uma unidade de terapia intensiva cirúrgica. *Rev Bras Anesthesiol.* 2006; 56:34-45.
- 5 Laupland KB, Kirkpatrick AW, Kortbeek JB, Zuege DJ. Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest.* 2006;129:954-9.
- 6 Sharshar T, Bastuji-Garin S, Stevens R, Durand MC, Malissin I, Rodriguez P, Cerf C, et al. Presence and severity of intensive care unit-acquired paresis at time of awakening are associated with increased intensive care unit and hospital mortality. *Critical Care Medicine.* 2009; 37(12): 3047-3053.
- 7 Hodgson CL, Berney S, Harrold M, Saxena M, Bellomo R. Clinical Review: Early patient mobilization in the ICU. *Critical Care.* 2013; 17: 207.
- 8 Roig M, Reid WD. Electrical stimulation and peripheral muscle function in COPD: a systematic review. *Respir Med.* 2009; 103:485-495.
- 9 Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, Chatzimichail A, Routsis C, Roussos C, Nanas S. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care.* 2009; 13:R161.
- 10 Maffiuletti NA, Roig M, Kartzanos E, Nanas S. Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: a systematic review. *BMC Medicine.* 2013; 11: 137.
- 11 Gibson JN, Smith K, Rennie MJ. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet.* 1988; 2:767-770.
- 12 Wageck B, Nunes GS, Silva FL, Damasceno mcp, de Noronha M. Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: Systematic review. *Med Intensiva.* 2014; 38(7):444-454.
- 13 Ferreira LL, Vanderlei LCM, Valenti VE. Estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática. *Einstein,* 2014; 12(3):361-5.

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

- 27 Meesen RL, Dendale P, Cuypers K, et al. Neuromuscular electrical stimulation as a possible means to prevent muscle tissue wasting in artificially ventilated and sedated patients in the intensive care unit: a pilot study. *Neuromodulation*, 2010; 13:315–321.
- 28 Hirose T, Shiozaki T, Shimizu K, Mouri T, Noguchi K, Ohnishi M, Shimazu T. The effect of electrical muscle stimulation on the prevention of disuse muscle atrophy in patients with consciousness disturbance in the intensive care unit. *Journal of Critical Care*. 2013; 28(4):536.e1–536.e7.
- 29 Poulsen JB, Moller K, Jensen CV, et al. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med*. 2011; 39:456–461.
- 30 Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, Frosiani SL, Kozima S, Valentini R. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Journal of Critical Care*, 2012; 27: 319.e1–319.e8.
- 31 Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Journal of Critical Care*. 2014; 29: 1082–1088.

PRODUÇÃO 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

O segundo artigo também foi publicado no ano de 2017, por meio da revista *Journal of Rehabilitation Medicine* e teve como objetivo avaliar por meio da técnica de ultrassonografia se um protocolo de EENM durante o período de VMI poderia preservar as condições prévias dos músculos acessórios da respiração (peitorais e abdominais), sendo que o resultado encontrado foi favorável ao uso da EENM. Dentro do período da pesquisa não houve incremento na espessura destes músculos no grupo em que a técnica foi aplicada, porém houve manutenção da condição prévia quando comparado ao grupo controle, que sofreu perda significativa da espessura.

A autora indagou este resultado também ao pensar que se o protocolo utilizado fosse específico, o resultado poderia ser ainda melhor, pensando em não só prevenir a perda mas melhorar a condição do musculo mesmo dentro do período de inércia.

Obs.: Artigo configurado conforme as normas da revista

J Rehabil Med 2017; 49: 40–48

ORIGINAL REPORT



USE OF NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION TO PRESERVE THE THICKNESS OF ABDOMINAL AND CHEST MUSCLES OF CRITICALLY ILL PATIENTS: A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL

Ana M. DALL' ACQUA, PT, MSc^{1*}, Amanda SACHETTI, PT, MSc^{2*}, Laura J. SANTOS, PT, ScD^{3*}, Fernando A. LEMOS, ScD^{4*}, Tanara BIANCHI, PT, MSc^{2*}, Wagner S. NAUE, PT, ScD^{5*}, Alexandre S. DIAS, PT, PhD^{6,7*}, Graciele SBRUZZI, PT, ScD^{7*}, Silvia R. R. VIEIRA, MD, PhD^{8*} and MoVe-ICU Group
From the ¹Program in Health Sciences, Cardiology and Cardiovascular Sciences, ²Program in Respiratory Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ³Physiotherapy Course, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA, Canoas/RS), ⁴Program in Sciences of Human Movement, UFRGS, ⁵Unit of Physical Therapy - Department of Intensive Medicine, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), ⁶Physiotherapy Course, UFRGS, Physiotherapy Service, HCPA, ⁷Graduate Program in Sciences of Human Movement, UFRGS, Graduate Program in Respiratory Sciences, UFRGS, ⁸School of Medicine (FAMED), UFRGS, Service of Intensive Medicine, HCPA, Porto Alegre/RS, Brazil. *These authors contributed equally to this work.

USE OF NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION TO PRESERVE THE THICKNESS OF ABDOMINAL AND CHEST MUSCLES OF CRITICALLY ILL PATIENTS: A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL

Ana M. DALL' ACQUA, PT, MSc^{1*}, Amanda SACHETTI, PT, MSc^{2*}, Laura J. SANTOS, PT, ScD^{3*}, Fernando A. LEMOS, ScD^{4*}, Tanara BIANCHI, PT, MSc^{2*}, Wagner S. NAUE, PT, ScD^{5*}, Alexandre S. DIAS, PT, PhD^{6,7*}, Graciele SBRUZZI, PT, ScD^{7*}, Silvia R. R. VIEIRA, MD, PhD^{8*} and MoVe-ICU Group From the

1Program in Health Sciences, Cardiology and Cardiovascular Sciences,
2Program in Respiratory Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),
3Physiotherapy Course, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA, Canoas/RS),
4Program in Sciences of Human Movement, UFRGS,
5Unit of Physical Therapy – Department of Intensive Medicine, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA),
6Physiotherapy Course, UFRGS, Physiotherapy Service, HCPA,
7Graduate Program in Sciences of Human Movement, UFRGS, Graduate Program in Respiratory Sciences, UFRGS,
8School of Medicine (FAMED), UFRGS, Service of Intensive Medicine, HCPA, Porto Alegre/RS, Brazil. *These authors contributed equally to this work.

Abstract

Objective: To evaluate and compare the effects of neuromuscular electrical stimulation combined with conventional physical therapy on muscle thickness in critically ill patients.

Design: Double-blind, randomized controlled trial. **Patients:** Twenty-five patients participated in the study.

Methods: Patients on mechanical ventilation for 24–48 h were randomized to an intervention group (neuromuscular electrical stimulation+conventional physical therapy) or a conventional group (sham neuromuscular electrical stimulation+conventional physical therapy). Primary outcome was thickness of the rectus abdominis and chest muscles, determined on cross-sectional ultrasound images before and after the intervention.

Results: Eleven patients were included in the intervention group and 14 in the conventional group. After neuromuscular electrical stimulation, rectus abdominis muscle thickness and chest muscle thickness were preserved in the intervention group, whereas there was a significant reduction in thickness in the conventional group, with a significant difference between groups. There was a significant difference between groups in length of stay in the intensive care unit, with shorter length of stay in the intervention group.

Conclusion: There was no change in rectus abdominis and chest muscle thickness in the intervention group. A significant decrease was found in these measures in the conventional group.

Introduction

Intensive care units (ICUs) focus on treating critically ill patients. The mortality rate in these units in Brazil ranges from 5.4% to 33% (1, 2). According to the 2nd Brazilian Census of ICUs, the mean length of ICU stay ranges from 1 to 6 days (3) and, according to Williams et al. (4), the worldwide mean length of ICU stay is 5.3 days.

Seriously ill patients are often exposed to prolonged immobilization, which contributes to the development of neuromuscular complications (5, 6). Patients who stay in bed for long periods of time are prone to develop skeletal muscle weakness, leading to muscle atrophy and a loss of 3–11% of muscle mass in the first 3 weeks of immobilization (7). Such loss of muscle mass and muscle weakness are caused by acquired myopathy, polyneuropathy, or a combination of both (8). The development of polyneuropathy worsens the functional status of ICU patients, affecting 25–100% of patients ventilated for more than 7 days (9), with a prevalence of 58–96% of ICU patients (10). Two large studies evaluated survivors of acute respiratory distress syndrome at 3, 6 and 12 months and at 2, 3, 4 and 5 years after discharge from the ICU, and concluded that these patients have persistent functional disability 1 year after discharge from the ICU, and that most patients have extrapulmonary conditions, with muscle weakness and loss of muscle mass being most prominent (11, 12).

Neuromuscular electrical stimulation (NMES) is effective in the treatment of deficient muscles (13, 14). NMES is able to preserve muscle protein synthesis and prevent muscle atrophy during prolonged immobilization (15). Recently, NMES has been used to treat polyneuropathy in ICUs. This technique does not require active cooperation of the patient, and has a beneficial acute systemic effect on skeletal muscle microcirculation (16), offering structural and functional advantages to critically ill patients. Studies involving critically ill patients with chronic conditions, such as congestive heart failure and chronic respiratory failure, have suggested that NMES is safe and effective, improving peripheral (17, 18) and respiratory muscle strength in these patients (19–22).

Muscle cross-sectional area and/or thickness are strongly associated with force-generation capacity. However, few studies have been conducted in ICUs, especially involving trunk muscles, such as abdominal and chest muscles. Studies on NMES have suggested that this technique is useful in medical practice, with the purpose of preventing or decreasing loss of muscle mass and peripheral muscle atrophy in this population (23, 24). We could not find reports of its benefits in core muscle groups, such as the ones investigated in our study, as we know that loss of muscle mass does not affect only peripheral muscles. There is also mass loss in respiratory muscles, especially when patients cannot move and receive invasive mechanical ventilation (IMV). In these cases, the pectoralis major and the abdominal muscle have their alterations evaluated because they participate in the respiratory mechanism. To date, we could not find any descriptions of these alterations in the literature. Therefore, the main objective of the present study was to evaluate the effects of NMES combined with conventional physical therapy on rectus abdominis and chest muscle thickness compared with sham NMES combined with conventional physical therapy in patients receiving IMV.

METHODS

This study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki and Good Clinical Practice. The procedures were performed in compliance with Resolution No. 466/12 of the Brazilian National Health Council. The study was approved by the research ethics committee of Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA No. 353.996). The trial is registered at ClinicalTrials.gov (NCT 02298114). The patients' legal guardians signed an informed consent form.

Study design and patients

A double-blind study (for outcome assessors and patients), with a per-protocol analysis, was conducted from August 2013 to August 2014 at the HCPA ICU. Eligible participants were all patients (both female and male, aged ≥ 18 years) who had been hospitalized for no longer than 15 days and had received at least 24 h of IMV. Exclusion criteria were: patients with neuromuscular diseases, such as stroke, multiple sclerosis, amyotrophic lateral sclerosis, myasthenia gravis, and GuillainBarré syndrome, associated with motor deficits. In addition, patients were excluded if they: (i) were extubated within 48 h after inclusion in the study; (ii) had complications during the protocol, such as pneumothorax; (iii) had prolonged weaning (failed 3 spontaneous

breathing trials); (iv) had a body mass index (BMI) $>35 \text{ kg/m}^2$; (v) had a pacemaker; (vi) had haemodynamic instability (noradrenaline $>0.5 \text{ } \mu\text{g/kg/min}$ for a mean arterial pressure $>60 \text{ mmHg}$) with a history of epilepsy or postoperatively with abdominal or chest incision; and (vii) used neuromuscular blockers for 2 or more consecutive days.

Sample selection

An assessor searched for potential trial participants via the HCPA's computerized system. Patients' electronic medical records were reviewed for identification data, medical diagnosis, and current medical conditions to assess patients for eligibility. The legal guardian of each eligible patient was approached for study enrollment, and those who agreed to participate were asked to sign the informed consent form.

Randomization

A randomization sequence was created using the website www.randomization.com, with a 1:1 allocation ratio using blocks of 10 patients. To ensure confidentiality of the randomization sequence, it was generated by a blinded assessor who was contacted via telephone only after the participant had been included in the study and was ready to start the protocol. Patients were randomly assigned to receive either NMES+conventional physical therapy (intervention group) or sham NMES+conventional physical therapy (conventional group). The NMES group received NMES for 30 min once a day+conventional physical therapy, whereas the conventional group received sham NMES for 30 min once a day+conventional physical therapy. The protocol was interrupted on day 7, when the patient was extubated, or if the patient died (whichever occurred first). NMES was administered in both groups by previously trained professionals for procedure standardization. Conventional physical therapy in both groups was performed by ICU professionals twice a day.

Outcomes

The primary outcome was the difference in rectus abdominis and chest muscle thickness of the dominant side from initial to final assessment between groups. Secondary outcomes included changes in diaphragm muscle thickness, and inhaling and

exhaling diaphragmatic motion. Length of stay in the ICU and in the hospital, duration of IMV, successful extubation and death were also assessed.

Evaluation of outcomes

After inclusion in the trial and before starting the protocol, all participants underwent ultrasound of the chest and abdominal muscles for assessment of muscle thickness and diaphragmatic motion. Ultrasound examination was performed on 2 different occasions: on the first day of participation in the study (24–48 h of IMV) and on day 7 of IMV or 24 h after extubation.

Evaluation of muscle thickness

Muscle thickness was determined on cross-sectional ultrasound images. With the patient lying supine and the head of the bed elevated at 30°, real-time B-mode scanning was performed using a 3.5-mm, 7.5 MHz linear-array transducer (Sonosite®, Washington, DC, USA). The scanning head was coated with watersoluble transmission gel to provide acoustic contact without depressing the dermal surface. The sites for image acquisition were determined using anatomical parameters reported in the literature (25). To assess the chest muscle, the midpoint of the sternum was determined. Starting at this point, the transducer was positioned obliquely toward the nipple line, seeking to reach an area of larger muscle belly. To assess the rectus abdominis muscle, we obtained the measure at a lateral distance of 2 cm from the umbilicus.

After the sites were marked on the skin, a cross-sectional image was acquired, which included the chest and rectus abdominis muscles. Because the transducer is 3.5 cm long, muscle thickness was adopted as the preferred measure, as it was not always possible to capture the total area of the rectus abdominis muscles. Thus, muscle thickness was determined based on measurements performed between the inner edge of the upper and lower aponeuroses of the chest and rectus abdominis muscles. The specific measure of the rectus abdominis muscles was collected during maximal inspiration, because there is a dynamic change in the thickness of the muscle due to the movement of the abdomen during breathing. Five measurements were taken based on each image. A mean measurement was determined to establish the muscle thickness.

For ultrasound-based measurement of diaphragmatic muscle thickness, the patient was placed in the supine position. The transducer was positioned

perpendicularly to the diaphragm in the intercostal space over the tenth rib on the anterior axillary line, the image was acquired and the thickness was measured at the end of inspiration.

For assessment of diaphragmatic motion, the ultrasound transducer was positioned through the anatomical window provided by the liver between the mid-clavicular position and the anterior axillary line towards the skull. Thus, the transducer was placed in a medial, cranial, and dorsal position, making it possible for the ultrasound beam to reach the posterior third of the diaphragm (26, 27).

Inhalation and exhalation diaphragmatic excursion was measured on M-mode ultrasound images. The inhalation excursion was determined by measuring the vertical height of the base of the beginning of inhalation up to the peak slope at the end of inhalation, and the exhalation excursion was determined by measuring the vertical height of the inhalation peak until return to the base.

The muscle ultrasound examination was repeatedly assessed on 2 separate days, based on 10 images for each region. The intraclass correlation coefficient for the test-retest muscle thickness measurements was $r=0.996$ for the chest muscle, $r=0.998$ for the rectus abdominis, $r=0.972$ for the diaphragmatic muscle thickness, and $r=0.985$ for the diaphragmatic excursion. All ultrasound examinations were performed by the same highly experienced professional (4 years), who was blinded to group assignment. All ultrasound measurements were expressed in cm. Fig. 1 shows a representative transducer position.

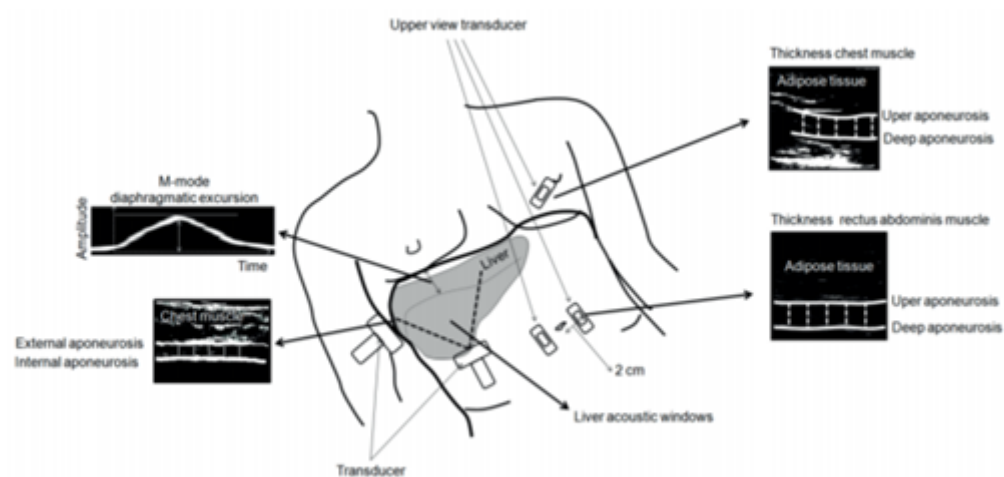


Fig. 1. Data collection environment.

Interventions

In the intervention group, NMES was performed using a 4-channel Neurodyn II (Ibramed®, São Paulo, SP, Brazil). Only the dominant side of each patient was considered for analysis, and hairy body areas were shaved, as necessary. The negative electrodes were placed in the motor points of the following muscles: chest muscles (pectoralis major muscle fibres) and rectus abdominis muscles bilaterally. A second (positive) electrode was positioned distally to the first, at a site close to the muscle that was being electrically stimulated, totalling 1 channel with 2 electrodes for each muscle (Fig. 2).

Each NMES session lasted 30 min. One minute was added every 2 days of administration. The following parameters were used: 50 Hz frequency, pulse duration 300 ms, rise time 1 s, stimulus time (ON) 3 s, decay time 1 s, and relaxation time (OFF) 10 s. Intensity was increased until muscle contraction was visible or could be identified through palpation. In conscious patients, intensity was adjusted according to their tolerance (23, 24).

The conventional group received sham NMES following the same protocol applied to the intervention group. The procedure was blinded; however, the intensity was adjusted at a sensory level, i.e. without visible or palpable muscle contractions. The standard maximum intensity in this group was 5 mA. Conventional (chest and motor) physical therapy was administered in both groups by ICU professionals twice daily for 30 min. The protocol consisted of functional-diagonal movements based on the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching technique for the upper and lower extremities (2 sets of 10 repetitions per set of each diagonal movement bilaterally). At first, physical therapy was administered in a passive manner if the patient was sedated. The exercises evolved to assisted movements and active resisted movements according to the patient's cooperation. Manual bronchial hygiene techniques were performed, such as chest compression-vibrations, manoeuvres with an Ambu bag (bag-squeezing), and suction of secretions when necessary.

The protocols were initiated after the baseline evaluation within the first 48 h of IMV. During protocol administration, the following parameters were monitored in both groups: heart rate, respiratory rate, mean blood pressure, peripheral oxygen saturation, and ventilatory frequency.

On day 7 of the protocol or upon extubation (whichever occurred first), all patients were assessed again by ultrasound and continued to receive only conventional

(chest and motor) physical therapy provided by the ICU professionals until ICU discharge.

Sample size calculation

The sample size calculation was based on a pilot study of 10 patients for the variable cross-sectional area of abdominal and chest muscle thickness using the statistical program Winpepi. These measures were adjusted using a delta value, defined as the measures of final muscle thickness subtracted from the baseline measures divided by the number of days the participant remained in the protocol. For an effect size of 0.7 standard deviations (SD) between the 2 groups, with a 5% significance level and power of 80%, a sample size of 18 patients (9 patients per group) was required.



Fig. 2. Representative image of the positioning of electrodes on the straight muscles of the abdomen and chest to perform the protocol.

Statistical analysis

Data storage, arrangement, and maintenance were performed using a MS Excel 2007 spreadsheet. Data were expressed as mean and SD. Student's t-test for independent samples was used to compare the means, and the χ^2 test or Fisher's exact (when more than 25% of the cells had the expected frequency < 5) were used to compare means between groups for qualitative data. The Shapiro–Wilk test was used to test the normality of distribution, and Levene's test was used to assess homogeneity of

variance for all group comparisons. A generalized estimating equations (GEE) model with Bonferroni's correction was used to assess intra- and inter-group interaction for primary and secondary outcomes. In the GEE model, possible confounding factors were controlled by adjusting for septic and non-septic patients, Acute Physiology and Chronic Health Disease Classification System II (APACHE II) score >25 and

RESULTS

From August 2013 to August 2014, 1,321 patients were screened for eligibility. Of these, 1,283 were not eligible for the study. Thirty-eight patients were randomized to the intervention group (n = 19) and to the conventional group (n =19). Eleven patients in the intervention group and 14 in the conventional group completed the protocol and were included in the final analysis. Fig. 3 shows the flow of participants, including losses to follow-up and exclusions after randomization.

Table I shows the characteristics of the study sample. Table II describes the comparison between the baseline measurements of muscle thickness between the groups, showing that there was no statistical difference between the groups in terms of measurements of chest and abdominal muscles at baseline.

The intensity in the intervention group caused palpable or visible contraction in 100% of patients. The mean stimulation on the major pectoralis was 53 mA (SD 15), whereas it was 68 mA (SD 18) on the abdominal muscle. In the control group, which received placebo NMES, the stimulation for all patients was up to 5 mA, not causing visible or palpable contraction in the patients. During administration of NMES, there were no complications or significant changes in vital signs.

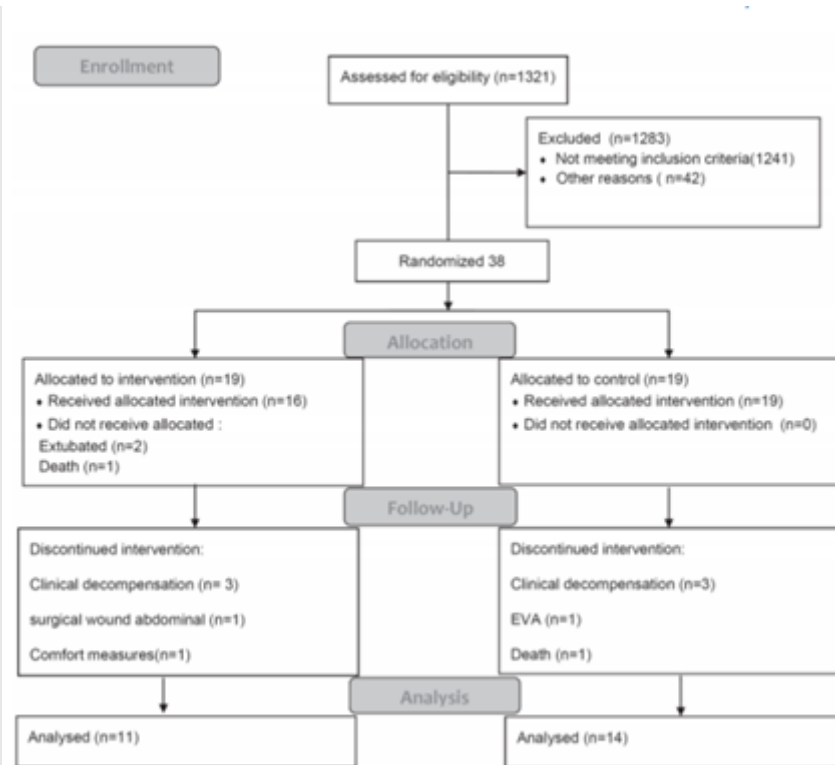


Fig. 3. Study flowchart. Encephalic vascular accident (EVA).

Table I. Sample characteristics

Variables	Intervention group (n = 11)	Conventional group (n = 14)	p-value
Age, years, mean (SD)	56 (13)	61 (15)	0.436
Sex, n (%)			1.000
Female	4 (36.3)	5 (35.7)	
Male	7 (63.7)	9 (64.3)	
kg/m ² , mean (SD)	25 (4)	24 (5)	0.687
Laterality, n (%)			0.604
Right-handed	10 (90.9)	11 (78.5)	
Left-handed	1 (9.1)	3 (21.5)	
APACHE II, mean (SD)	26 (5)	29 (7)	0.206
Continued sedation, days, mean (SD)	2 (1)	3 (2)	0.845
Haemodialysis, n (%)	8 (73)	5 (43)	0.227
NMES duration, days, mean (SD)	5 (2)	5 (2)	0.889
ICU stay, days, mean (SD)	10 (4)	16 (9)	0.045*
MV time, days, mean (SD)	7 (2)	8 (3)	0.607
Re-intubation rate, n (%)	3 (25)	5 (38)	1.000
Deaths, n (%)	3 (27)	3 (21)	1.000
Reason for ICU admission, n			
Sepsis	7	8	
ALE	1	2	
Other	3	4	

p-value was calculated using Student's t-test for quantitative data and the χ^2 test or Fisher's exact test for qualitative data ($p > 0.05$). SD: standard deviation; ICU: intensive care unit; MV: mechanical ventilation; NMES: neuromuscular electrical stimulation; APACHE II: Acute Physiology and Chronic Health Disease Classification System II; ALE: acute lung oedema; BMI: body mass index.

Table II. Comparison of baseline muscle thickness between groups

Variables	Baseline		Difference in mean between groups (95% CI)	p ^a
	Intervention group (n = 11)	Conventional group (n = 14)		
CT	0.44 (0.28)	0.42 (0.18)	0.02 (-0.22 to 0.27)	1.000
AT	0.47 (0.29)	0.43 (0.19)	0.04 (-0.22 to 0.29)	1.000
IDM	0.36 (0.18)	0.46 (0.29)	0.10 (-0.34 to 0.14)	1.000
EDM	0.23 (0.15)	0.35 (0.27)	0.12 (-0.33 to 0.10)	0.970
DT	0.28 (0.19)	0.20 (0.05)	0.08 (-0.06 to 0.23)	0.671

^aIntergroup effect using a generalized estimating equations (GEE) model with Bonferroni's correction. All ultrasound measurements were expressed in cm. 95% CI: 95% confidence interval; SD: standard deviation; CT: chest muscle thickness; AT: abdominal muscle thickness; IDM: inhaling diaphragmatic motion; EDM: exhaling diaphragmatic motion. DT: diaphragm muscle thickness.

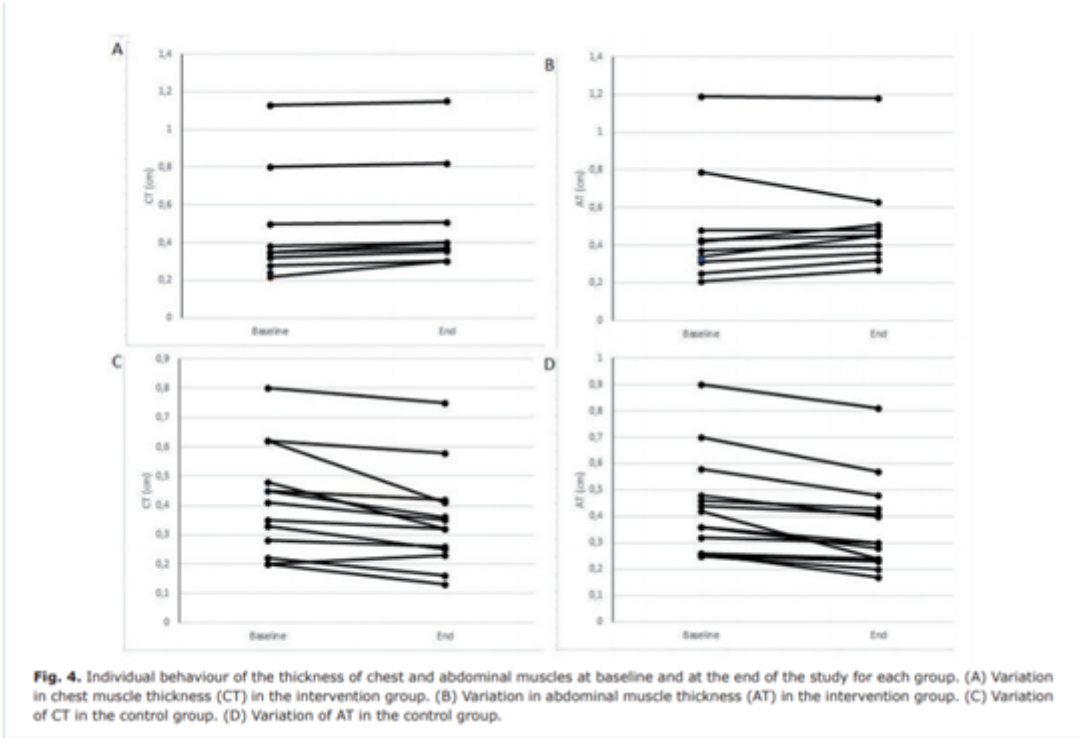
Primary outcomes

There was a statistically significant difference between the intervention and conventional groups in abdominal and chest muscle thickness ($p > 0.001$). Considering the comparison between the initial and final assessment within each group, there was no change in muscle mass in the intervention group, whereas there was a statistically significant decrease in these measures in the conventional group ($p > 0.001$). Even after adjusting for potential confounders (sepsis and APACHE II), the results remained significant ($p < 0,001$) (Table III and Fig. 4). The effect size for chest muscle thickness and abdominal muscle thickness was 1 and 0.9 SD, respectively.

Table III. Comparison of muscle thickness between groups

Variables	Intervention group (n = 11)				Conventional group (n = 14)				Interaction effect (group vs time)	
	Baseline	End	Difference in mean (95% CI)	p-value ^a	Baseline	End	Difference in mean (95% CI)	p-value ^a	Difference between groups (95% CI)	Adjusted p-value ^b
CT	0.44 (0.28)	0.49 (0.28)	0.05 (-0.00 to 0.10)	0.083	0.42 (0.17)	0.35 (0.16)	-0.06 (-0.10 to -0.02)	<0.001	0.11 (0.04 to 0.18)	<0.001
AT	0.47 (0.28)	0.51 (0.26)	0.04 (-0.02 to 0.10)	0.505	0.43 (0.19)	0.36 (0.17)	-0.07 (-0.10 to -0.04)	<0.001	0.09 (0.06 to 0.12)	<0.001

^aIntra-group effect using a generalized estimating equations (GEE) model with Bonferroni's correction; ^bintergroup effect using a generalized estimating equations (GEE) model with Bonferroni's correction adjusted for APACHE II, sepsis and ICU stay. All ultrasound measurements expressed in cm. CT: chest muscle thickness; AT: abdominal muscle thickness; 95% CI: 95% confidence interval; SD: standard deviation.



Secondary outcomes

There was a significant difference in length of ICU stay, which was shorter in the intervention group than in the conventional group (p=0.045). There was no statistically significant difference in diaphragm muscle thickness or inhaling and exhaling diaphragmatic motion between the 2 groups. Likewise, the comparison between baseline and end evaluation within each group showed no significant differences. Even after adjusting for APACHE II and sepsis, the values remained nonsignificant (p>0.05) (Table IV). The effect size for inhaling diaphragmatic motion, exhaling diaphragmatic motion and diaphragm muscle thickness was 0.7, 0.6, and 0.02 SD, respectively.

Table IV. Comparison of diaphragmatic motion and thickness between groups

Variables	Intervention group (n = 11)				Conventional group (n = 14)				Interaction effect (group vs time)	
	Baseline Mean (SD)	End Mean (SD)	Difference in mean (95% CI)	p-value ^a	Baseline Mean (SD)	End Mean (SD)	Difference in mean (95% CI)	p-value ^a	Difference in mean (95% CI)	Adjusted p-value ^b
IDM	0.36 (0.18)	0.47 (0.18)	0.11 (-0.05 to 0.26)	0.397	0.46 (0.29)	0.51 (0.37)	0.05 (-0.23 to 0.33)	1.000	0.08 (-0.04 to 0.54)	0.081
EDM	0.23 (0.15)	0.31 (0.14)	0.08 (-0.06 to 0.22)	0.818	0.35 (0.27)	0.31 (0.32)	-0.04 (-0.28 to 0.20)	1.000	0.12 (-0.03 to 0.34)	0.268
DT	0.28 (0.18)	0.27 (0.18)	-0.01 (-0.11 to 0.08)	1.000	0.20 (0.05)	0.18 (0.05)	-0.02 (-0.05 to 0.03)	1.000	0.00 (-0.07 to 0.05)	0.718

^aIntra-group effect using a generalized estimating equations (GEE) model with Bonferroni's correction; ^bintergroup effect using a generalized estimating equations (GEE) model with Bonferroni's correction adjusted for APACHE II, sepsis and ICU stay. All ultrasound measurements were expressed in cm. IDM: inhaling diaphragmatic motion; EDM: exhaling diaphragmatic motion; DT: diaphragm muscle thickness; 95% CI: 95% confidence interval; SD: standard deviation; ICU: intensive care unit.

DISCUSSION

This study demonstrated that intervention using NMES combined with conventional physical therapy preserved the chest and rectus abdominis muscle thickness in critically ill patients on IMV. This finding is consistent with those reported by Gerovasili et al. (28), who evaluated 26 individuals, divided into control and intervention groups, and found that patients undergoing NMES applied to the quadriceps muscle as well as the control group showed decreased muscle mass. However, this decrease was significantly lower in the NMES group, suggesting that NMES may have a protective effect against muscle wasting. Nevertheless, Poulsen et al. (29) applied NMES to the quadriceps muscle, using the contralateral limb as a control, and found no difference in muscle mass between the stimulated and non-stimulated side, as assessed by computed tomography. Gruther et al. (30) used ultrasound to investigate the effects of NMES on the thickness of the quadriceps muscle during the acute phase (less than 7 days of hospitalization) and in the long term (more than 14 days after admission) in critically ill patients. The authors found increased thickness only for longterm patients who started NMES after 2 weeks of ICU admission. However, there was no increased thickness in acute patients. This is in agreement with the present findings, which demonstrated no change in muscle mass even when the NMES protocol was started early (up to 48 h of ICU admission).

As for the secondary outcomes, there was no statistically significant difference between groups in diaphragm thickness or inhaling and exhaling diaphragmatic motion. There was a significant difference only in the number of days of ICU stay, with a shorter stay in the intervention group compared with the conventional group. The implementation of early mobilization programmes, which is the type of intervention proposed in our study, may lead to a reduction in length of ICU stay (31). The use of IMV may also induce diaphragmatic dysfunction, reducing the patients' force generation capacity and mobility (32, 33). Martin et al. (34) used physical therapy to assess the improvement in peripheral and respiratory muscle strength and functional status of mechanically ventilated patients, and found a positive correlation between upper limb strength and ventilation weaning time. However, in our study, there was no statistically significant difference regarding days of IMV and reintubation rate. In a previous study conducted by our research group, we found increased inspiratory and expiratory muscle strength by administering NMES using Russian current in the rectus

abdominis and abdominal oblique muscle in inpatients with COPD compared with the control group (19).

The most prevalent ICU admission diagnosis in our study was sepsis (60%). Studies conducted in ICUs involving the use of NMES have demonstrated that the most common diagnoses on admission are sepsis, COPD, and trauma (28, 30, 35). Sepsis is known to generate a reaction of protein hypercatabolism in the muscles, contributing to loss of muscle mass. Loss of muscle mass is partially attributed to sepsis and to multiple organ dysfunction syndrome, use of drugs, such as neuromuscular blockers, and immobilization (36). Therefore, we adjusted the outcomes by dividing our patients into septic and non-septic, and the results were statistically significant even after the adjustment. The re-intubation rate in the intervention group was 25% against 38% in the conventional group. Routsis et al. (37) applied NMES to the quadriceps and peroneus longus muscles of critically ill patients and found reduced weaning time in the intervention group. However, in agreement with our findings, there was no significant difference in the re-intubation rate between groups. Conversely, a study conducted by Abu-Khaber et al. (38), evaluating the prevention of muscle weakness and facilitation of weaning from mechanical ventilation in critically ill patients using NMES in the quadriceps muscle and starting the protocol within the first 2 days of mechanical ventilation, reported unclear conclusions about the role of NMES in facilitating the weaning process. In addition, the number of days on mechanical ventilation was lower in the NMES group compared with sham stimulation, but the statistical significance level was very low ($p=0.048$).

In our study, APACHE II score was similar in both groups. In a systematic review on the use of NMES in intensive care, Parry et al. (39) concluded that patients with an APACHE II score greater than 20 did not benefit from NMES to preserve muscle mass. Conversely, individuals with an APACHE II score lower than 16 showed better muscle response to NMES. Such negative results may be linked to the correlation between NMES intensity and disease severity, because the excitability of muscle tissue in this condition may induce dysfunctions of the muscle membrane compromising its contraction and increasing catabolism, thus enhancing loss of muscle mass (29). However, our findings demonstrated positive effects in terms of preservation of muscle mass, even after adjusting the values for patients with APACHE II score >25 and <25 ,

which suggests that NMES may prevent loss of muscle mass even in patients with high APACHE II score.

The mean NMES duration in the current study was 5 days in the intervention group. In comparison with our study, the duration of treatment was significantly longer (in days) in previous studies using NMES in the peripheral muscles of critically ill patients; therefore, these studies showed positive results regarding muscle mass gain (28, 29). The study by Routsis et al. (37) used 55 min/day of NMES, demonstrating positive results in terms of muscle mass and development of polyneuropathy. In our study, we initially used 30 min of NMES in the rectus abdominis and chest muscles, adding 1 min every 2 days, and found positive results in terms of muscle thickness. Such findings suggest that the initial daily use of 30 min of NMES benefits critically ill patients.

The parameters used in the NMES protocol of our study were designed and established by the research team with great theoretical knowledge about the principles of NMES. Therefore, we were able to achieve the desired muscle fibre recruitment in these muscle groups, with the purpose of recruiting fast and slow twitch fibres, based on the positive results described previously in the literature, using parameters very similar to the ones used in our study, in order to increase peripheral muscle strength and the potential benefits related to the preservation of the muscle mass of critically ill patients (23, 24, 39).

We decided to use ultrasound to evaluate muscle and diaphragmatic behaviour in the administration of NMES because it is a valuable tool in the management of ICU patients. Ultrasound examination makes it possible to quantify diaphragmatic motion and accurately assess muscle atrophy (40). The choice of this tool appears to be more accurate for muscle assessment in ICU patients (28) and overcomes many of the problems associated with anthropometric and body composition measures, such as oedema, which may be a source of bias when assessing muscle thickness (30). Currently, ultrasound is the most reliable method and its validity is well established in intensive care (39).

Our findings are limited by a relatively small number of patients who underwent NMES sessions. Furthermore, sedation and the use of vasopressor drugs might have affected microcirculation in these patients.

Further studies with larger samples might provide subgroup analysis to identify the potential beneficial effects of NMES when applied to the muscles involved in respiratory mechanics in different populations, since the initial results of this approach are positive in the prevention of loss of muscle mass in these muscle groups.

In conclusion, there was no change in rectus abdominis and chest muscle thickness in critically ill patients in the intervention group (neuromuscular electrical stimulation+conventional physical therapy); however, we found a significant decrease in these measures in the conventional group (sham neuromuscular electrical stimulation+conventional physical therapy). In addition, the length of ICU stay was significantly shorter in the group receiving active NMES.

REFERENCES

1. Abelha FJ, Castro MA, Landeiro MN, Neves AM, Santos CC. [Mortality and Length of Stay in a Surgical Intensive Care Unit.] 2006; 56: 34–45 (in Spanish).
2. Laupland KB, Kirkpatrick AW, Kortbeek JB, Zuege DJ. Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest* 2006; 129: 954–959.
3. Orlando JMC, Milani CJ. [2° Brazilian Yearbook of Intensive Care- 2° Brazilian Census of Intensive Care Unit.] São Paulo: Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB); Edição 2002–2003 (in Spanish).
4. Williams TA, Dobb GJ, Finn JC, SA. Long-term survival from intensive care: a review. *Intensive Care Med* 2005; 31: 1306–1315.
5. Needham DM, Troug AD, Fan E. Technology to enhance physical rehabilitation of critically ill patients. *Crit Care Med* 2009; 37: 436–441.
6. Troug AD, Fan E, Brower RG, Needham DM. Bench-tobedside review: mobilizing patients in the intensive careunit – from pathophysiology to clinical trials. *Crit Care* 2009; 13: 216.
7. Meesen RL, Dendale P, Cuypers K, Berger J, Hermans A, Thijs H, et al. Neuromuscular electrical stimulation as a possible means to prevent muscle tissue wasting in artificially ventilated and sedated patients in the intensive care unit: a pilot study. *Neuromodulation* 2010; 13: 315–321.
8. Diez ML, Renaud G, Magnus A, Marrero HG, Cacciani N, Engquist H, et al. Mechanisms underlying ICU Muscle wasting and effects of passive mechanical loading. *Crit Care* 2012; 16: R209.

9. Williams N, Flynn M. A review of the efficacy of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Physiother Theory Pract* 2014; 30: 6–11.
10. Fletcher SN, Kennedy DD, Gosh IR, Misra VP, Kiff K, Coakley JH, et al. Persistent neuromuscular and neurophysiologic abnormalities in long-term survivors of prolonged. *Crit Care Med* 2003; 31: 1012–1016.
11. Herridge MS, Cheung AM, Tansey CM, Matte-Martyn A, Diaz-Granados N, Al-Saidi F, et al. One-year outcomes in survivors of the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2003; 348: 683–693.
12. Herridge MS, Catherine M. Tansey CM, Matte-Martyn A, Tomlinson G, Diaz-Granados N, et al. Functional disability 5 years after acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2011; 364: 129–1304.
13. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol* 2010; 110: 223–234.
14. Roig M, Reid WD. Electrical stimulation and peripheral muscle function in COPD: a systematic review. *Respir Med* 2009; 103: 485–495.
15. Gibson JN, Smith K, Rennie MJ. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet* 1988; 332: 767–770.
16. Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, et al. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest* 2009; 136: 1249–1256.
17. Maurice JH, Speksnijder CM, Eterman RA, Janssen PP, Wagers SS, Wouters EFN, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation of muscle of ambulation in patients with chronic heart failure or COPD: a systematic review of the English-language literature. *Chest* 2009; 136: 44–61.
18. França EE, Ferrai F, Fernandes P, Cavalcanti R, Duarte A, Martinez BP, et al. [Physical therapy in critically ill adult patients: recommendations from the Brazilian Association of Intensive Care Medicine Department of Physical Therapy.] *Rev Bras Ter Intensiva* 2012; 24: 6–22 (in Spanish).
19. Dall Acqua AM, Döhnert MB, Santos LJ. neuromuscular electrical stimulation with russian current for expiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Phys Ther Sci* 2012; 24: 955–959.

20. Teeter BS, Brown MS, MBA Jeanne, Brown MS, Denise L. Development and dissemination of a resource guide on functional electrical stimulation (FES) for persons with spinal cord dysfunction. *J Rehabil Res Dev* 1996; 3: 78.
21. Durfee WL. Electrical stimulation for restoration of function. *Neuro Rehabil* 1999; 12: 53–63.
22. Stanic U. Functional electrical stimulation of abdominal muscles to augment tidal volume in spinal cord injury. *IEEE Transact Rehabil Eng* 2000; 8: 30–34.
23. 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 Med* 2013; 11: 137.
24. Wageck B, Nunes GS, Silva FL, Damasceno MCP, Noronha M. Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: systematic review. *Med Intensiva* 2014; 38: 444–454.
25. Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP, Montenegro CAB. [Reliability of Muscle Thickness Measurements Using Ultrasound.] *Rev Bras Med Esporte* 2010; 16: 41–45 (in Spanish).
26. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography. *Chest* 2009; 135: 391–400.
27. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2011; 39: 2627–2630.
28. Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care* 2009; 13: R161.
29. Poulsen JB, Moller K, Jensen CV, Weisdorf S, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med* 2011; 39: 456–461.
30. Gruther W, Benesch T, Zorn C, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Fialka-Moser V, et al. Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the m. quadriceps femoris muscle layer. *J Rehabil Med* 2008; 40: 185–189.
31. Engel HJ, Needham DM, Morris PE, Gropper MA. ICU early mobilization: from recommendation to implementation at three medical centers. *Crit Care Med* 2013; 41: S69–S80.

32. Zhu EC, Yu RJ, Sassoon CS. [Ventilator induce diaphragm dysfunction and its prevention.] *Zhonghua Jie He Hu Xi Za Zhi* 2008; 31: 616–619 (in Chinese).
33. Schild K, Neusch C, Schonhofer B. Ventilator induzierter Zwerchfellschaden. *Pneumologie* 2008; 62: 33–39.
34. Martin UJ, Hincapie L, Nimchuk M, Gaughan J, Criner GJ. Impact of whole-body rehabilitation in patients receiving chronic mechanical ventilations. *Crit Care Med* 2005; 33: 2259–2265.
35. Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *J Crit Care* 2012; 27: 319.
36. Svanberg E, Frost RA, Lang CH, Isgaard J, Jefferson LS, Kimball SR, et al. Binary complex modulates sepsis induced inhibition of protein synthesis in skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000; 279: 1145–1158.
37. Rousti C, Gerovasili V, Vasileiadis I, Karatzanos E, Pitsolis T, Tripodaki E, et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Crit Care* 2010; 14: R74.
38. 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 J Med* 2013; 49: 309–315.
39. Parry SM, Berney S, Granger CL, Koopman R, El-Ansary D, Denehy L. Electrical muscle stimulation in the intensive care setting. A systematic review. *Crit Care Med* 2013; 41: 2406–2418.
40. Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest* 2005; 128: 881–895.

PRODUÇÃO 3 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

O terceiro artigo construído teve como objetivo avaliar se a técnica de EENM, na forma utilizada, era segura para ser aplicada em pacientes críticos em VMI e encontra-se, neste momento, em processo de análise para publicação em periódico nacional. Como resultados, encontrou-se que a técnica é segura, não gera fadiga muscular nem mesmo produz efeitos adversos, porém são necessárias adaptações para melhor aplicabilidade em pacientes críticos.

Obs.: Artigo configurado conforme as normas da revista

SEGURANÇA DA APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR EM PACIENTES CRÍTICOS

SAFETY OF NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION IN CRITICAL PATIENTS

RESUMO

Introdução: Uma das técnicas empregadas no ambiente de terapia intensiva, na busca pela saída precoce da ventilação mecânica invasiva (VMI), é a eletroestimulação neuromuscular (EENM). Objetivo: avaliar a segurança da técnica de EENM em pacientes críticos em VMI. Métodos: ensaio clínico randomizado duplo cego, com 24 pacientes em ventilação mecânica invasiva, divididos em grupo intervenção (EENM + fisioterapia convencional) e controle (EENM placebo + fisioterapia convencional). Foram avaliados: lactato sanguíneo, complacência pulmonar dinâmica e variáveis cardiorrespiratórias (frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), saturação de oxigênio (SATO₂) e pressão arterial (PA)) antes e após aplicação de um protocolo de EENM. Para 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. Resultados: Nenhuma das variáveis apresentou diferença estatisticamente significativa entre os momentos e nenhum efeito adverso foi relatado. Conclusão: a técnica de EENM é segura para ser realizada em ambientes

críticos, porém algumas adaptações do ambiente são importantes para maior segurança durante a realização.

Descritores: estimulação elétrica, respiração artificial, segurança

ABSTRACT

Introduction: One of the techniques used in the intensive care setting, in the search for early exit from invasive mechanical ventilation (IMV), is neuromuscular electrostimulation (NMES). **Objective:** to evaluate the safety of NMES technique in critical patients in IMV. **Methods:** A randomized double-blind clinical trial with 24 patients in invasive mechanical ventilation, divided into intervention group (NMES + conventional physiotherapy) and control (NMES placebo + conventional physiotherapy). Blood lactate, dynamic pulmonary compliance and cardiorespiratory variables (heart rate (HR), respiratory frequency (FR), oxygen saturation (SATO₂) and blood pressure (BP) were evaluated before and after applying a NMES protocol. For statistical analysis, continuous variables were described as mean and standard deviation or median and interquartile range, and categorical variables by absolute and relative frequencies. To compare means between groups, the t-student test for independent samples was applied. **Results:** None of the variables presented a statistically significant difference between the moments and no adverse effects were reported. **Conclusion:** The NMES technique is safe to perform in critical environments, but some adaptation of the environment is important for greater safety during performance.

Keywords: electric stimulation, respiration artificial, safety

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento nas taxas de hospitalização, a necessidade de VM até o ano de 2026 está projetada para ser 80% maior do que no ano de 2000¹. Contudo, a associação da VM prolongada com os efeitos do imobilismo resulta em perda das fibras musculares, acarretando significativa redução da força muscular respiratória e periférica². Sabe-se que em apenas 7 dias de repouso no leito a força muscular é reduzida em 30%, com uma perda adicional de 20% a cada semana³, sendo esta perda

considerada um preditor independente de falha para o desmame do ventilador e prolonga a estada dos pacientes no ventilador².

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 doentes⁴, como forma de prevenir os efeitos deletérios do repouso no leito, sendo realizada nos primeiros 2 a 5 dias de internação⁵. Uma das técnicas mais utilizadas em UTI's é a eletroestimulação neuromuscular, por sua capacidade de promover contrações musculares sem a cooperação do paciente e sua utilização ser viável neste ambiente. No entanto, dentre os estudos publicados até o presente momento, observa-se que a grande barreira para realização da mobilização precoce em ambientes críticos é a preocupação com a segurança do paciente^{5,6-11}. Com fins de sanar esta dúvida, uma gama de estudos vêm sendo realizados e, estes sugerem que a mobilização precoce não impõe um aumento de risco para os pacientes, se for realizada com pessoal devidamente treinado^{5,6-11}, porém os resultados são inconclusivos para afirmar hipóteses sobre a segurança da técnica.

As evidências encontradas até o presente momento sugerem que a técnica de mobilização precoce, a EENM, é segura e viável, porém os estudos destacam ainda evidências inconclusivas e reforçam a necessidade de mais pesquisas a fim de estabelecer protocolos seguros para utilização em ambientes críticos. Para tanto, este artigo tem como objetivo avaliar a segurança da técnica de EENM na musculatura acessória da respiração (peitoral e reto abdominal) em pacientes críticos, já que até o presente momento apenas temos relatos de segurança na aplicabilidade em músculos periféricos, e assim como estes, os que fazem parte da mecânica respiratória sofrem os efeitos deletérios do imobilismo.

2 MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do 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 de os procedimentos seguirem as normas da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

2.1 Desenho do estudo

Ensaio clínico randomizado duplo cego (para avaliadores de desfecho e pacientes) onde foram incluídos pacientes com idade ≥ 18 anos, de ambos os gêneros, internados no Serviço de Medicina Intensiva do HCPA entre agosto de 2013 e agosto de 2014, com início da VM entre 24 e 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 ou pós operatório com incisão abdominal ou peitoral.

Durante o período da pesquisa, diariamente o sistema informatizado do HCPA foi consultado por um dos pesquisadores a fim de realizar o rastreamento de pacientes elegíveis para o estudo. Ao identificar um possível paciente, o prontuário eletrônico era consultado e verificados os critérios de inclusão e, em caso de inclusão, o responsável pelo paciente era convidado a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2.2 Medidas de desfecho

O lactato sanguíneo foi medido por meio do aparelho Accutrend Plus Roche®, somente no primeiro dia do paciente no protocolo em três momentos distintos: antes de iniciar a EENM, na metade do tempo da estimulação e, até 1 minuto após finalizar o protocolo.

Os dados clínicos foram coletados diariamente através de uma planilha elaborada pelos pesquisadores, antes de iniciar a sessão de EENM e após o término da mesma, sendo eles: Pressão Arterial Média (PAM), Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), Frequência Cardíaca (FC), Frequência Respiratória (FR), Saturação de Oxigênio (SapO_2), modo ventilatório, uso de bloqueadores

neuromusculares, corticoesteróides, vasopressores, sedação e *Richmond Agitation Sedation Scale* (RASS) e/ou RAMSAY.

O cálculo da CDin foi realizado diariamente, em três momentos distintos, sendo eles: antes de iniciar a sessão de EENM, na metade do tempo da sessão e logo após o final da mesma. A fórmula utilizada foi a média do volume corrente dividido pela pressão de pico subtraída pela *Positive and-expiratory pressure* (PEEP).

2.3 Randomização

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

Os pacientes foram divididos em dois grupos: grupo intervenção (G1) e grupo placebo (G2). O 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, cegado para as medidas avaliadas, sendo que o mesmo recebia apenas o leito do paciente incluído e o grupo (se intervenção ou placebo) e a fisioterapia convencional foi realizada pela equipe do Serviço de Medicina Intensiva, objetivando a padronização das condutas.

2.3 Análise estatística

O cálculo amostral foi previamente realizado por meio de um estudo piloto com dez pacientes, através do programa Winpepi versão 11.43. Foi utilizado um tamanho de efeito de 1,5 desvios padrões, nível de significância de 5% e poder de 80%. A diferença esperada foi de 5%. O maior tamanho amostral encontrado foi de 18 pacientes, 9 para cada grupo, porém foram incluídos todos os pacientes elegíveis dentro do período de um ano, estipulado para coleta de dados.

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 e para comparação entre os diferentes momentos, o teste ANOVA para medidas repetidas. 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.

2.4 Intervenções

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

O treinamento ocorreu desde a entrada do paciente no estudo, ainda sedado, com sincronização das contrações, até o momento da extubação, fase em que a sincronização era feita pelo paciente. 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 setor com tempo de experiência profissional de 2 a 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.

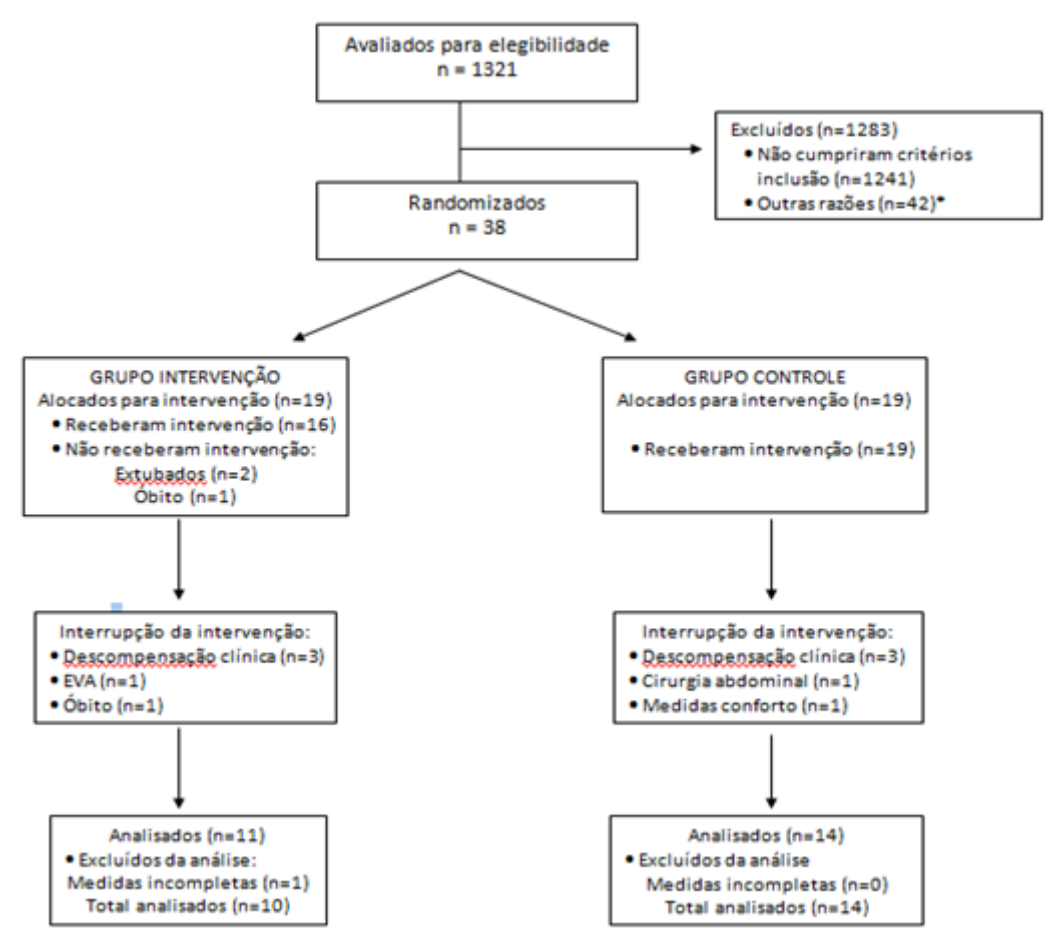
O grupo placebo seguiu o mesmo protocolo do G1, exceto que a EENM foi placebo, isto é, a intensidade foi ajustada somente até o nível sensorial, ou seja, sem provocar contrações musculares visíveis ou palpáveis.

A re-avaliação foi definida para o 7º dia, considerando que através dos estudos descritos na literatura, em 7 dias os pacientes críticos possuem as maiores taxas de perda de massa muscular. Caso o paciente fosse extubado antes do 7º dia, a re-avaliação foi antecipada, pois nosso estudo baseou-se em musculaturas acessórias da respiração e em modo espontâneo a mecânica ventilatória é modificada.

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).

Fig 1 Fluxograma do estudo.



Quando analisadas as informações de caracterização da amostra, esta apresentou-se homogênea em relação a idade e sexo, também quanto ao IMC, APACHE II e a quantidade de dias de EENM. O tempo de sedação contínua no G1 foi de 2 e 4 dias e no G2 esse tempo variou entre 1 e 2 dias. Durante a aplicação da EENM, 72,7% dos pacientes do G1 realizaram hemodiálise, já no G2 a taxa foi de 42,8% (Tabela 1).

Tabela 1. Características de base dos pacientes.

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

APACHE II	25,7 ± 5,4	29,1 ± 7,5	0,237
Dias de EENM	5,60 ± 2,32	5,50 ± 2,47	0,921

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

Nenhum indivíduo desta amostra, de ambos os grupos, fez uso de bloqueadores neuromusculares ou corticoesteróides durante o período da pesquisa.

Neste estudo não foram observados eventos adversos durante a EENM, sendo que foram controladas as reações cutâneas, presença de sondas, cateteres, linhas vasculares e as vias aéreas artificiais além da realização de hemodiálise durante a intervenção.

Em relação às variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas, não houve diferença entre os níveis de lactato sanguíneo, nos três momentos analisados (Tabela II). Também não houve alteração significativa na complacência pulmonar dinâmica (Tabela II).

Tabela 2. Variáveis lactato e CDin

Variáveis*	Inicial Média ± DP	Durante Média ± DP	Final Média ± DP	Efeitos (valor p)		
				grupo	tempo	grupo x tempo
Lactato				0,606	0,521	0,127
Grupo Intervenção	3,40 ± 1,21	3,15 ± 1,77	3,16 ± 1,53			
Grupo Controle	2,77 ± 1,31	2,80 ± 1,49	3,00 ± 1,33			
CDin				0,212	0,113	0,723
Grupo Intervenção	30,3 ± 14,0	33,2 ± 15,8	30,8 ± 18,9			
Grupo Controle	24,0 ± 9,6	25,5 ± 10,6	24,7 ± 10,7			

* variáveis descritas por média ± desvio padrão; Teste estatístico utilizado: Anova para medidas repetidas; lactato sanguíneo medido em mmol/L.

Em relação às variáveis cardiorrespiratórias não foi encontrado diferença significativa quando avaliadas em relação aos grupos e ao tempo, somente na interação entre grupo e tempo (Tabela III).

Tabela 3. Variáveis Hemodinâmicas por grupo, tempo e entre ambos.

	Grupo Intervenção		Grupo Placebo		pGrupo	pTempo	pInteração
	Antes	Depois	Antes	Depois			
PAM							
Média	82,1	76,818	79,2	82,6			
IC	[73,920 - 90,261]	[70,489 - 83,146]	[71,936 - 86,491]	[76,557 - 88,585]	0,758	0,617	0,024
FC							
Média	91,5455	90,2727	90,1429	90,2143			
IC	[79,404 - 103,686]	[78,228 - 102,206]	[82,404 - 97,881]	[81,783 - 98,664]	0,92	0,587	0,543
FR							
Média	20,6364	20,1818	23	22,8571			
IC	[18,903 - 22,368]	[17,355 - 23,008]	[21,251 - 24,748]	[21,351 - 24,363]	0,051	0,656	0,816
SatO2							
Média	97,1818	97,7273	97,6429	97,8571			
IC	[95,876 - 98,486]	[96,781 - 98,673]	[96,193 - 99,092]	[96,607 - 99,107]	0,73	0,188	0,566

PAM: Pressão Arterial Média; FC: Frequência Cardíaca; FR: Frequência Respiratória; SatO₂: Saturação de oxigênio; IC: Intervalo de Confiança.

DISCUSSÃO

No presente estudo não foram observadas diferenças significativas antes, durante e após a EENM quanto ao lactato sanguíneo nem em relação a complacência pulmonar dinâmica. Quanto aos parâmetros cardiorrespiratórios, avaliados antes e após a EENM também não houve diferença significativa, tanto na comparação entre os momentos (antes e depois) quanto na comparação entre os grupos, sendo que os valores se mantiveram constantes.

Segers e cols.¹² realizou um estudo a fim de avaliar a viabilidade da EENM em pacientes críticos e, em concordância com o presente estudo, também não encontrou mudanças nos parâmetros ao comparar antes e depois da aplicação da técnica, concluindo que a mesma é viável e segura para ser realizada em ambientes críticos, considerando que Segers e cols.¹² utilizaram a técnica em musculatura extensora do joelho. Parry e cols.¹³ realizaram uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados e chegaram a conclusão de que é difícil prever evidências definitivas sobre a segurança da técnica, pois somente 3 dos 9 estudos incluídos, relataram eventos adversos, para tanto os autores afirmam que são necessários mais estudos sobre esta questão para estabelecer a segurança da técnica.

Já Gerovasili e cols.¹⁴ realizaram um estudo avaliando a resposta de uma sessão de EENM na microcirculação e encontraram manutenção dos níveis de saturação de oxigenio já a frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica aumentaram

significativamente após a sessão de EENM, porém os autores afirmam que este aumento não tem relevância clínica, apenas estatística.

No presente estudo, não foram encontrados efeitos adversos quanto a reações cutâneas, presença de sondas, cateteres, linhas vasculares e as vias aéreas artificiais além da realização de hemodiálise durante a intervenção. Segers e cols.¹² encontrou vermelhidão no local do eletrodo em 50% dos pacientes logo após a EENM que desapareceu gradualmente após a sessão e os autores consideraram como hiperemia local sem consequências negativas ou duradouras. Já Rodriguez e cols.¹⁵ publicaram um estudo sobre a eficácia da EENM em pacientes com diagnóstico de sepse e relataram uma queimadura superficial após a primeira sessão, ocorrida devido a configuração do modo de estimulação incorreta, porém outros eventos adversos não foram observados. Leditschke e cols.⁵ em seu estudo sobre as barreiras para mobilização precoce em pacientes críticos, concluiu que estes pacientes podem ser seguramente mobilizados (estudo incluiu diversas técnicas de mobilização), porém algumas intervenções podem facilitar o uso destas técnicas, como a alteração dos locais de colocação de cateteres vasculares, programação cuidadosa de procedimentos e melhor gestão da sedação.

A literatura conta com poucos estudos que tratam especificamente da segurança da aplicação da EENM em pacientes críticos, porém muitos trazem esta informação com objetivo secundário, demonstrando que a técnica é segura para ser realizada em ambientes críticos, porém a preparação e organização do ambiente dever ser pensada para que esta seja uma técnica inclusa na rotina das UTI's.

CONCLUSÃO

Na presente amostra, os resultados encontrados apontam para o uso da EENM em musculatura acessória da respiração em pacientes críticos como uma técnica segura, de baixo risco, contribuindo assim para uma abordagem mais específica e eficaz na perda de capacidade desse grupo muscular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 Needham I, [Abderhalden](#) C, [Zeller](#) A, [Dassen](#) T, [Haug](#) HJ, [Fischer](#) JE, 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*. 2005; 44(9): 415-20.

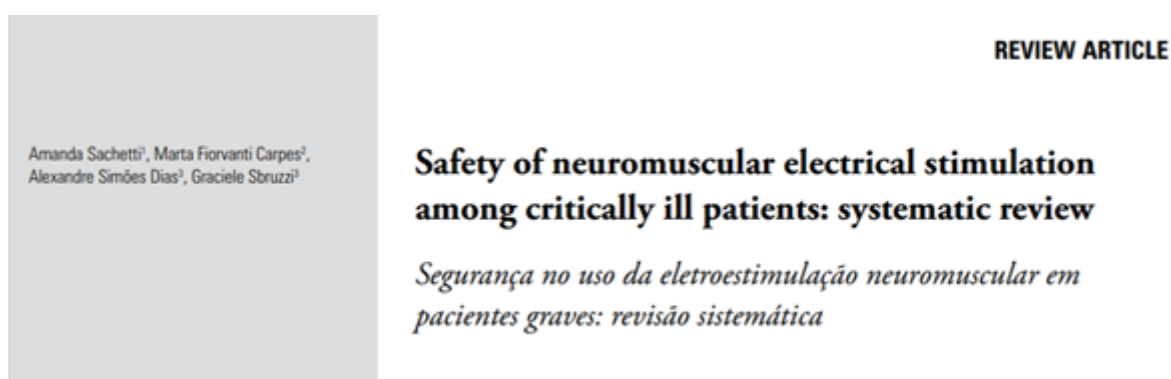
- 2 Mirzakhani H, Williams JN, Mello J, Joseph S, Meyer MJ, Waak K, et al. Muscle weakness predicts pharyngeal dysfunction and symptomatic aspiration in long-term ventilated patients. *Anesthesiology*, 2013; 119: 389–397.
- 3 Sibinelli M, Maioral DC, Falcão ALE, Kosour C, Dragosavac D, Lima NMFV. Efeito imediato do ortostatismo em pacientes internados na unidade de terapia intensiva de adultos. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012; 24(1): 64-70.
- 4 Moreira RCM. Mobilização Precoce de Pacientes Criticamente Doentes – ensaio clínico aleatorizado. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). Belo Horizonte: Universidade Federal Minas Gerais; 2012. 85f.
- 5 Leditschke IA, Green M, Irvine J, Bissett B, Mitchell IA. What Are the Barriers to Mobilizing Intensive Care Patients? *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2012; 23(1): 26-29.
- 6 Needham DM, Korupolu R, Zanni JM, Pradhan P, Colantuoni E, Palmer JB, Brower RG, Fan E. Early physical medicine and rehabilitation for patients with acute respiratory failure: a quality improvement project. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010; 91:536-42.
- 7 Schweickert WD, Pohlman, MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbook CL, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: A randomized controlled trial. *Lancet*. 2009; 373: 1874–1882.
- 8 Bailey PR, Thomsen GEM, Spuhler VJR, Blair R, Jewkes J, e Bezdjian L, et al: Early activity is feasible and safe in respiratory failure patients. *Critical Care Med*. 2007; 35:139–145.
- 9 Burtin C, Clerckx B, Robbeets C, Ferdinande P, Langer D, Troosters T, et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med*. 2009; 37(9).
- 10 Morris PE, Goad A, Thompson C, Taylor K, Harry B, Passmore L, et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. [Crit Care Med](#). 2008; 36(8): 2238-43.
- 11 Thomsen GE, Snow GL, Rodriguez L, Hopkins RO. Patients with respiratory failure increase ambulation after transfer to an intensive care unit where early activity is a priority. *Crit Care Med*. 2008; 36: 1119–24.

- 12 Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Journal of Critical Care*. 2014; 29: 1082–1088.
- 13 Parry SM, 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(10): 1-13.
- 14 Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, Routsis C, Roussos C, Nanas S. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest*. 2009; 136:1249-1256.
- 15 Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli MD, Vidomlansky SR, Attie S, 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.

PRODUÇÃO 4 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

Ainda, enquanto o artigo de segurança da técnica de EENM foi produzido, outro manuscrito foi construído, sendo esse uma revisão sistemática sobre o mesmo tema, o qual foi publicado na Revista Brasileira de Terapia Intensiva em 2018. Ao final foram incluídos somente 4 ensaios clínicos randomizados e como resultado, encontrou-se que a eletroestimulação neuromuscular é uma técnica segura para ser aplicada em pacientes graves, porém deve ser aplicada por profissional treinado e utilizando parâmetros corretos, baseados em evidências.

Obs.: Artigo configurado conforme as normas da revista



SEGURANÇA NO USO DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR EM PACIENTES CRÍTICOS: REVISÃO SISTEMÁTICA

Amanda Sachetti; Marta Fiorvanti Carpes; Alexandre Simões Dias; Graciele Sbruzzi

Amanda Sachetti: Hospital da Cidade de Passo Fundo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; endereço: rua Harry Becker, 567 bairro Santa Maria, Passo Fundo/RS CEP 99070-190 e-mail: amandasachetti@gmail.com Contato: (54)991543394

Marta Fioravanti Carpes: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Alexandre Simões Dias: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Hospital de Clínicas de Porto Alegre;

Graciele Sbruzzi: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Hospital de Clínicas de Porto Alegre;

Trabalho realizado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre/RS

Não há fontes financiadoras

Runing Title: Segurança EENM em pacientes críticos

RESUMO

Com o aumento da taxa de sobrevivência de pacientes críticos, também aumentaram as comorbidades, como a fraqueza muscular adquirida, preditores de mortalidade nesses pacientes. A eletroestimulação neuromuscular (EENM) é utilizada para reverter esse quadro, no entanto, ainda necessita de estudos sobre sua segurança. Objetivo: revisar as evidências sobre segurança da EENM quando utilizada em UTI. Métodos: revisão sistemática, sendo a busca realizada nas bases de dados MEDLINE (acessado via PubMed), PEDro, Cochrane CENTRAL e EMBASE além de busca manual de referências em estudos randomizados. Foram incluídos ensaios clínicos randomizados (ECR's) que comparassem aplicação da EENM com grupo controle ou placebo em UTIs, e que contivessem informações sobre segurança da técnica nos desfechos, sendo considerado como segurança dados de variáveis hemodinâmicas e informações sobre efeitos adversos. Resultados: Os artigos foram analisados por dois revisores independentes e a análise dos dados foi descritiva. A busca inicial encontrou 1533 artigos, destes foram incluídos somente quatro ECR's. Dois estudos avaliaram segurança através das variáveis hemodinâmicas e somente um deles mostrou aumento nas frequências cardíacas, respiratória e lactato, porém sem relevância clínica. Os outros dois estudos avaliaram a segurança através do relato de efeitos adversos, trazendo que em um 15% dos pacientes apresentaram sensação de picada, sem alteração clinicamente relevante e no outro, apenas um paciente sofreu queimadura superficial por configuração incorreta dos parâmetros. Conclusão: EENM é uma técnica segura para ser

aplicada em pacientes críticos, porém deve ser aplicada por profissional treinado e utilizando parâmetros corretos baseados em evidências.

Palavras-chave: segurança, estimulação elétrica, unidade de terapia intensiva, respiração artificial, efeitos adversos, estimulação física.

Keywords: safety, electric stimulation therapy, intensive care units, respiration artificial, drug-related side effects and adverse reactions, physical stimulation.

INTRODUÇÃO

As taxas de sobrevivência de pacientes criticamente doentes aumentaram ao longo dos anos, por meio do avanço tecnológico e das novas técnicas aplicadas em terapia intensiva¹. Segundo Herridge², com o aumento das taxas de sobrevivência, as modalidades terapêuticas que auxiliam neste processo também causam algumas comorbidades como a fraqueza muscular em virtude da perda de massa muscular e força. Além destes fatores é possível citar também a imobilidade no leito que provoca aumento do catabolismo muscular e diminui a síntese de proteínas e massa muscular³. Essas alterações musculares podem afetar negativamente a capacidade de ser independente e a qualidade de vida dos pacientes, interferindo inclusive no seu estado funcional após a alta hospitalar⁴.

Naqueles pacientes que são incapazes de realizar movimento ativo, a eletroestimulação neuromuscular pode ser um tratamento alternativo para aumentar ou manter a força muscular. Programas de Eletroestimulação Neuromuscular (EENM) parecem ser aceitáveis para os pacientes e têm levado a melhorias na função muscular, capacidade de exercício e qualidade de vida⁵. No entanto, as estimativas sobre a eficácia da EENM com base em estudos individuais carecem de poder e precisão⁴.

Alguns estudos relatam que a EENM possui efeito na fase aguda doença^{6,7}, outros trazem que não houve efeitos na reversão da perda muscular na fase aguda^{8,9}. Estudos recentes, de diversos desenhos metodológicos, demonstraram que a EENM é segura, viável e benéfica na população da UTI¹⁰⁻¹³. No entanto, os artigos ainda trazem resultados inconclusivos devido a heterogeneidade dos protocolos e amostras reduzidas. Para tanto, esta revisão sistemática tem como objetivo principal avaliar a segurança

da aplicação da EENM quando comparada com grupo controle ou placebo em pacientes críticos.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática desenvolvida com base no *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses: The PRISMA Statement*¹⁴ e registrada no [International prospective register of systematic reviews](#) (Prospero) em 18/07/2016 obtendo o nº 42016043079.

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos ECRs com pacientes internados em UTI's, em uso de ventilação mecânica invasiva e que foram submetidos à aplicação de EENM em musculatura periférica e comparados a grupo controle que poderia ser outra técnica fisioterapêutica ou nenhuma intervenção, ou ainda EENM placebo.

O desfecho incluído foi segurança na aplicação da técnica de EENM em pacientes críticos, avaliada através da presença/ausência de efeitos adversos e/ou de parâmetros hemodinâmicos.

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: ECR's pilotos, com dados incompletos e estudos sem dados do grupo controle.

Estratégia de busca

Foram pesquisados os seguintes bancos de dados eletrônicos: MEDLINE (acessado via PubMed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Register of Controlled Trials (Cochrane CENTRAL) e EMBASE. Ainda, foi realizado uma busca complementar manual nas referências de estudos já publicados sobre o assunto. A busca foi realizada em outubro de 2016 e compreendeu os seguintes descritores e seus termos sinônimos: “critical illness”, “intensive care”, “intensive care units”, “electric stimulation” e “electric stimulation therapy”, associados a uma sensível lista de termos

para busca de ECR's¹⁵. A estratégia de busca completa utilizada para o PubMed pode ser observada na Tabela 1. Não houve restrição de idioma nem de datas na busca.

Tabela 1. Estratégia de busca utilizada no PubMed

-
- #1 ("Critical Illness"[Mesh] OR "Critical Illness" OR "Critical Illnesses" OR "Illness, Critical" OR "Illnesses, Critical" OR "Critically Ill" OR "Intensive Care"[Mesh] OR "Intensive Care" OR "Care, Intensive" OR "Surgical Intensive Care" OR "Care, Surgical Intensive" OR "Intensive Care, Surgical" OR "Intensive Care Units"[Mesh] OR "Intensive Care Units" OR "Care Unit, Intensive" OR "Care Units, Intensive" OR "Intensive Care Unit" OR "Unit, Intensive Care" OR "Units, Intensive Care" OR "critical illness polyneuromyopathy" OR "Polyneuropathy, Critical Illness" OR "Critical Illness Polyneuropathies" OR "Critical Illness Polyneuropathy" OR "Polyneuropathies, Critical Illness")
- #2 ("Electric Stimulation"[Mesh] OR "Electrical Stimulation" OR "Electrical Stimulations" OR "Stimulation, Electrical" OR "Stimulations, Electrical" OR "Stimulation, Electric" OR "Electric Stimulations" OR "Stimulations, Electric" OR "Electric Stimulation Therapy"[Mesh] OR "Electric Stimulation Therapy" OR "Therapeutic Electric Stimulation" OR "Electric Stimulation, Therapeutic" OR "Stimulation, Therapeutic Electric" OR "Therapy, Electric Stimulation" OR "Stimulation Therapy, Electric" OR "Electrotherapy" OR "Neuromuscular electrical stimulation" OR "neuromuscular electric stimulation" OR "Electrical muscle stimulation")
- #3 ((randomized controlled trial[pt] OR controlled clinical trial[pt] OR randomized controlled trials[mh] OR random allocation[mh] OR double-blind method[mh] OR single-blind method[mh] OR clinical trial[pt] OR clinical trials[mh] OR ("clinical trial"[tw]) OR ((singl*[tw] OR doubl*[tw] OR trebl*[tw] OR tripl*[tw]) AND (mask*[tw] OR blind*[tw]))) OR ("latin square"[tw]) OR

placebos[mh] OR placebo*[tw] OR random*[tw] OR research design[mh:noexp] OR follow-up studies[mh] OR prospective studies[mh] OR cross-over studies[mh] OR control*[tw] OR prospectiv*[tw] OR volunteer*[tw]) NOT (animal[mh] NOT human[mh]))

#4 ((#1) AND #2) AND #3

Seleção dos estudos e extração dos dados

Após a busca completa, todos os títulos e resumos foram avaliados por dois revisores de forma independente. Aqueles artigos que não forneceram em seu resumo as informações suficientes foram selecionados para avaliação dos textos completos. Após a seleção por título e resumo, os mesmos revisores avaliaram independentemente os artigos completos e fizeram suas seleções, sendo que as discordâncias entre os revisores foram sanadas por consenso.

A extração dos dados foi realizada através de um formulário padronizado pelos mesmos dois revisores em duplicata. O desfecho principal extraído foi: a presença de efeitos adversos e, o outro desfecho de interesse foi: a alteração das variáveis hemodinâmicas.

Avaliação do risco de viés

A avaliação da qualidade metodológica foi realizada descritivamente por dois revisores, de acordo com o método proposto pela Colaboração Cochrane¹⁶, considerando as seguintes características: Viés de seleção (geração da sequência aleatória, ocultação de alocação), Viés de performance (cegamento de participantes e profissionais), Viés de detecção (cegamento de avaliadores de desfechos), Viés de atrito (desfechos incompletos), Viés de relato (relato de desfecho seletivo) e Outros vieses.

Análise de dados

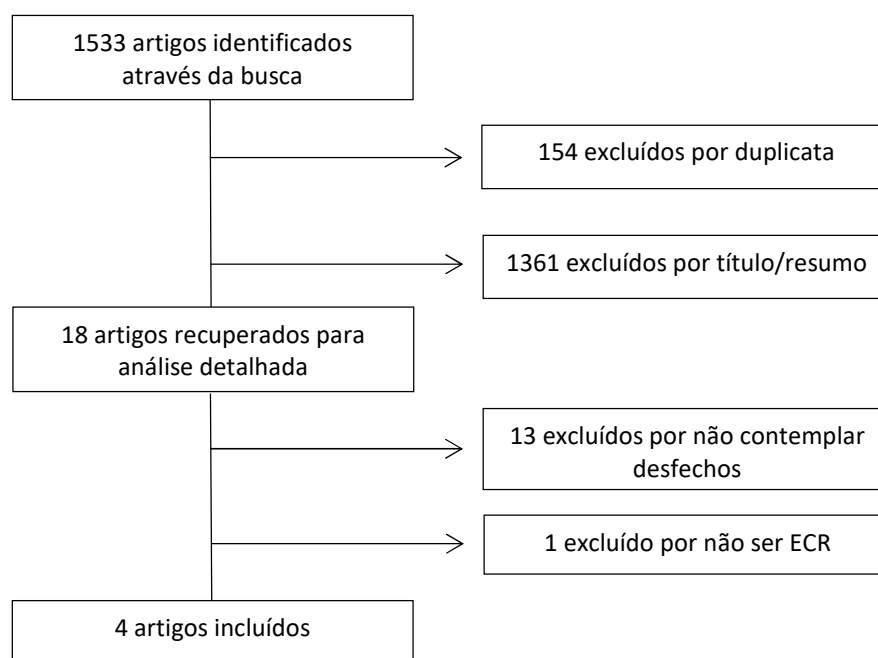
A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e qualitativa e está apresentada em forma de figuras e tabelas.

RESULTADOS

Descrição dos estudos

A busca inicial identificou 1533 artigos, dos quais 18 foram considerados como potencialmente relevantes e foram considerados para análise detalhada. Após a leitura destes na íntegra, 13 foram excluídos por não relatarem os desfechos de interesse^{17-24,5-7,9} e um por não ser ECR¹. Os revisores, de forma independente, classificaram quatro como aptos, totalizando 162 pacientes (Tabela 2, Figura 1).

Figura 1. Fluxograma do estudo.



Risco de viés

Na avaliação do risco de viés realizada com base no método da colaboração Cochrane, observou-se que quanto ao viés de seleção – geração de sequencia aleatória: dois estudos apresentaram baixo risco de viés^{23,25} e outros dois estudos, risco de viés incerto^{26,27}. Para o viés de seleção – ocultação da alocação: os quatro estudos apresentaram risco de viés incerto^{23,25-27}. Para o Viés de performance – cegamento de participantes e profissionais: três estudos apresentaram risco de viés incerto^{23,25,27} e um estudo, baixo risco de viés²⁶.

Para o Viés de detecção – cegamento de avaliadores de desfechos: dois estudos apresentaram risco de viés incerto^{25,27} e outros dois estudos, baixo risco de viés^{23,26}. Já em relação ao Viés de atrito – desfechos incompletos: todos os quatro estudos^{23, 25-27} apresentaram baixo risco de viés. Em relação ao Viés de relato – desfecho seletivo: os quatro estudos^{23,25-27} apresentaram baixo risco de viés. Ainda, em relação a outros vieses, os quatro estudos^{23,25-27} demonstraram risco de viés incerto.

Intervenções

Todos os estudos incluídos nesta revisão utilizaram grupos comparadores diferentes, sendo que um teve grupo controle²⁵, outro comparou EENM com mobilização ativa²⁶, Rodriguez²³ utilizou o hemicorpo contra lateral como controle e o último comparou dois grupos de EENM com frequências diferentes²⁷. Ainda é importante salientar que nenhum dos estudos selecionados apresentou o quesito segurança da aplicação da técnica como desfecho primário. Para este estudo utilizamos os desfechos secundários e dados de descrição destes (tabela 2).

TABELA 2:

Estudo, ano	Grupos	Pacientes (n)	Objetivo principal do estudo	Parâmetros intervenção	Desfecho para segurança
Abu-Khabeer, Abouelela, Abdelkarim, (2013)	G1: tratamento convencional G2: tratamento convencional + eletroestimulação neuromuscular	Total: 80 G1: 40 G2: 40	Avaliar os efeitos da EENM na musculatura de pacientes críticos.	-Freq. 50Hz; Duração pulso 200 µs; impulso bifásico e simétrico; Duração 15s (1s subida e 1s descida); Intensidade controlada através da contração visível ou palpável; estímulo aplicado 1x/dia durante 60 minutos. - Musculatura do quadríceps bilateral. - Aplicação a partir do 2º dia de VMI até a saída da UTI.	<u>Efeitos adversos:</u> autores relatam que 6 (15%) pacientes tiveram sensação de picada não sendo clinicamente significativa.
Akar et al. (2015)	G1: mobilização ativa + EENM G2: EENM G3: Mobilização ativa	Total: 30 G1: 10 G2: 10 G3: 10	Comparar a eficácia da mobilização ativa + EENM e somente EENM sob o músculo, sob o desmame ventilatório e resposta da EENM à inflamação em pacientes críticos com DPOC.	-Freq. 50Hz; Amplitude 20mA e 25mA; impulso bifásico, quadrado e simétrico; Duração 6s (1,5 subida e 0,75 descida); estímulo aplicado em 5 sessões/semana. -Musculatura do Deltóide e do Quadríceps bilateral. - Aplicação a partir do 2º dia de VMI até a saída da UTI.	<u>Variáveis hemodinâmicas:</u> autores relatam que a FC foi significativamente diminuída no G2 e a FR não alterou antes e depois da intervenção em nenhum dos grupos avaliados.
Rodriguez et al. (2012)	G1: EENM em um lado do corpo (o outro utilizado como controle)	Total: 16	Avaliar o efeito da EENM sobre a força muscular de pacientes sépticos em VMI.	-Freq. 100hz; Duração de pulso 300 µs; Amplitude 20-200µ; impulso bifásico; intensidade controlada através da contração visível ou palpável; estímulo aplicado 2x/dia por 30 minutos; - Musculatura do bíceps braquial	<u>Efeitos adversos:</u> autores relatam que apenas um paciente sofreu queimadura superficial após a primeira sessão de EENM em virtude da

Dos quatro estudos incluídos, dois avaliaram a segurança da EENM através das variáveis hemodinâmicas. Stefanou e cols.²⁷ encontraram diferença significativa na frequência cardíaca, frequência respiratória e lactato sanguíneo, no entanto, conforme o autor, estas diferenças não foram consideradas clinicamente relevantes. Em contrapartida, Akar e cols.²⁵ não relataram diferença significativa entre os grupos.

Os outros dois estudos avaliaram a segurança através do relato de efeitos adversos. Abu e cols.²⁵ relataram que 15% dos pacientes apresentaram sensação de picada, porém sem resposta clinicamente significativa. Rodriguez e cols.²³ teve em sua amostra relato de uma queimadura superficial, somente por configuração incorreta dos parâmetros da EENM.

DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática, baseada em ECR's, constatou que a utilização da EENM comparada com o grupo controle, como meio de prevenir a fraqueza muscular adquirida na UTI é uma técnica segura, desde que aplicada corretamente e por profissional treinado.

Dos quatro artigos que fizeram parte da amostra desta revisão sistemática nenhum teve como desfecho principal a avaliação da segurança no uso da técnica, mas avaliaram variáveis capazes de identificar risco na aplicação da EENM.

A dose ideal a ser utilizada em protocolos de treinamento com EENM ainda não é completamente elucidada, como verificado em revisões sistemáticas sobre o assunto, há grande variação na intensidade, duração, repetições e local de aplicação^{23,27}. Neste

sentido, deve-se considerar a hipótese de que os pacientes possam estar sub-tratados e por isso a inexistência de relatos de efeitos adversos.

No estudo de Rodriguez²³ os pacientes se caracterizavam pela presença de sepse, síndrome comum em UTI, associada a inflamação sistêmica e indutora de catabolismo protéico. Os autores evidenciaram um caso de queimadura na pele em uma sessão em que as configurações não estavam de acordo com o protocolo pré-determinado. Outros estudos que foram realizados com pacientes com sepse não relataram efeitos adversos nos pacientes submetidos à EENM⁹.

A sensação de picadas foi a única complicação descrita em 15% dos pacientes submetidos a EENM do estudo de Abu-Khaber e cols.²⁵, que faz parte desta revisão sistemática. De acordo com os autores, a sensação não limitava a intervenção. Em relação à sensação de desconforto, Fischer e cols.²⁸ identificaram cinco casos de pacientes que relataram desconforto com a aplicação da técnica, mas esta sensação não impediu a realização da técnica e não há descrição de alterações hemodinâmicas. A dor foi motivo de abandono do estudo para um paciente em uma amostra de 68 indivíduos²⁹. Um dos agravantes no quadro clínico do paciente crítico é a inflamação intensa que ele desenvolve. Além do hipermetabolismo decorrente deste processo, há aumento no catabolismo proteico e sobrecarga da função renal e cardíaca. Então, situações que estimulem a resposta inflamatória não são desejadas. Akar e cols.²⁶, em publicação que faz parte da amostra deste estudo verificaram redução da resposta inflamatória durante o período de ventilação mecânica nos pacientes que realizaram EENM associado a exercícios ativos e no grupo que recebeu apenas EENM. A IL-6 reduziu no grupo com EENM associado a exercícios e a IL-8 reduziu nos grupos que realizaram EENM com e sem exercícios ativos associados. Este resultado sugere que a utilização da EENM não oferece risco na elevação da resposta inflamatória nos pacientes críticos. Porém, o estudo não classifica os indivíduos quanto à gravidade do quadro ou presença de sepse. Akar e cols.²⁶ ainda evidenciaram expressiva redução da frequência cardíaca quando comparado o pré e pós intervenção. No entender dos autores isto sugere que a utilização da EENM não gera sobrecarga cardíaca²⁶. Além disso, pode denotar a melhora clínica dos pacientes e até mesmo uma adaptação cardiovascular ao treinamento²⁶. Em contrapartida, Stefanou e cols.²⁷ observaram aumento da frequência cardíaca da amostra.

Em relação aos óbitos dos estudos da amostra, não há relato dos autores de que possam estar associadas à utilização da EENM. No estudo de Akar e cols.²⁶ o grupo que não realizou EENM foi o que apresentou maior mortalidade, 50%, enquanto que nos outros dois grupos que realizavam EENM, quatro, de um total de 20 pacientes faleceram.

Dos 17 ECR's que aplicaram EENM em pacientes críticos e que foram analisados na íntegra nessa revisão, apenas quatro fizeram menção à questão segurança do paciente e foram incluídos. O fato de não ter sido mencionado eventos adversos nos demais estudos sugere que esta estratégia terapêutica não tenha efeito insalubre aos pacientes críticos.

Outros dois estudos observacionais e um estudo piloto avaliaram a segurança da aplicação da EENM nos pacientes críticos^{29,1;30}.

Iwatsu e cols.²⁹ acompanharam 61 pacientes em pós operatório de cirurgia cardíaca quanto à segurança na utilização da EENM. Intercalavam frequências de 200Hz e 20Hz e a intensidade da corrente era estabelecida no pré-operatório, sendo que o paciente recebia de 10 a 20% do torque máximo. Os desfechos de segurança eram parâmetros hemodinâmicos, funcionamento do marcapasso e arritmias. Não houve alteração nos desfechos programados o que permitiu aos autores concluir que a EENM não gera aumento do trabalho cardiovascular e, portanto, é uma intervenção segura para este grupo de pacientes.

No estudo observacional de Segers e cols.¹ foram acompanhadas as variáveis pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação de oxigênio e reações cutâneas para avaliar o desfecho relacionado a segurança na aplicação da EENM em pacientes críticos. Os pacientes recebiam a intervenção cinco vezes por semana com intensidade de até 80mA, pulso de até 500ms e frequência de 50Hz. Não houve alteração significativa nas variáveis avaliadas, apenas hiperemia na pele em 50% dos pacientes logo após a retirada dos eletrodos, a qual desaparecia gradualmente. Não houve relato de dor que imitasse a intervenção.

Em estudo piloto comparando um grupo de pacientes ventilados mecanicamente e com sepse que realizaram EENM associado a cicloergômetro com um grupo de pacientes controle, Parry e cols.³⁰ utilizaram alguns parâmetros como segurança para definir a continuidade ou cessação da EENM. São eles: frequência cardíaca menor que 50 ou maior que 140 bpm, pressão arterial média abaixo de 65mmHg, necessidade de

fração inspirada de oxigênio superior a 80%, necessidade de PEEP superior a 15mmHg, frequência respiratória superior a 35rpm, saturação de oxigênio inferior a 85% ou queda de 10% e dor referida maior que sete na escala visual. Os autores não observaram efeitos adversos graves, apenas um caso de dessaturação após 30 minutos da intervenção, concluindo que a utilização da EENM é segura em pacientes críticos.

Limitações

Uma das principais limitações foi a diversidade metodológica dos estudos incluídos, visto que em Rodriguez e cols²³ a utilização do membro inferior contralateral como controle impede a avaliação de alterações sistêmicas decorrentes da utilização da EENM. No estudo de Stefanou e cols²⁷ a aplicação de apenas uma sessão de EENM impede a avaliação do efeito uso contínuo e intensidade progressiva sobre a massa muscular e sistema cardiovascular.

Dessa forma, conclui-se que a EENM é uma técnica segura para ser aplicada em pacientes críticos, porém deve ser aplicada por profissional treinado e utilizando parâmetros corretos baseados em evidências. Sugere-se que novos ECRs sejam realizados e que tenham como desfecho primário a segurança na aplicação da EENM em pacientes críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1 Segers J et al. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Journal of Critical Care*. 2014; 29: 1082–1088.
- 2 Herridge MS, Tansey CM, Matte A, Tomlinson G, Diaz-Granados N, Cooper A, et al. Functional disability 5 years after acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2011; 364:1293–304.
- 3 Truong AD, Fan E, Brower RG, Needham DM. Bench-to-bedside review: mobilizing patients in the intensive care unit—from pathophysiology to clinical trials. *Crit Care* 2009;13:216–23.
- 4 Jones, S, Man, WDC, Gao, W, Higginson, IJ, Wilcock, A & Maddocks, M. Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016; 2016(10): 1-10.

- 5 Dirks ML, Wall BT, Snijders T, Ottenbros CL, Verdijk LB, van Loon LJ. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta Physiol (Oxf)* 2014; 210: 628-41.
- 6 Gerovasili V. et al. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest*, 2009a; 136:1249-1256.
- 7 Routsis C. et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Critical Care*. 2010; 14:R74.
- 8 Gruther W. et al. Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *J Rehabil Med*. 2008; 40: 185–9.
- 9 Poulsen JB; Møller K; Jensen CV; Weisdorf S; Kehlet H; Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med*. 2011; 39(3).
- 10 Pohlman MC, Schweickert WD, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ et al. Feasibility of physical and occupational therapy beginning from initiation of mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2010; 38(11): 2089-94.
- 11 Bayley P, George E. Thomsen, MD; Vicki JS, Blair J, Jewkes J et al. Early activity is feasible and safe in respiratory failure patients. *Crit Care Med*. 2007; 35(1).
- 12 Morris P, Goad A, Thompson C, Taylor K, Harry B. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2008; 36(8):1-6.
- 13 Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009; 373(9678):1874-82.
- 14 Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg*. 2009; 8(5):336-41.
- 15 Robinson KA, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *Int J Epidemiol*. 2002; 31(1):150-3.
- 16 Carvalho, APV; Silva, V; Grande, AJ. Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. *Diagn Tratamento*. 2013;18(1):38-44

- 17 Falavigna, LF, Silva MG, Freitas AL, Silva PF, Paiva Junior, M D. Effects of electrical muscle stimulation early in the quadriceps and tibialis anterior muscle of critically ill patients. *Physiother Theory Pract.* 2014; 30(4): 223-228.
- 18 Gerovasili V. et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care.* 2009b; 13: R161b.
- 19 Hirose T, Shiozaki T, Shimizu K, Mouri T, Noguchi K, et al. The effect of electrical muscle stimulation on the prevention of disuse muscle atrophy in patients with consciousness disturbance in the intensive care unit. *J Crit Care.* 2013; 28(4): 536.e1-7.
- 20 Karatzanos E, Gerovasili V, Zervakis D, Tripodaki ES, Apostolou K. Electrical Muscle Stimulation: An Effective Form of Exercise and Early Mobilization to Preserve Muscle Strength in Critically Ill Patients. *Critical Care Research and Practice* Volume. 2012; P1-8.
- 21P. Bouletreau, MC, Patricot F, Saudin M, Guiraud and B. Mathian. “Effects of intermittent electrical stimulations on muscle catabolism in intensive care patients”. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*; 11(6): 552–555.
- 22 Bouletreau P, Patricot MC, Saudin, F, Guiraud M, Mathian B. Effects immobilized in the ICU of intermittent muscle stimulation on muscle catabolism in patients. *Ann Fr Anesth Reanim.* 1986; 5(4): 376-380.
- 23 Rodriguez PO et al. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Journal of Critical Care.* 2012; 27: 319.e1–319.e8.
- 24 Velmahos GC, Patrizio P, Chan LS, Hanks SE, Brown CV et al. Electro stimulation for the prevention of deep venous thrombosis in patients with major trauma: A prospective randomized study. *Surgery.* 2005; 137(5): 493-498.
- 25 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; 49(4): 309-315.
- 26 Akar O, Günay E, Sarinc Ulasli S, Ulasli AM, Kacar E et al. Efficacy of neuromuscular electrical stimulation in patients with COPD followed in intensive care unit. *Clin Respir J.* 2015; 24.
- 27 Stefanou C, Karatzanos E, Mitsiou G, Psarra K, Angelopoulos E. Neuromuscular electrical stimulation acutely mobilizes endothelial progenitor cells in critically ill patients with sepsis. *Ann Intensive Care.* 2016; 6(1):21.

- 28 Fischer A et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? The Catastim 2 randomized controlled trial. *Crit Care*. 2016; 20:30.
- 29 Iwatsu K et al. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation immediately after cardiovascular surgery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015; 96(1): 63-8.
- 30 Parry SM et al. Functional electrical stimulation with cycling in the critically ill: a pilot case-matched control study. *J Crit Care*. 2014; 29(4): 695.e1-7.

CAPÍTULO 2

Artigos de base introdutória doutorado

Contextualização: Nesse capítulo a autora trás duas produções, relacionadas a base de sua pesquisa de doutorado. Uma delas se trata do perfil da população que será estudada e, a outra, uma revisão bibliográfica em formato de capítulo sobre a disfunção que ocorre no musculo diafragma com a ventilação mecânica invasiva.



PRODUÇÃO 5 – CONTEXTUALIZAÇÃO:

Após a produção gerada inicialmente e a observação da necessidade de estudar outros fenômenos complementares, conhecer a amostra a ser estudada pareceu fundamental. Embora existam diversos artigos na literatura, a UTI definida tem característica mista, recebe pacientes de todas as áreas e as especificidades só podem ser elucidadas quando analisadas criteriosamente. Para tanto, a produção 5 trata-se de um perfil clínico-funcional ainda não enviado para publicação.

Obs.: artigo sem formatação padrão, pois a revista para publicação ainda não foi definida.

PERFIL CLÍNICO-FUNCIONAL DE PACIENTES INTERNADOS EM UMA UNIDADE CRÍTICA DO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL

Amanda Sachetti

Karine Colling

Juliana Nunes

Janaína Pilau

Alexandre Simões Dias

RESUMO

Introdução: As mudanças sociais e epidemiológicas somado ao maior acesso a terapias tecnológicas trazem a necessidade de compreender o perfil dos pacientes recebidos em unidades de terapia intensiva, a fim de favorecer a aplicação de técnicas precoces e específicas para aquela população. **Objetivo:** Conhecer o perfil clínico-funcional de pacientes internados em uma unidade de terapia intensiva de um hospital do interior do Rio Grande do Sul. **Metodologia:** estudo de coorte retrospectiva, onde foram analisados os prontuários de todos os pacientes internados no primeiro semestre de 2018. Os dados coletados foram agrupados em uma planilha elaborada pelos pesquisadores e analisados por meio de um pacote estatístico. Foram excluídos da amostra somente pacientes menores de 18 anos ou que permanecessem menos de 24 horas na unidade. **Resultados:** A amostra foi composta por 331 pacientes, a maior parte do sexo masculino, adultos,

residentes da zona urbana e, a taxa de óbito foi de 45%. Internaram no hospital principalmente por causas neurológicas ou cardíacas e na UTI o motivo de admissão seguiu o mesmo somando as causas pulmonares. A maior parte da amostra é portadora de HAS, DM e é tabagista, além disso, na admissão na UTI os escores SAPS III e SOFA estavam elevados indicando gravidade do quadro. A taxa de intubação foi de 71% e o sucesso no desmame ocorreu em maior quantidade no grupo de pacientes que teve alta como desfecho e assim também para a taxa de reintubação. Quanto ao perfil funcional, poucos pacientes eram restritos ao leito, a maior parte realizou fisioterapia e o maior percentual de deambulação e/ou sentar no leito na alta foi para aqueles que deram alta. Conclusão: A presente amostra foi composta por pacientes graves desde a admissão, com perfil clínico indicando necessidade de intervenções precoces bem como a mesma conclusão engloba o perfil funcional.

Palavras-chave: unidade de terapia intensiva, perfil de saúde, fisioterapia

INTRODUÇÃO

A demanda por Unidades de Terapia Intensiva (UTI) tem crescido a medida que o número de pessoas que necessitam de cuidados críticos também aumenta. Vários fatores contribuem para esse aumento, como o envelhecimento populacional e os avanços tecnológicos que favorecem a ocorrência de abordagens terapêuticas associadas a maior risco de complicações (Fullerton JN, Perkins GD, 2011). Portanto, as UTIs recebem cada vez mais pacientes com doenças crônicas agudizadas, que exigem tratamentos complexos muitas vezes combinados com recursos limitados (Moraes RS, Fonseca JML, Leoni CBR, 2005). Os preditores de evolução e mortalidade são amplamente estudados e aplicados para definir o melhor gerenciamento de recursos financeiros, alterar as condutas terapêuticas, monitorar o desempenho da UTI, ou comparar diversas unidades entre si (Lemos RLL et al, 2005).

Diante das alterações epidemiológicas da população e com o maior acesso a leitos de terapia intensiva, respeitando os critérios de admissão nessas unidades, há que se entender o perfil dos pacientes admitidos em UTI. Embora já descrito em alguns estudos (Mares C et al, 2015; França CDM, Albuquerque PR AS, 2013; Bezerra GKA,

2012;), esse perfil é dinâmico por definição, na medida em que acompanha as transições populacionais, e necessita de constante atualização. A caracterização do perfil de pacientes em UTI auxilia na construção de políticas públicas de saúde e na elaboração de ações que possam melhorar o cuidado de pacientes gravemente enfermos, objetivando a redução de morbimortalidade, de incapacidades e de custos relacionados a assistência em saúde. O entendimento sobre quem é o paciente que necessita de cuidados críticos e relevante, pois implica diretamente a triagem, o processo de tomada de decisão clínica e gerencial e o cuidado clínico avançado (Bagshaw SM et al, 2009). Além disso, auxilia na prevenção de complicações, dá acesso a reabilitação precoce e consolida normativas já existentes (Lanetzki CS et al, 2012). Pode-se, também, utilizar as informações resultantes para auxiliar a melhorar a gestão da unidade, seja do ponto de vista humano, estrutural, de processos, seja mesmo da gestão do cuidado (Rodriguez AH et al, 2016).

Nesse contexto, a equipe multidisciplinar especializada tem sido o grande diferencial no cuidado os doentes críticos, entretanto essa mesma equipe necessita aperfeiçoamento constante para manter excelência no cuidado e acompanhar o avanço no cuidado intensivo à saúde. Dentre esses profissionais o Fisioterapeuta Intensivista tem sua dedicação voltada ao paciente crítico, efetuando diagnósticos e terapia cinesio funcionais (Ferrari D et al, 2005), objetivando melhorar o quadro geral dos pacientes, oferecer assistência com qualidade, quando devidamente aplicada, proporcionando melhora significativa de indicadores de qualidade assistencial (Ferrari D et al, 2005). Porém, devido a característica de o Brasil ser um país de dimensões continentais e com uma população heterogênea, mostra-se necessário que cada serviço de saúde conheça o real perfil dos seus doentes críticos, objetivando definir prioridades de intervenções com a intenção de melhorar o atendimento a esse grupo de pacientes e, nortear suas equipes assistenciais (Silva LS et al, 2015).

Para tanto, o objetivo da presente pesquisa é traçar um perfil clínico e funcional dos pacientes internados em uma UTI de grande porte, com característica ensino assistencial, de uma cidade do interior do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

Desenho do estudo e amostra

Estudo de base retrospectiva realizado por meio de consulta a prontuários dos pacientes internados na UTI Central de um hospital de ensino-assistência no norte do estado do Rio Grande do Sul entre janeiro a julho de 2018. Este hospital possui 18 leitos de internação adulta em unidade crítica, entre SUS, convênios e privados. Ao final, foram analisados 331 prontuários e o estudo foi desenvolvido através das recomendações do *STROBE Statement* (2007) (von Elm et al., 2007) e aprovado pelo CEP através do número 2.181.746.

Critérios de Inclusão/Exclusão

Foram investigados os prontuários de todos os pacientes adultos admitidos nas UTI central de um hospital de ensino-assistência no norte do estado do Rio Grande do Sul, os quais internaram entre janeiro e julho de 2018, sendo que esta pode ter ocorrido por meio de internação direta e transferência intra e extra hospitalar. Foram excluídos aqueles que não permaneceram 24 horas na unidade e que não eram adultos.

Procedimento de Coleta

Após a solicitação para o setor responsável pela gerência dos prontuários, uma equipe de pesquisadores realizou uma busca e acesso manual a cada prontuário elegível no sistema de prontuários eletrônico ou manual. Primeiro foram analisados os critérios de elegibilidade, para prosseguir a extração dos dados. Ao acessar os dados, estes foram extraídos para uma tabela padronizada do Software Microsoft Excel, sendo que este arquivo permaneceu salvo em apenas um computador da referida instituição a fim de reduzir os riscos de extravio de dados e manter o sigilo da pesquisa. Os dados de identificação dos pacientes foram removidos do banco de dados para a condução da análise estatística.

Foram extraídos os valores dos escores SOFA e SAPS III das primeiras quarenta e oito horas de internação e os demais dados foram analisados, pelo prontuário, em seus últimos registros antes do desfecho (ata oi óbito) ocorrer.

Análise estatística

As variáveis contínuas foram apresentadas como média e desvio padrão, ou como mediana e amplitude interquartis percentis (25-75). As variáveis categóricas ou qualitativas foram apresentadas como percentuais ou números absolutos. As variáveis

contínuas foram comparadas por meio do teste *t de Student* para variáveis com distribuição normal, e pelo teste de *Mann-Whitney* para variáveis com distribuição assimétrica. As variáveis obtidas em um mesmo grupo de pacientes foram comparadas utilizando-se da análise de variância (*ANOVA*) para medidas repetidas, e do *post hoc de Bonferroni*. As variáveis categóricas ou qualitativas foram comparadas pelo teste exato e *Fischer*. Razão de chances (RC) com intervalo de confiança de 95% foi computado utilizando-se um modelo de regressão logística multivariável. Um valor de *p* inferior à 0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

RESULTADOS

A amostra total, composta por 331 pacientes, foi analisada em sua totalidade e ainda, dividida em dois grupos, daqueles que tiveram a alta como desfecho e dos que foram a óbito na UTI.

Observa-se que a maior parte dos pacientes eram adultos, com o grupo óbito tendenciando a idosos, casados e moradores da zona urbana, porém boa parte da amostra vivia na zona rural caracterizando a região da referida UTI, que se localiza no interior do estado do Rio Grande do Sul. A prevalência de gênero foi para o sexo masculino 183 (52,3%).

Tabela 1. Caracterização da amostra

Variáveis	Amostra total (n=331)	Alta (n=182; 55%)	Óbito (n=149; 45%)	p
Idade (anos) – média ± DP	58,7 ± 18,5	56,0 ± 18,6	62,1 ± 17,8	0,003
Estado Civil – n(%)				0,047
Divorciado	15 (4,5)	10 (5,5)	5 (3,4)	
Casado	173 (52,3)	99 (54,4)	74 (49,7)	
Solteiro	114 (34,4)	64 (35,2)	50 (33,6)	
Viúvo	29 (8,8)	9 (4,9)	20 (13,4)**	
Zona – n(%)				0,149
Rural	84 (25,4)	40 (22,0)	44 (29,5)	
Urbana	247 (74,6)	142 (78,0)	105 (70,5)	
Principais diagnósticos na internação hospitalar* – n(%)				0,001
Origem Pulmonar	36 (10,9)	10 (5,5)	26 (17,4)**	
Origem Cardíaca	53 (16,0)	42 (23,1)**	11 (7,4)	
Origem Neoplásica	47 (14,2)	23 (12,6)	24 (16,1)	
Origem Neurológica	58 (17,5)	31 (17,0)	27 (18,1)	
Origem Digestiva	30 (9,1)	12 (6,6)	18 (12,1)	
Origem Vasculare	20 (6,0)	15 (8,2)	5 (3,4)	

Origem Infecciosa	12 (3,6)	5 (2,7)	7 (4,7)	
Origem em traumas	18 (5,4)	13 (7,1)	5 (3,4)	
Principais diagnósticos na entrada da UTI* – n(%)				<0,001
Origem Pulmonar	56 (16,9)	19 (10,4)	37 (24,8)**	
Origem Cardíaca	49 (14,8)	43 (23,6)**	6 (4,0)	
Origem Neoplásica	26 (7,9)	18 (9,9)	8 (5,4)	
Origem Nefrológica	10 (3,0)	1 (0,5)	9 (6,0)**	
Origem Neurológica	55 (16,6)	32 (17,6)	23 (15,4)	
Origem Digestiva	21 (6,3)	10 (5,5)	11 (7,4)	
Origem Vascular	24 (7,3)	15 (8,2)	9 (6,0)	
Origem em foco séptico	32 (9,7)	7 (3,8)	25 (16,8)**	
Origem em PCR	12 (3,6)	2 (1,1)	10 (6,7)**	
Comorbidades – n(%)				
HAS	156 (47,1)	77 (42,3)	79 (53,0)	0,067
DM	72 (21,8)	40 (22,0)	32 (21,5)	1,000
Psicológicas/Psiquiátricas	18 (5,4)	10 (5,5)	8 (5,4)	1,000
Obesidade	15 (4,5)	10 (5,5)	5 (3,4)	0,506
Respiratórias	36 (10,9)	17 (9,3)	19 (12,8)	0,416
Neurológicas	32 (9,7)	15 (8,2)	17 (11,4)	0,433
Tabagismo	57 (17,2)	31 (17,0)	26 (17,4)	1,000
Alcoolismo	24 (7,3)	12 (6,6)	12 (8,1)	0,767
Ortopédicas	5 (1,5)	0 (0,0)	5 (3,4)	0,018
Hiper/Hipotireoidismo	21 (6,3)	8 (4,4)	13 (8,7)	0,167
Cardíacas	52 (15,7)	28 (15,4)	24 (16,1)	0,978
Neurodegenerativas	4 (1,2)	2 (1,1)	2 (1,3)	1,000
Digestivas	10 (3,0)	4 (2,2)	6 (4,0)	0,355
Infecciosas	12 (3,6)	5 (2,7)	7 (4,7)	0,516
CA	28 (8,5)	10 (5,5)	18 (12,1)	0,052
Drogatização	8 (2,4)	3 (1,6)	5 (3,4)	0,475
Genitourinárias	7 (2,1)	3 (1,6)	4 (2,7)	0,705
Vasculares	10 (3,0)	5 (2,7)	5 (3,4)	0,758
Nefrológicas	13 (3,9)	5 (2,7)	8 (5,4)	0,349
Dislipidemias	9 (2,7)	3 (1,6)	6 (4,0)	0,309
Hematológicas	8 (2,4)	0 (0,0)	8 (5,4)	0,002

* com número mínimo de 10 pacientes; ** associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância

Com relação ao diagnóstico da internação hospitalar na amostra total, a prevalência foi de causas neurológicas não havendo diferença significativa no percentual entre os grupos alta e óbito. Em segundo lugar vem as causas cardíacas, onde a maior parte dos internados na UTI teve como desfecho a alta sendo esta diferença significativa tanto clinicamente quanto estatisticamente.

Quando analisado o motivo de entrada na UTI, a prevalência é semelhante ao diagnóstico de internação hospitalar, sendo estes os de ordem neurológica, cardíaca e aqui acrescenta-se as causas pulmonares. A tendência de diferença estatisticamente

significativa entre os grupos também é a mesma, sendo que a maior parte dos pacientes que dão entrada na UTI por causas cardíacas tem como desfecho a alta e, nas causas neurológicas não há diferença entre percentual de alta ou óbito.

Tabela 2. Perfil clínico e funcional dos pacientes internados, na amostra total e divididos por grupos

Variáveis	Amostra total (n=331)	Alta (n=182; 55%)	Óbito (n=149; 45%)	p
Escore SOFA	7 (4 – 11)	5 (3 – 8)	10 (7 – 12)	<0,001
Escore SAPS III	57 (40 – 78)	45,5 (35 – 63)	72 (53 – 85)	<0,001
RASS – média ± DP	-4,6 ± 1,2	-4,4 ± 1,4	-4,7 ± 1,0	0,224
Glasgow – média ± DP	13,3 ± 2,7	13,6 ± 2,4	12,3 ± 3,3	0,019
Dias de internação UTI – mediana (P25-P75)	5,5 (2,8 – 12)	5 (3 – 11)	8 (2 – 15)	0,059
Dias de internação hospitalar – mediana (P25-P75)	16 (8,5 – 30)	16 (9 – 30)	16 (7 – 31)	0,531
Dias de sedação – mediana (P25 – P75)	2 (0 – 5)	1 (0 – 2)	3 (2 – 9)	<0,001
Intubação – n(%)	235 (71,0)	89 (48,9)	146 (98,0)	<0,001
Desmame VM – n(%)				<0,001
Sim	112 (47,7)	89 (100)	23 (15,8)	
Não	123 (52,3)	0 (0,0)	123 (84,2)	
Sucesso no desmame – n(%)				<0,001
Sim	80 (71,4)	76 (85,4)	4 (17,4)	
Não	32 (28,6)	13 (14,6)	19 (82,6)	
Tentativas de desmame – n(%)				0,138
1	93 (83,0)	77 (86,5)	16 (69,6)	
2	17 (15,2)	11 (12,4)	6 (26,1)	
3	2 (1,8)	1 (1,1)	1 (4,3)	
Reintubação – n(%)	33 (29,5)	12 (13,5)	21 (91,3)	<0,001
Restrição ao leito – n(%)	32 (9,7)	5 (2,7)	27 (18,1)	<0,001
Prescrição de fisioterapia – n(%)	301 (91,2)	175 (96,2)	126 (85,1)	0,001
Sentar no leito – n(%)	188 (56,8)	163 (89,6)	25 (16,8)	<0,001
Deambulação na alta da UTI – n(%)	133 (40,2)	129 (70,9)	4 (2,7)	<0,001

* com número mínimo de 10 pacientes; ** associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância

O escore SOFA e SAPS III foram calculados nas primeiras quarenta e oito horas de admissão do paciente na UTI, sendo que para ambos houve diferença significativa no valor final entre os grupos alta e óbito e, mesmo na amostra total as pontuações foram altas, características da gravidade do doente e do prognóstico desfavorável.

O tempo de internação na UTI foi curto na amostra total, sendo mais elevado no grupo de pacientes que foram a óbito quando comparado ao tempo do grupo alta. Já o

tempo de internação total mostrou-se homogêneo tanto na amostra total quando avaliado por desfecho.

As características do perfil de gravidade dos pacientes internados apresenta diferença significativa para o grupo alta e óbito em relação ao tempo de sedação, taxa de intubação, percentual de sucesso no desmame e taxa de reintubação. A quantidade de tentativas de desmame não foi diferente entre os grupos.

Tabela 3 – Associação entre dias de internação na UTI com os escores SOFA e SAPS III

Escores x Tempo de internação UTI	Coefficiente de correlação de Spearman	p
SOFA	0,192	<0,001
SAPS III	0,141	0,021

O tempo de internação na UTI foi curto para a amostra total, no entanto observou-se que o SOFA associa-se a esta variável, sendo que quanto maior a pontuação no escore, maior o tempo de internação.

DISCUSSÃO

Ao analisar o desfecho da internação na UTI na amostra total, 55% dos pacientes tiveram a alta como desfecho e 45% foram a óbito. Diversos estudos publicados nos últimos anos trazem taxas de mortalidade semelhantes em UTIs gerais (Oliveira et al, 2009; Moraes et al, 2005; Garcia et al, 2005; Favarin SS, Camponogara S, 2012). Porém, no estudo de Rodriguez e cols (2016), houve uma diferença expressiva, onde 79,3% receberam alta da UTI, enquanto 20,4% dos pacientes foram a óbito.

A maior prevalência foi de homens, em idade adulta e residentes da zona urbana. A literatura em geral concorda com a informação encontrada no presente estudo quanto a idade e o sexo, sendo este resultado explicado pela baixa procura por prevenção entre os homens (Freitas 2010; Oliveira, 2009; Favarin, 2012; Oliveira EG et al, 2018; García-Gigorro et al., 2017). Para Rodriguez e cols (2016) mediante as iniciativas do governo em se trabalhar junto ao sexo masculino a prevenção de doenças, quando acontece a adesão por parte deles, muitas vezes a gravidade já está estabelecida.

As causas cardíacas e neurológicas foram as mais prevalentes como diagnósticos de internação hospitalar e podem ser explicados pela característica da instituição, a qual

é referência em Acidente Vascular Encefálico e também possui um grande serviço de cardiologia intervencionista, que hoje é referência na região norte do estado. As mesmas causas são prevalentes como motivo de admissão na UTI, sendo aqui acrescentadas as causas pulmonares. Podemos avaliar nesse sentido que o paciente que complica na internação segue o curso da própria doença e, pode agregar alterações pulmonares, que são muito frequentemente associadas as doenças cardíacas e neurológicas. Silva e cols (2015) encontraram como maior causa de internação na UTI aquelas de origem cardiorrespiratórias, concordando em partes com o presente resultado. Já Ferretti-Rebustini e cols (2019) as principais condições que motivaram a admissão na UTI foram: trauma, doenças relacionadas ao sistema cardiovascular e neurológico.

Considerando que a HAS seja um grande problema de saúde pública atual, nessa amostra a mesma esteve presente em quase metade dos pacientes, seguida de diabetes mellitus e frequência de tabagismo. Pauletti e cols (2017) também encontraram a hipertensão arterial sistêmica (HAS) como a patologia mais frequente, diagnosticada em 128 pacientes (95,4%) seguida de tabagismo, o qual foi observado em 59 internados (44%), indo ao encontro do presente estudo.

Os escores SOFA e SAPS III foram calculados nas primeiras quarenta e oito horas de internação, indicando a pontuação de admissão, com o objetivo de caracterizar clinicamente o doente em sua chegada. O SOFA tem como foco analisar nível de disfunção orgânica e o SAPS III especificamente a gravidade do quadro e o prognóstico. Nesta amostra os valores encontrados foram altos para ambos e, quando analisados por grupo, aqueles pacientes que tiveram desfecho desfavorável apresentavam escores significativamente mais altos quando comparados aos que deram alta da unidade crítica. Esse resultado aponta a validade do SAPS III e do SOFA para predição de mortalidade e que nos pacientes em questão, os altos valores de chegada determinam um perfil clínico grave, o que pode explicar a taxa de mortalidade, que foi de 45%. Outra associação importante, foi que quanto maior a pontuação no escore SOFA, maior o tempo de permanência na UTI. Conforme Ferretti-Rebustini (2019), no que diz respeito a capacidade preditiva, a disfunção orgânica (SOFA) apresenta capacidade preditiva superior a 80%.

O fato de os escores prognósticos caracterizarem-se como mais elevados nos pacientes que foram a óbito, reforça a necessidade de atentar para uma avaliação abrangente e eficaz na entrada, com o objetivo de traçar estratégias precoces de

intervenção para os doentes graves, podendo assim, aumentar as chances de desfecho favorável. Após a realização da presente pesquisa, a UTI vem trabalhando de forma mais consistente com o preenchimento dos escores SOFA e APACHE a fim de reduzir as taxas de mortalidade.

No referido hospital a unidade crítica tem característica geral, recebendo pacientes de todas as especialidades, como cirúrgica, traumas, cardiopatas clínicos, cirurgias cardíacas, ortopedia, entre outras, o que pode explicar a taxa de mortalidade e ainda a gravidade dos doentes já na admissão. Somado a isso, as internações ocorrem em sua maioria por transferência daqueles indivíduos que estão nas enfermarias, onde preferencialmente atendem o sistema único de saúde e por uma característica geral, em relação a demora ao acesso ou demora pela procura, os pacientes do SUS chegam na internação mais disfuncionados promovendo maior gravidade na chegada na UTI.

O tempo de permanência na UTI foi curto (5,5 dias), as custas das estratégias terapêuticas precoces utilizadas nessa unidade e pela presença de uma equipe multiprofissional atuante. Porém observa-se que os pacientes que foram a óbito permaneceram um tempo maior do que aqueles que deram alta, explicação essa, podendo se dar pela gravidade do quadro clínico e necessidade de mais intervenções. Já o tempo de internação hospitalar, que soma também o período de UTI, foi linear na amostra total e quando avaliada em grupos. Rodriguez e cols (2016) encontraram um tempo de permanência muito próximo, sendo esse de 6 dias. Não há consenso na literatura relativo ao número de dias de internação; de acordo com os autores, essa ausência de consenso pode estar relacionada ao fato de que a maioria dos estudos foi realizada em unidades com população mista (clínica e cirúrgica) (Oliveira et al 2010).

Ao caracterizam o perfil de gravidade dos pacientes desta amostra, observou-se que os pacientes que deram alta ficaram entubados por menos tempo, sendo este dado facilmente explicado pelo fato de que neste grupo concentram-se pacientes menos graves, pós operatórios e intubação preventiva. Seguindo a mesma lógica este grupo apresentou tempo de sedação inferior e houve mais sucesso no desmame com menor taxa de reintubação, resultados também relacionados a menor gravidade deste grupo quando analisados pelos escores SAPS III e SOFA. Quando avaliados estes itens na amostra total, observou-se que o tempo de sedação médio foi curto (2 dias) e a taxa de intubação foi de 71% indicando que a maior parte dos pacientes internados na UTI já chegam intubados ou esse procedimento ocorre logo na admissão. Já o percentual de

desmame da prótese ventilatória foi inferior a 50% indicando que boa parte dos pacientes no desfecho ainda permanecem entubados e, como consequência, a taxa de reintubação ultrapassou um terço da amostra onde mais de 90% se concentrou no grupo óbito, considerando a dificuldade de desmame um fator relacionado a desfecho desfavorável. Para Ferretti-Rebustini e cols (2019) quanto menos dispositivos de assistência estiverem instalados no paciente na admissão, maior a gravidade.

Dentro do perfil clínico, o perfil funcional dos pacientes também foi avaliado e, grande parte dos pacientes internados, ou seja mais de 90%, realizaram fisioterapia dentro do período de manejo inicial e somente uma pequena parcela (inferior a 10%) estavam restritos ao leito por prescrição médica no momento do desfecho sendo que a maior parte destes faziam parte do grupo óbito compreendo então que, a restrição ao leito mostra-se como um fator ligado a este desfecho por reforçar a condição de instabilidade do paciente. Momentos antes do desfecho, mais da metade dos pacientes da amostra total vinham sentando no leito ou na poltrona sendo que quando analisado no grupo óbito esse percentual cai para próximo de 20% apenas. Já com relação a deambulação, um dos critérios para alta na referida UTI é que o paciente possa percorrer pelo menos 200 metros com acompanhamento da equipe e nessa amostra em torno de 70% dos pacientes que deram alta estavam cumprindo esse critério, em contra partida, no grupo óbito apenas 2,7%. Não foram encontrados na literatura estudos que tenham avaliado essas mesmas variáveis a fim de gerar uma comparação com os resultados dessa amostra.

CONCLUSÃO

O perfil clínico dos pacientes teve com principais características o sexo masculino, idade adulta, residentes da zona urbana que deram entrada na UTI ou no hospital por motivos semelhantes, principalmente de ordem cardíaca e neurológica e, possuem HAS, DM e tabagismo como as morbidades mais prevalentes. Mostram-se graves na admissão, por meio da análise dos escores SAPS III e SOFA que foram ainda mais elevados naqueles pacientes que foram a óbito. Houve um alta taxa de intubação com tendência a aumento nas taxas de reintubação e falhas no desmame também para aqueles que tiveram como desfecho o óbito. Quanto ao perfil funcional, a maior parte da amostra realizou fisioterapia desde a admissão e a taxa de restrição ao leito foi baixa, porém o percentual de pacientes que deambularam ou sentaram no leito antes do

desfecho foi baixa no grupo óbito. Este estudo tem como principal intuito entender o perfil clínico-funcional dos pacientes recebidos para que sejam traçadas estratégias terapêuticas direcionadas e precoces com o objetivo de reduzir mortalidade e melhor funcionalidade pós UTI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bagshaw SM, Webb SAR, Delaney A, George C, Pilcher D, Hart GK, et al. Very old patients admitted to intensive care in Australia and New Zealand: a multi-centre cohort analysis. *Crit Care*. 2009;13(2):R45. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/cc7768>
- Bezerra GKA. Unidade de Terapia Intensiva: perfil das admissões: Hospital Regional de Guarabira, Paraíba, Brasil. *Rev Bras Ci Saúde*. 2012;16(4):491-6.
- Coelho MF, Chaves LDP, Anselmi ML, Hayashida M, Santos CB. Analysis of the organizational aspects of a clinical emergency department: a study in a general hospital in Ribeirao Preto, SP, Brazil. *Rev Latino-Am Enfermagem* [Internet]. 2010[cited 2012 Apr 15]18(4):770-7. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n4/16.pdf>
- Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Lancet*. 2007, 20;370(9596):1453-7.
- Favarin SS, Camponogara S. Perfil Dos Pacientes Internados Na Unidade De Terapia Intensiva Adulto De Um Hospital Universitário. *Rev Enferm UFSM* 2012 Mai/Ago;2(2):320-329.
- Ferrari D, Pinto LA, Tadine R, Aútilio CS. Fisioterapia Intensiva: Nova Especialidade e Modelo Educacional. *Rev. Intensiva*. 2005. 1.
- Ferretti-Rebustini REL, Bispo NS, Alves WS, Dias TN, Santoro CM, Padilha KG. Nível de agudização, gravidade e intensidade do cuidado de adultos e idosos na admissão em Unidade de Terapia Intensiva. *Rev Esc Enferm USP* · 2019;53:e03416
- França CDM, Albuquerque PR SA. Perfil epidemiológico da unidade de terapia intensiva de um hospital de reabilitação. *InterScientia*. 2013;1(2):72-82.
- Freitas ERF. Perfil e gravidade dos pacientes das unidades de terapia intensiva: aplicação prospectiva do escore APACHE II. *Rev Latinoam Enferm*. 2010;18(3):317-23.
- Fullerton JN, Perkins GD. Who to admit to intensive care? *Clin Med*. 2011; 11(6):601-4.

García-Gigorro R, de la Cruz Vigo F, Andrés-Esteban EM, Chacón-Alves S, Morales Varas G, Sánchez-Izquierdo JA, Montejo González JC. (2017). Impact on patient outcome of emergency department length of stay prior to ICU admission. *Medicina Intensiva*; 41: 201–208.

Lanetzki CS, Oliveira CAC, Bass LM, Abramovici S, Troster EJ. The epidemiological profile of Pediatric Intensive Care Center at Hospital Israelita Albert Einstein. *Einstein* [Internet]. 2012[cited 2014 Jul 10];10(1):16-21. Available from:

<http://www.scielo.br/pdf/eins/v10n1/v10n1a05.pdf>

Lemos RLL, David CMN, Oliveira GMM, Amitrano DA, Luis RL. Associação do SOFA com a Mortalidade de Idosos com Sepse Grave e Choque Séptico. *Rev Bras Terap Intens*. 2005; 17 (4): 1-5.

Mares C, Biondi RS, Sotero S, Lima AA, Almeida KJQ AF, Amorim FF. Perfil epidemiológico e preditores de mortalidade de uma unidade de terapia intensiva geral de hospital público do Distrito Federal. *Comun Ciênc Saúde* [Internet]. 2015 [citado 2017 nov. 22];26(12):9-19. Disponível em:

http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/periodicos/ccs_artigos/2015_perfil_epidemiologico.pdf

Moraes RS, Fonseca JML, Leoni CBR. Mortalidade em UTI, Fatores Associados e Avaliação do Estado Funcional após a Alta Hospitalar. *Rev Bras Terap Intens*. 2005; 17 (2): 80-84.

Oliveira OA, Oliveira ALL, Pontes ERJVC, Oliveira SMVL, Cunha RV. Epidemiologia da infecção hospitalar em unidade de terapia intensiva. *Rev Pan Infect*. 2009;11(2):32-7.

Oliveira ABF, Dias OM, Mello MM, Araujo S, Dragosavac D, Nucci A, et al. Factors associated with increased mortality and prolonged length of stay in an adult intensive care unit. *Rev Bras Ter Intensiva* [Internet]. 2010[cited 2013 Fev 04];22(3):250-6. Available from: http://www.scielo.br/pdf/rbti/v22n3/en_06.pdf

Oliveira EG, Garcia PC, Filho CMC, Nogueira LS. The influence of delayed admission to intensive care unit on mortality and nursing workload: a cohort study. *British Association of Critical Care Nurses*. P 2-6, 2018

Pauletti M; Otaviano MLPO; Moraes AST; Schneider DS. Perfil epidemiológico dos pacientes internados em um Centro de Terapia Intensiva. *Aletheia* v.50, n.1-2, p.38-46, jan./dez. 2017

Rodriguez AH, Bub MBC, Perao OF, Zandonadi G, Rodriguez MJH. Epidemiological characteristics and causes of deaths in hospitalized patients under intensive care. *Rev*

Bras Enferm [Internet]. 2016;69(2):210-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167.2016690204i>

Silva LS; Mont'alverne DGB, Medeiros AIC; Silva AGCB; Carvalho EM. Características dos pacientes sob assistência fisioterapêutica na UTI de um hospital universitário: estudo epidemiológico transversal. Rev Fisioter S Fun. Fortaleza, 2015 Jan-Jul; 5(1): 50-58.

PRODUÇÃO 6 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

Quando se trata de disfunções musculares associadas a ventilação mecânica, uma das mais frequentes e graves é a disfunção diafragmática, portanto, o pensamento inicial da autora foi realizar sua pesquisa de doutorado em cima dessa disfunção, fato que após criteriosa análise, não ocorreu. Porém, a mesma desenvolveu um capítulo ainda a ser publicado sobre o tema. Neste capítulo são abordados tópicos teóricos sobre a disfunção e conta com questões comentadas sendo estruturado para um curso de atualização profissional online (SECAD).

Obs.: capítulo formatado conforme normas do local a ser publicado.

DISFUNÇÃO DIAFRAGMÁTICA INDUZIDA PELO VENTILADOR: UMA VISÃO FISIOTERAPÊUTICA

Alexandre Simões Dias – Doutor e mestre em Ciências Biológicas (Fisiologia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pós-doutorado pela Universidade de Leon (Espanha). Professor adjunto no curso de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) e docente e orientador nos Programas de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) e Ciências Pneumológicas (PPGCP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é o Chefe do Serviço de Fisioterapia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Amanda Sachetti – Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Pneumológicas e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da UFRGS. Docente da escola de Medicina da Faculdade IMED Passo Fundo e Coordenadora de Área profissional do Programa de Residência Multiprofissional da UPF/HCPF/SMS.

RESUMO

A disfunção diafragmática induzida pelo ventilador (DDIV) é uma afecção cada vez mais comum no ambiente da terapia intensiva, tendo em vista o aumento significativo de pacientes que permanecem internados nas unidades e necessitam de longos períodos de ventilação mecânica invasiva. Como o objetivo primário é aumentar o tempo de

sobrevida dos indivíduos, a instituição de medidas que melhorem o quadro clínico é amplamente utilizada, no entanto, tais tratamentos podem contribuir para o aparecimento situações que retardam a evolução dos pacientes, como a disfunção diafragmática induzida pelo uso da ventilação mecânica invasiva. Neste capítulo abordaremos as características clínicas da disfunção, em especial as formas de avaliação da força da musculatura respiratória, bem como as abordagens preventivas e o tratamento que podem ser utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Unidade de terapia intensiva, pacientes críticos, disfunção diafragmática, ventilação mecânica invasiva.

ABSTRACT

Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction (DDIV) is an increasingly common condition in the intensive care setting, in view of the significant increase in patients who remain hospitalized in the units and require long periods of invasive mechanical ventilation. As the primary objective is to increase the survival time of individuals, the institution of measures that improve the clinical picture is widely used, however, such treatments may contribute to the appearance of situations that delay the evolution of patients, such as diaphragmatic dysfunction induced by use of invasive mechanical ventilation. In this chapter we will discuss the clinical characteristics of the dysfunction, especially the ways of assessing respiratory muscle strength, as well as the preventive approaches and treatment that can be used.

KEY WORDS: Intensive care unit, critical patients, diaphragmatic dysfunction, invasive mechanical ventilation.

INTRODUÇÃO

Estima-se que aproximadamente 40% dos doentes admitidos em unidades de cuidados intensivos, necessitem de ventilação mecânica invasiva (VMI) durante um período médio de 5 a 7 dias. Juntamente com instalação da VMI ocorrem dificuldades na interação da prótese ventilatória com o próprio paciente, sendo estimada entre 20 a 30% dos pacientes¹.

Com o uso adequado da ventilação mecânica invasiva o quadro clínico dos pacientes pode melhorar positivamente, principalmente nos indivíduos que apresentam insuficiência respiratória aguda. No entanto, se for utilizada de forma inadequada (sem

o controle dos parâmetros de referência, por exemplo) ela pode contribuir para o aparecimento de alterações no sistema muscular como fraqueza da musculatura respiratória e periférica, além de impactar negativamente em desfechos importantes, como a redução na qualidade de vida após a alta da unidade de terapia intensiva².

Um dos efeitos do uso prolongado da ventilação mecânica invasiva é o aparecimento da disfunção diafragmática induzida pelo ventilador (DDIV), que pode causar uma redução na capacidade de gerar força pelo músculo diafragma (principal músculo da respiração), bem como diminuir a resistência diafragmática a fadiga². Na ocorrência desta(s) situação(ões) o paciente apresenta dificuldade de ser retirado da prótese ventilatória e aumenta sua permanência na unidade de terapia intensiva. Deve ser ressaltado que todo o processo de contração dos músculos respiratórios pode estar comprometido, e como frequentemente os pacientes apresentam fraqueza e fadiga muscular, o entendimento do efeito da ventilação mecânica invasiva, duração do período de desmame da prótese ventilatória e a quantificação da força muscular devem ser realizados pelo profissional que assiste estes pacientes, pois assim um melhor tratamento poderá ser idealizado².

OBJETIVOS

- Ao final da leitura deste capítulo, o leitor deverá ser capaz de:
- Entender os efeitos da ventilação mecânica invasiva sobre o sistema respiratório
- Compreender o processo de desmame da ventilação mecânica invasiva
- Identificar a DDIV e os diferentes métodos para avaliar a força dos músculos respiratórios
- Reconhecer novas estratégias terapêuticas para o tratamento da DDIV

EFEITOS DA VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA

A estimativa é que aproximadamente 40% dos doentes admitidos nas unidades de terapia intensiva, necessitam de ventilação mecânica invasiva durante um período médio de 5 a 7 dias. Simultaneamente a isto, 20 a 30% dos indivíduos apresentam assincronia paciente-ventilador, onde a modalidade de ventilação mais empregada é a ventilação controlada¹.

Ao mesmo tempo que a VMI é necessária para melhorar o quadro clínico dos pacientes que apresentam insuficiência respiratória aguda, ela pode contribuir para o

aparecimento de modificações em diferentes sistemas, como o muscular, o que impactará na qualidade de vida dos indivíduos, principalmente pós alta da unidade de terapia intensiva².

O fenômeno negativo causado pelo uso da VMI contribuiu para a criação do termo “lesão pulmonar induzida pelo ventilador”, que é caracterizado pela hiperdistensão dos alvéolos e capilares pulmonares, causado pelo excesso de tensão na proximidade das regiões pulmonares não aeradas, podendo estar associado ou não, ao fechamento e abertura das pequenas vias aéreas e alvéolos durante o ciclo respiratório. Atualmente, este assunto tem sido muito investigado pelos pesquisadores, bem como a busca por alternativas para reduzir os potenciais efeitos adversos da ventilação mecânica².

Dreyfuss e Sauman (1998)² demonstraram que a ventilação mecânica pode causar lesões edematosas e hemorrágicas de acordo com o volume disponibilizado pelo ventilador, as quais foram posteriormente denominadas de volutrauma ou lesão pulmonar associada ao ventilador. Da mesma forma que a VM pode danificar o parênquima pulmonar, pesquisadores têm defendido que o uso da ventilação mecânica também pode danificar o funcionamento dos músculos respiratórios. No início dos anos 80, até a metade de 1990, era um consenso entre os profissionais que atuavam na terapia intensiva que muitos pacientes desenvolviam o quadro de insuficiência respiratória em decorrência ao maior trabalho respiratório causado pela fadiga diafragmática. Este fato determinou a criação do termo "repouso diafragmático", que consistia da total supressão da atividade diafragmática utilizando o modo de ventilação com pressão controlada, podendo ser uma alternativa para o repouso muscular². No entanto, pesquisas experimentais tem demonstrado que a inatividade diafragmática pode gerar lesão pulmonar com atrofia importante das fibras musculares, e que a utilização de estratégias protetoras podem contribuir para diminuir a mortalidade em indivíduos com síndrome do desconforto respiratório agudo³.

Como o diafragma é o principal músculo respiratório, que atua em todos o ciclo respiratório, seja ativa ou passivamente, ele sofre os efeitos diretos quando a ventilação mecânica é utilizada. Uma das principais implicações da ventilação artificial é a disfunção gerada no diafragma, denominada por Vassilakopoulos e Petrof⁴, como Disfunção Diafragmática Induzida pelo Ventilador, que em princípio afeta somente o diafragma, mas envolve também outros músculos respiratórios Bernard N⁵. Já se

conhecia este risco potencial de lesão diafragmática há décadas, porém foi depois do clássico estudo publicado por Levine e colaboradores (2018)⁶, que ficou demonstrado a atrofia precoce de fibras diafragmáticas após 18 horas de ventilação mecânica controlada. Em estudos experimentais utilizando modelos animais, a capacidade de gerar pressão de um diafragma previamente está reduzido em 40-50% dentro de alguns dias após a instituição de ventilação mecânica no modo "controlado", já que esta estratégia ventilatória permite pouca ou nenhuma atividade diafragmática^{7,8}.

Esses eventos que geram disfunção do diafragma são facilmente explicados, pois o principal objetivo da VM é minimizar o trabalho respiratório do paciente, fazendo uma substituição temporária de sua bomba muscular respiratória, para que a mesma repouse e, posteriormente seja ativada de maneira a assumir a sua função fisiológica⁹.

Sendo assim, quanto maior o período em que o indivíduo permanecer em ventilação mecânica, maior será a dificuldade no processo de desmame devido a não ativação diafragmática, ou seja, a chance de ocorrer a hipotrofia muscular pode aumentar quanto maior for o tempo em que o paciente ficar “dependente“ do ventilador^{10,11}.

DESMAME DA VENTILAÇÃO

Pacientes críticos que necessitam de ventilação mecânica prolongada são frequentemente expostos a longos períodos de inatividade e recebem grandes doses de sedativos, o que resulta em atrofia da musculatura periférica, bem como do diafragma, onde a taxa fica em torno de 40% dos indivíduos que estão em VM¹². Considera-se que um atraso no processo do desmame pode prolongar a permanência do paciente na unidade de terapia intensiva (UTI), contribuindo também para um pior prognóstico, aumentando em 12% a taxa de mortalidade em comparação com os pacientes que não apresentam problemas no desmame^{13,14}.

A dificuldade no desmame desses pacientes se deve ao fato de que o nível de entrada neural para o diafragma está aumentado, no entanto a geração de força muscular permanece diminuída. Também, a perda de capacidade de geração de força diafragmática não pode ser atribuída à atrofia muscular isoladamente, onde muitos estudos demonstram uma perda de força mesmo após a correção da área de secção transversa do músculo diafragma^{15,16}.

Repetidos episódios de falha no desmame têm sido associados a diversos fatores, inclusive um desequilíbrio entre o aumento da carga de trabalho respiratório (WOB - *work of breathing*) e a capacidade reduzida do diafragma. Para Powers e colaboradores¹⁷, a fraqueza muscular do diafragma inicia-se após 18 horas de ventilação mecânica, sugerindo que a fraqueza do diafragma é diretamente responsável pelo prolongado período da ventilação mecânica em UTI.

AVALIAÇÃO DA FORÇA DOS MÚSCULOS REAPIRATÓRIOS

Pressão Inspiratória Máxima

A pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) é o método mais usado para medir a força inspiratória em pacientes com suspeita de fraqueza ventilatória¹⁸. Este teste baseia-se na medida da pressão das vias aéreas superiores (boca para pacientes ambulatoriais e traqueia para pacientes intubados ou traqueostomizados) durante uma inspiração máxima voluntária. A pressão mensurada é uma composição da força gerada pelos músculos inspiratórios, envolvendo também a força de recolhimento elástico do pulmão e da caixa torácica. Pode-se utilizar diferentes equipamentos (manovacuômetros) para a mensuração da pressão (aparelhos analógicos ou digitais)¹⁸. (Figuras 1 e 2).

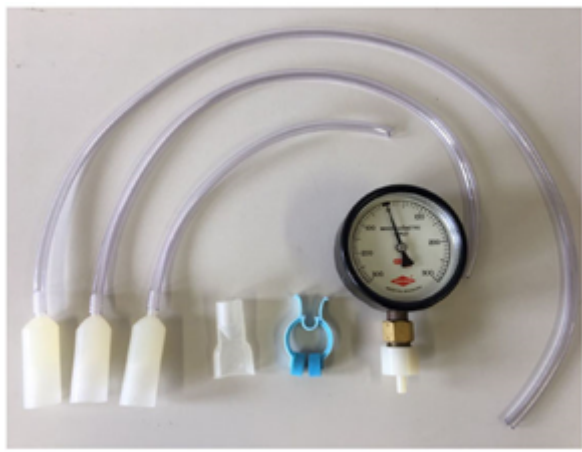


Figura 1 – Manovacuômetro analógico.

Fonte: <https://www.murenas.com.br>



Figura 2 – Manovacúômetro digital

Fonte: https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/manometer-pce-instruments-differential-pressure-manometer-pce-p15-det_53514.htm

Vantagens

Equipamento portátil e de baixo custo;

Fácil de realizar a manobra;

Rápida execução;

Equipamento Não invasivo;

Valores de referencia bem estabelecido para diferentes populações (limite inferior da normalidade de 60 cmH₂O para mulheres e de 80 cmH₂O para homens)^{19,20}.

Desvantagens

Manobra não intuitiva;

Depende da colaboração do paciente; portanto, um valor baixo pode não significar fraqueza, mas falta de colaboração;

Tem alto coeficiente de variação intra e inter-individual (10 a 13%);

Baixa acurácia para prever sucesso na extubação em pacientes em ventilação mecânica²⁰.

Técnica

A P_{Imáx} pode ser medida a partir do Volume Residual (VR) ou da capacidade residual funcional (CRF). Como há uma relação inversa entre o volume pulmonar e a

força inspiratória²⁰, a medida a partir do VR traz valores, em módulo, 30% maiores que as medidas a partir da CRF. Apesar da força mensurada a partir do VR ser maior, alguns médicos e pesquisadores utilizam a medida a partir da CRF por ela ser mais reprodutível e mais fácil de ser realizada pelos pacientes. No entanto, quando a medida for a partir da CRF, deve-se conhecer o volume da CRF, já que este volume afetará a pressão gerada²⁰.

A medida pode ser feita com manovacuômetro analógico ou digital, onde a preferência é por aparelhos digitais, porque o maior valor de P_{Imáx} ocorre num período de tempo muito baixo, o que pode não ser captado num dispositivo analógico. Habitualmente, a medida é feita com o paciente sentado, com ou sem clipe nasal e pedindo para que o paciente expire até o VR e depois faça uma inspiração máxima sustentada, mantendo o esforço máximo por 1 a 2 segundos. Para evitar que o fechamento da glote e a pressão gerada pelos músculos da boca superestimem a medida, deve haver uma abertura de 2 mm de diâmetro no bocal²¹.

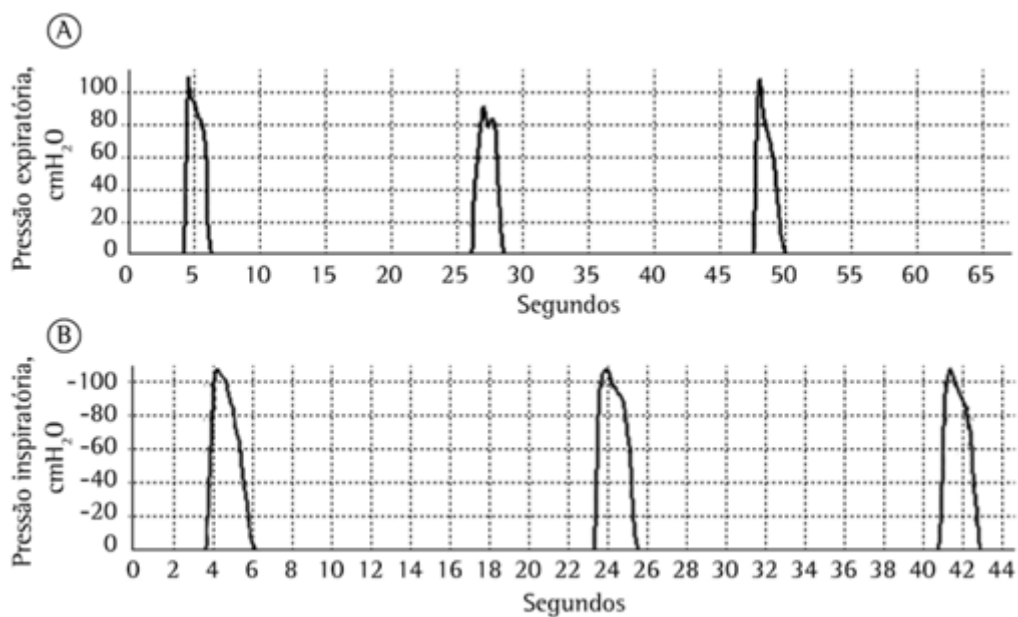


Figura 3 - Mensuração da P_{Emáx} e da P_{Imáx} por meio de um manovacuômetro digital (Sistema MVD300). Em A, medida da P_{Emáx} mostrando valores positivos. Em B, medida da P_{Imáx} mostrando valores negativos.

Fonte: Matos LUI, Rabahi MF. Manejo respiratório em doenças neuromusculares. Rev. Educ. Saúde 2017; 5 (2)²²

Em pacientes críticos, intubados e não colaborativos, para se encontrar a medida ideal deve ser utilizada uma válvula unidirecional (permite expiração e bloqueia inspiração) acoplada ao tubo, o qual deve ser sustentada por no mínimo 25 segundos (Figura 4)²³.

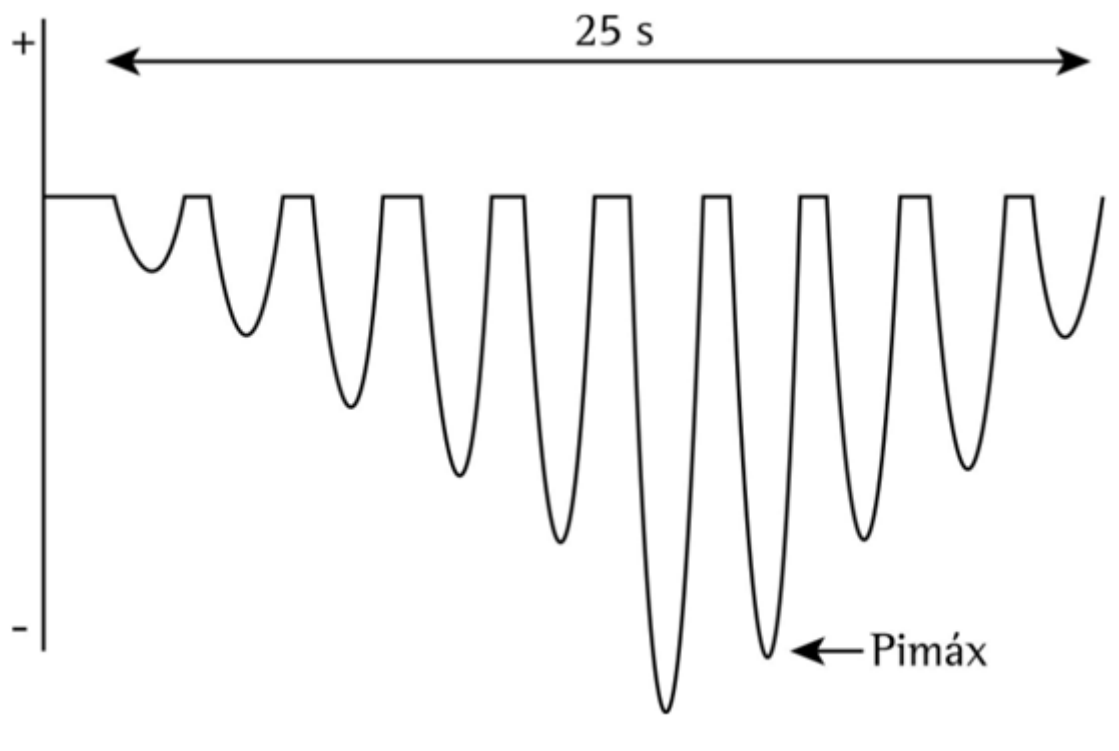


Figura 4 - Variação da pressão inspiratória durante a medida de PImáx com válvula unidirecional. O maior valor costuma aparecer entre o 15º e 20º segundo.

Fonte: Caruso P, Albuquerque ALP, Santana PV, Cárdenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória. J Bras Pneumol. 2015;41(2):110-123²⁴

Pressão inspiratória nasal durante o fungar - SNIP- *sniff nasal inspiratory pressure*

Outro método não invasivo, que não necessita de balão esofágico, é a medida da pressão via nasal, que ocorre quando a pressão inspiratória é mensurada na narina durante uma manobra inspiratória rápida e profunda, similar ao fungar. Este teste mede a ação conjunta do diafragma e dos outros músculos inspiratórios e reflete acuradamente a pressão esofágica (Pes), com a vantagem de ser não invasiva²⁵. Estudos eletromiográficos demonstram que durante a manobra de SNIP observa-se uma contração seletiva dos músculos envolvidos na respiração, principalmente os músculos acessórios inspiratórios, demonstrando a especificidade do teste²⁶.

Embora a SNIP tenha uma razoável correlação com a PImáx, ela não a substitui e deve ser usada como medida complementar na avaliação da força inspiratória, pois o emprego de apenas um teste pode superestimar a fraqueza muscular, enquanto o uso de ambos os testes diminui em quase 20% os falsos positivos de fraqueza ventilatória²⁷.

Vantagens

- Fácil realização
- Manobra intuitiva
- Valores normais bem estabelecidos em diferentes populações (limite inferior da normalidade de 60 cmH₂O para mulheres e de 70 cmH₂O para homens)²⁷.

Desvantagens

- Depende da colaboração do paciente,
- Não pode ser usada em pacientes em ventilação mecânica,
- Pode subestimar valores em doentes com obstrução acentuada das vias aéreas e deve ser usada com cautela naqueles com obstrução nasal²⁷.

Técnica

A manobra pode ser realizada em qualquer posição corporal (a mais habitual é a sentada) porque apesar de pequenas variações, as mudanças na posição corpórea não apresentam significativas alterações²⁵. Uma narina deve estar totalmente ocluída com clipe nasal, evitando-se o escape de ar, enquanto a outra deve estar absolutamente pérvia.

Após um período de respiração tranquila, a manobra inicia-se com uma inspiração profunda e rápida a partir da CRF e com a boca fechada. É necessário comando verbal vigoroso, uma vez que a manobra deve ser curta (≤ 500 milisegundos) e explosiva, de tal forma que provoque o colapso da narina sem o clipe²⁵.

Orienta-se ser realizado dez manobras, porém se for observado um incremento considerável dos valores obtidos nas últimas manobras, pode-se realizar até mais dez inspirações. A realização de vinte manobras também será necessária quando os valores das dez primeiras estiverem abaixo do predito e quando há suspeita de fraqueza inspiratória causada pelo esforço, como nas doenças neuromusculares²⁶.

Pressão transdiafragmática

A pressão transdiafragmática (Pdi) é a diferença entre a pressão gástrica (Pga) e a pressão esofágica (Pes)- ($Pdi = Pga - Pes$) e traduz a força gerada especificamente pelo diafragma e não pelos outros músculos da ventilação. (Figura 5)

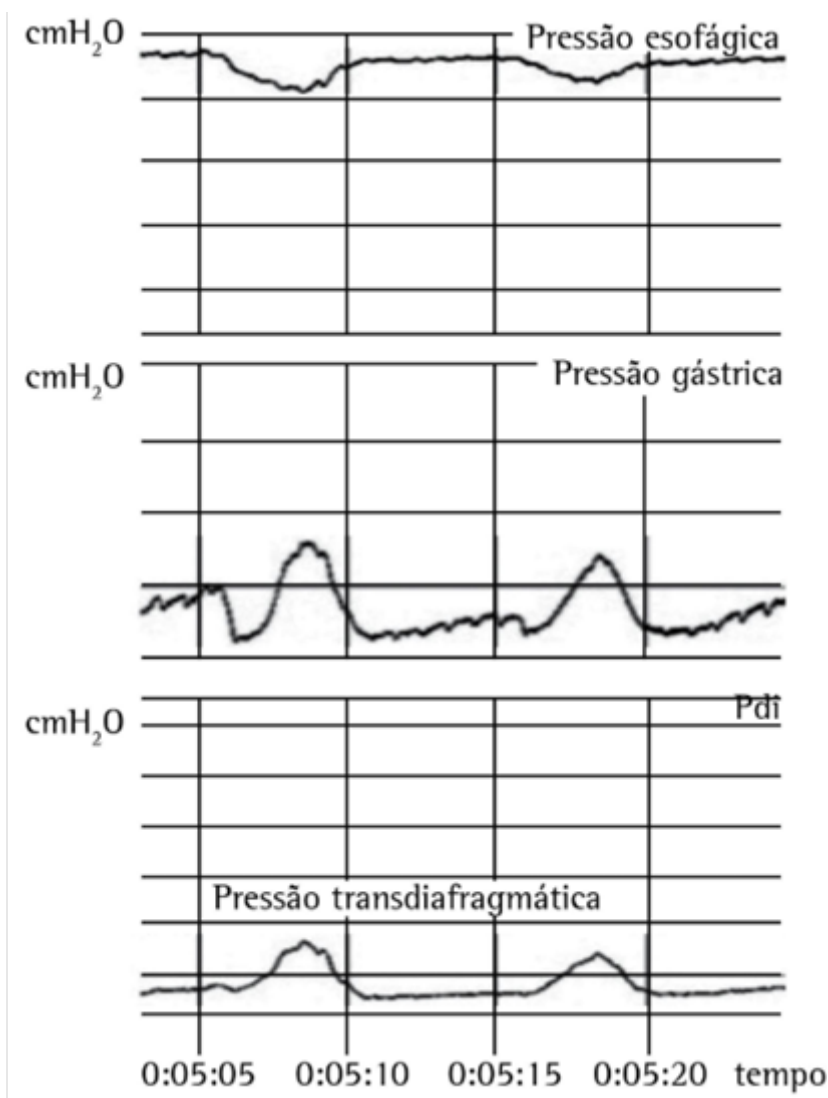


Figura 5- Pressão transdiafragmática. A curva superior é a pressão esofágica, a do meio, a pressão gástrica, e a inferior, a pressão transdiafragmática (Pdi). Neste exemplo há diferenças na escala da medida da pressão esofágica e gástrica.

Fonte: Caruso P, Albuquerque ALP, Santana PV, Cárdenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória. J Bras Pneumol. 2015;41(2):110-123²⁴

Vantagens

Avalia força específica do diafragma, que é o principal músculo inspiratório por ser responsável por 60 a 70% do volume corrente das respirações normais,

Valores de referência bem estabelecidos tanto em voluntários em diferentes faixas etárias (limite inferior da normalidade de 70 cmH₂O para mulheres e de 80 cmH₂O para homens durante manobras de fungar) Polkey MI²⁸, como em pacientes com diferentes doenças respiratórias.

Desvantagens

Método invasivo, que depende da passagem de cateteres por via nasal até o esôfago distal e o estômago e que usa materiais poucos disponíveis na maioria dos hospitais assistenciais.

Depende de experiência do examinador para locação correta dos cateteres²⁸.

Técnica

A medida da Pdi pode ser feita com cateteres com balão de látex cheio de ar, cateteres preenchidos com líquido ou cateteres com microtransdutores²⁹. Os cateteres de balão obrigam a passagem de um cateter posicionado no esôfago e outro no estômago, embora recentemente tenha sido comercializado um cateter com os dois balões instalados, o que evita a colocação do segundo cateter³⁰. O cateter com microtransdutor faz as medidas esofágicas e gástricas com apenas um cateter e também tem a vantagem de ser melhor tolerado pelos pacientes e ter um tempo de resposta rápido, que garante medidas mais acuradas em manobras rápidas, como as medidas com estimulação magnética do nervo frênico³⁰.

Usando os cateteres com balão de látex, que são os mais comuns, um cateter é colocado no esôfago distal e outro no estômago. Para garantir a posição correta, deve-se observar as curvas da Pga e Pge. Este reconhecimento é facilitado porque durante a inspiração, a Pes negativa-se e a Pga positivam-se, como se fosse uma imagem no espelho ([Figura 6](#)). A manobra final para assegurar que a Pes do balão está correta é compará-la com a Pbo do bocal ocluído. Se a posição esofágica estiver correta, ou seja, refletindo bem a pressão pleural, a variação da Pes será pelo menos 80% da variação da Pbo. Este teste confirmatório é conhecido como teste de Baydur³¹ e é validado para diferentes volumes pulmonares e posições posturais.

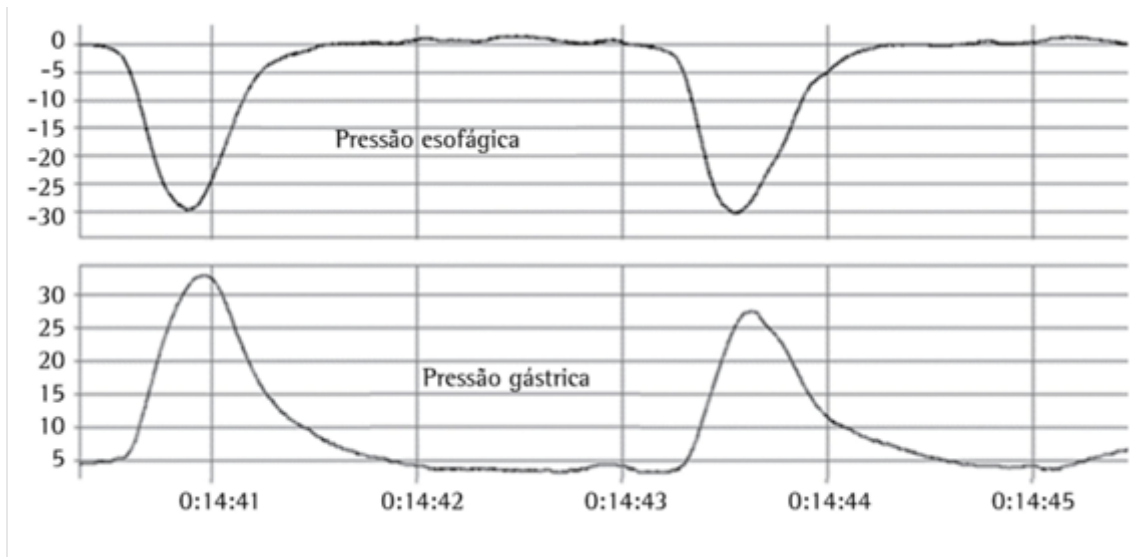


Figura 6- Exemplo de gravação simultânea da pressão esofágica e gástrica durante a inspiração forçada. Nota-se que a pressão esofágica fica mais negativa, enquanto a pressão gástrica fica positiva, criando uma imagem em espelho dessas duas curvas.

Fonte: Caruso P²⁴, Albuquerque ALP, Santana PV, Cárdenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória. J Bras Pneumol. 2015;41(2):110-123

A Pdi pode ser medida durante a respiração normal ou em manobras inspiratórias máximas, geralmente a de fungar. A Pdi também pode ser medida durante um estímulo magnético sobre o nervo frênico, o que será abordado em Métodos não volitivos para medida de força inspiratória³⁰.

ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E MAGNÉTICA (*TWITCH*) DO NERVO FRÊNICO

A estimulação do nervo frênico gera importantes informações sobre a função e mecânica do diafragma e, desde a década de 1980, vem sendo investigada com essa finalidade¹⁸. Trata-se de um método não volitivo, que utiliza dois eletrodos posicionados na região cervical para estimular o nervo frênico.

Estes métodos são utilizados quando o paciente apresenta dificuldade na compreensão ou na realização das manobras não invasivas, ou quando há grande variação nas medidas, que provavelmente é secundária a diferentes níveis de esforço. Para se obter uma contração inspiratória máxima involuntária, há dois métodos possíveis e de resultados similares: a estimulação elétrica ou a estimulação magnética

(*twitch*) do nervo frênico. Ambas baseiam-se na estimulação do frênico no seu trajeto cervical, que é superficial (Figura 7)³².

A estimulação elétrica é dolorosa, e há raros relatos de indução de convulsão, embora ela seja mais específica para a estimulação diafragmática do que a estimulação magnética.

A estimulação magnética do frênico causa um mínimo desconforto, que é bem tolerado pela maioria dos pacientes³². Seu princípio é a criação de um campo magnético na região cervical por pequenas bobinas colocadas sobre esta região. Os valores de Pdi obtidos com a estimulação magnética e elétrica são similares³². Pela maior segurança e conforto, a estimulação magnética do frênico impôs-se sobre a estimulação elétrica.



Figura 7- Estimulação magnética do frênico colocada na região cervical anterior de voluntário.

Fonte: Caruso P, Albuquerque ALP, Santana PV, Cárdenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória. J Bras Pneumol. 2015;41(2):110-123²⁴

Vantagens

Medida da força inspiratória independentemente da colaboração ou compreensão do paciente;

Estímulo total e isolado do diafragma;

O estímulo atravessa facilmente tecidos moles e ossos, atingindo preferencialmente as fibras neurais mais largas e não as fibras mais curtas, que são as responsáveis pelos estímulos dolorosos;

Valores bem definidos de Pdi após estímulos magnéticos cervicais bilaterais (limite inferior da normalidade de 20 cmH₂O para mulheres e homens)³².

Desvantagens

Como o campo magnético pode estimular outros nervos e músculos cervicais, seu uso costuma ser menos específico para a medida da força diafragmática do que a estimulação elétrica, embora esta diferença não pareça ter relevância clínica³².

Equipamentos para estimulação magnética ainda são pouco disponíveis e de alto custo³².

Técnica

O aparelho consiste em uma base ligada a uma bobina que é aplicada sobre o local a ser estimulado³². O tipo de bobina tem grande influência na intensidade e forma do campo magnético gerado. Inicialmente, a bobina mais utilizada era uma circular de 90 mm de diâmetro colocada na região cervical posterior ao nível da sétima vértebra cervical. No passado, a terapia estimulava um campo magnético mais amplo e acabava estimulando outras fibras neurais do pescoço e dos músculos intercostais superiores. Atualmente, utiliza-se a bobina em formato de 8 com 45 mm de diâmetro, que cria um campo mais focado sobre o nervo frênico quando colocada na borda posterior do músculo esternocleidomastoideo na altura da cartilagem cricóide³². Com uma bobina em oito, pode-se medir a força de um hemidiafragma, e com duas bobinas ativadas simultaneamente, mede-se a força gerada pela ação conjunta de ambos os hemidiafragmas³². Com a estimulação magnética do frênico, as duas medidas mais comumente realizadas são a Pdi e a Pbo. A Pbo é não invasiva, mas depende de a glote permanecer aberta após o estímulo magnético, o que pode resultar em valores bastante subestimados em pacientes com resistência elevada das vias aéreas e doença

parenquimatosa grave. A Pdi tem como desvantagem a necessidade de inserção de cateteres esofágicos e gástricos³².

ÍNDICE DE TENSÃO-TEMPO DO DIAFRAGMA (ITTdi)

Esta técnica está relacionada à *endurance* do diafragma, considerando que este músculo é altamente fatigável quando atinge uma relação de trabalho a 40% da pressão transdiafragmática máxima (PDI_{máx}). A pressão transdiafragmática é definida como a diferença entre a pressão pleural e a pressão abdominal. Na prática, pode ser obtida pela diferença entre a pressão esofágica e a pressão gástrica¹⁸.

Os valores médios de PDI_{máx} estão descritos a seguir (figura 8):

MÉDIA DE PRESSÃO TRANSDIAFRAGMÁTICA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS				
	n	Média	Desvio padrão	Variação
Homens	37	108	30	52-164
Mulheres	27	65	31	16-40
Todos	64	90	37	16-164

Figura 8 – Valores médios da PDI_{máx}

Em indivíduos saudáveis, o valor médio do ITTdi é de 0,02, e os valores críticos que predizem fadiga diafragmática estão entre 0,15 e 0,20^{33,34}. Estudos prospectivos recentemente demonstraram grande correlação entre valores críticos de ITTdi e falha no desmame^{35,36}. Entretanto, a grande dificuldade de tornar esse teste uma rotina é a dificuldade na mensuração desses valores levando em conta que se faz necessário a introdução de cateteres esofágicos e gástricos, além da utilização de transdutores de pressão, sendo a medida invasiva e difícil de aplicar na prática clínica.

Diante da importância dos valores do ITTdi sobre a fadiga diafragmática e predição de sucesso de desmame, pesquisadores vêm tentando validar um teste não invasivo, mas isso ainda não foi testado em pacientes submetidos à VM³⁵.

Alternativamente ao teste ITTdi, tem sido mensurado o índice tensão-tempo dos músculos respiratórios (ITTmr), sendo este não invasivo e baseado nas pressões medidas na boca³⁶. Este teste é realizado através de um aparelho e software específicos, e a sustentação da impedância pelos músculos respiratórios se deve pelo tempo inspiratório dividido pelo tempo total e da pressão inspiratória média dividida pela pressão inspiratória máxima. Valores elevados de ITTmr podem resultar da diminuição na PImáx ou de um aumento na impedância do sistema respiratório, levando à elevação na PImed³⁶.

O ITTmr vem sendo mensurado por um dispositivo eletrônico com controle microprocessado. Pacientes com ITTmr elevado apresentam maiores riscos para desenvolvimento de fadiga, e valores críticos variam entre 0,2 e 0,42³⁶, e valores próximos aos encontrados como críticos para ITTdi (0,15 a 0,20)³⁴. Os valores médios de normalidade para o ITTmr são em torno de 0,04⁴⁴. Embora o ITTmr possa ser um bom preditor de fadiga muscular inspiratória, ainda é pouco utilizado na prática clínica³⁴.

P0.1

A P 0.1 avalia a atividade do centro respiratório. Estando diretamente relacionada ao estímulo neural, a P 0.1 mensura a pressão de oclusão das vias aéreas em 100 milisegundos do início da inspiração³⁷. Sendo gerada por esforços inspiratórios, a P 0.1, na verdade, representa pressões negativas, apesar de tradicionalmente ser reportada em valores positivos³⁷.

Em indivíduos saudáveis, a P 0.1 geralmente varia entre 0,5 a 1,5 cmH₂O durante uma respiração tranquila. Embora tradicionalmente mensurada através de um balão esofágico, alguns ventiladores podem medir a P 0.1 (P 0.1 traqueal) de forma acurada³⁷. Os ventiladores mais que mensuram a P 0.1 traqueal são os da marca “Dräger” e “Dixtal”. Levando em consideração que a passagem do balão esofágico em momentos que precedem o desmame não é um procedimento tão simples e viável, e o fato da medida da P 0.1 traqueal (medida nos ventiladores) ser considerada acurada e mais acessível na terapia intensiva³⁷.

A P 0.1 tem sido utilizada para avaliar a prognóstico do desmame há mais de duas décadas. Quanto mais elevada estiver a P 0.1, provavelmente mais hiperestimulada

estará a atividade do centro respiratório. Por outro lado, quanto mais baixa estiver a P 0.1, provavelmente mais hipoestimulada estará a atividade do centro respiratório. Tanto a hiperestimulação quanto a hipoestimulação do centro respiratório não refletem um bom prognóstico para o desmame. Os valores da P 0.1 que discriminam entre o sucesso e o insucesso no desmame variam de 3,4 a 6,0 cmH₂O³⁷.

Valores elevados de P 0.1, como acima de 4,0 a 6,0 cmH₂O estão associados ao insucesso no desmame, onde geralmente o paciente acaba revelando aumento do trabalho respiratório e possível fadiga muscular respiratória, caso a ventilação mecânica não seja re-instituída. Valores reduzidos de P 0.1, como abaixo de 0,5 cmH₂O também estão associados ao insucesso no desmame, por conseqüente estímulo central da respiração insuficiente para manter adequada ventilação alveolar. Há possibilidade de ocorrer até bradipnéia e apnéia com níveis tão baixos de P 0.1³⁷

ULTRASSONOGRAFIA DIAFRAGMÁTICA

A necessidade de um diagnóstico precoce utilizando uma técnica não invasiva e facilmente disponível explica o uso crescente da ultrassonografia na avaliação e no acompanhamento da função do diafragma e do esforço inspiratório³⁸. As limitações incluem a variabilidade inter e intraobservador e o fato de a dinâmica o estudo (excursão do diafragma) só pode ser realizado em pacientes sem VM^{38,39}. Entretanto, vários estudos utilizando ultrassonografia mostraram boa precisão e reprodutibilidade para avaliar a função do diafragma, tanto em voluntários saudáveis quanto em pacientes críticos⁴⁰. Espessura do diafragma (como sinal de atrofia) e estudos de mobilidade do diafragma são os parâmetros mais comumente avaliados pela ultra-sonografia⁴⁰.

Excursão do diafragma

Neste teste o movimento do músculo é avaliado utilizando uma sonda de 3,5 a 5 MHz que deve ser posicionada abaixo da caixa torácica ao nível da linha média-clavicular, direcionando o feixe de ultrassom perpendicularmente para o terço posterior do hemidiafragma. Durante a inspiração, o diafragma normal desce, e assim se aproxima do transdutor. Os valores normais em pacientes em ventilação espontânea do sexo masculino são de 18 ± 3 mm e sexo feminino 16 ± 3 mm⁴¹.

A disfunção do diafragma é definida como uma excursão de menos de 10 mm ou uma excursão negativa (ou movimento paradoxal). Esses valores também são bons preditores de falha no desmame⁴².

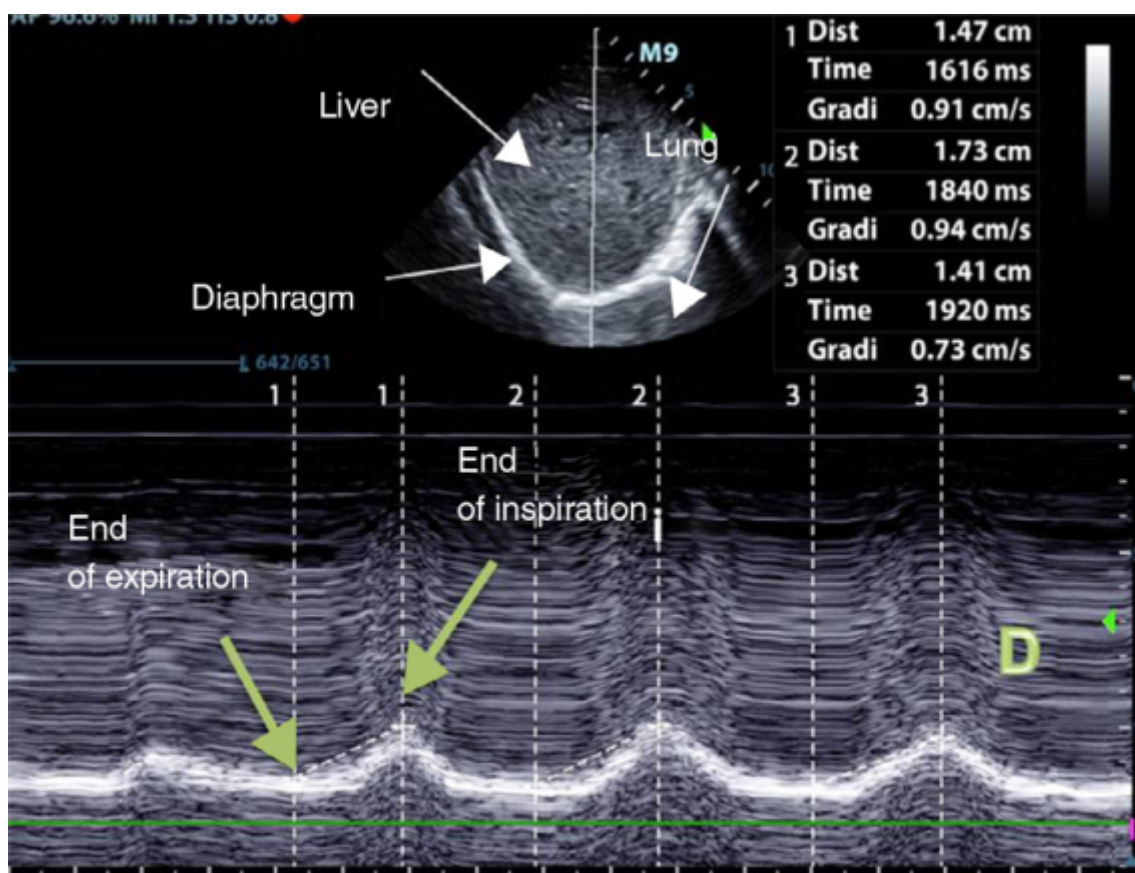


Figura 9. Medição em modo M da excursão do diafragma durante uma inspiração normal. O diafragma pode ser visto como uma linha hiperecogênica indicada por uma seta. A excursão é medida como a diferença entre o final da inspiração e o final da expiração (cm).

Fonte: [Dot I, Pérez-Teran P, Samper MA, Masclans JR.](#) Diaphragm Dysfunction in Mechanically Ventilated Patients. [Arch Bronconeumol.](#) 2017 Mar;53(3):150-156⁴³

Espessura do diafragma

A espessura do diafragma depende da massa muscular e está correlacionada à capacidade vital forçada⁴⁴. A espessura reduzida do diafragma está associada a baixas amplitudes na eletromiografia e pode indicar a presença de atrofia⁶. A espessura do diafragma pode ser quantificada simplesmente por ultra-sonografia, com a medição de uma hemicúpula, via janela hepática, sendo a direita mais acessível que a esquerda⁴⁵. Para determinar a espessura, é utilizada uma sonda de 10–12 MHz, posicionada perpendicularmente sobre o 9º-10º espaço intercostal na linha axilar anterior, para observar parte da zona de aposição do diafragma a caixa torácica. Nessa área, o diafragma é visto como três camadas paralelas de diferentes densidades (pleura,

diafragma e peritônio)⁴⁵. A espessura do diafragma é medida pelo modo M ou com uma imagem 2D durante a exposição não forçada. A espessura normal do diafragma em pacientes ventilados é de $2,4 \pm 0,8$ mm, com atrofia definida como valores abaixo de 2 mm⁴⁵.

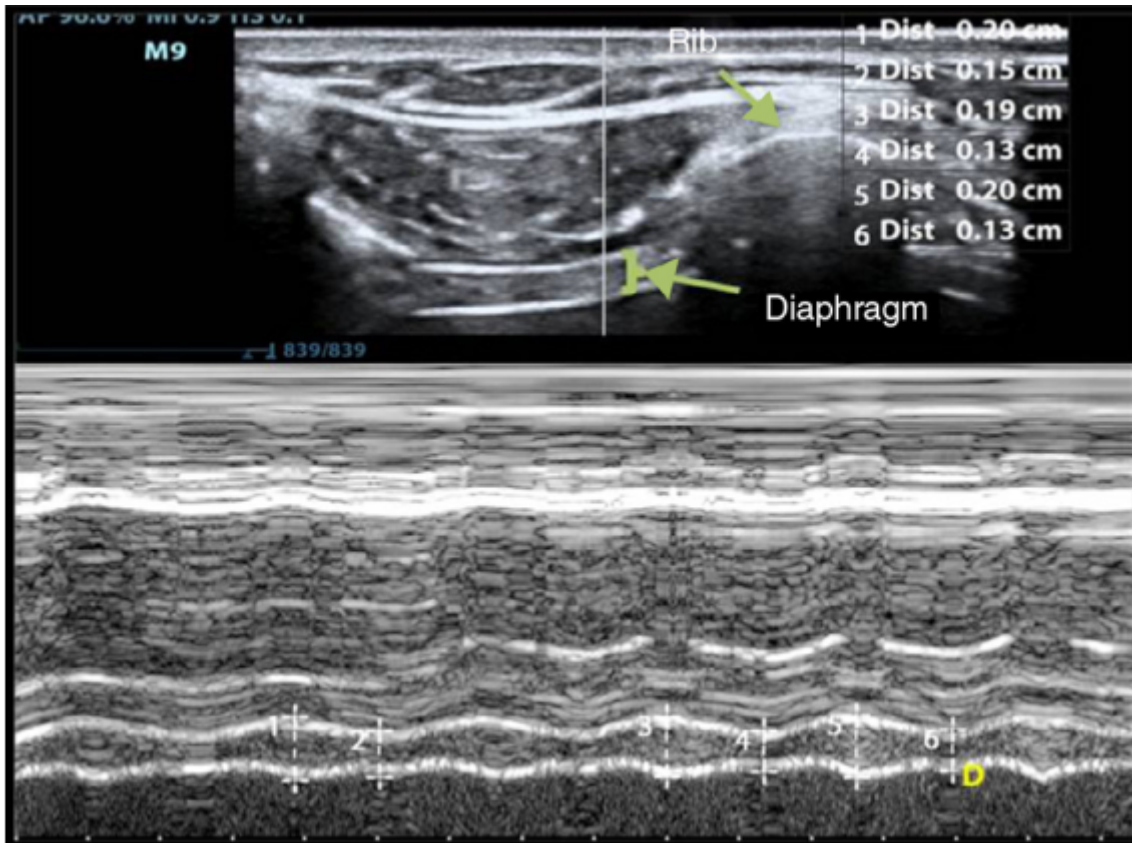


Figura 10. Medição no modo M da variação da espessura do diafragma do hemidiafragma direito. O diafragma é visto como 3 linhas paralelas: 2 camadas hiperecogênicas e uma camada hipocogênica central mais espessa. Número 1 é a espessura inspiratória e número 2 é a espessura expiratória. Fração de encurtamento do diafragma é a diferença entre a espessura inspiratória e a espessura expiratória.

Fonte: [Dot I, Pérez-Teran P, Samper MA, Masclans JR](#). Diaphragm Dysfunction in Mechanically Ventilated Patients. [Arch Bronconeumol](#). 2017 Mar;53(3):150-156⁴³

Variação na Espessura do Diafragma

A variação na espessura do diafragma pode ser calculada usando o modo M com uma fórmula indicada específica. A variação da espessura do diafragma pode ser usada como um indicador da capacidade do diafragma para gerar pressão⁴⁰. A variação <20% pode ser considerada como preditora de incapacidade de desmamar e é uma previsão melhor do que o índice Tobin⁴⁶.

Grosu et al³⁹ encontraram uma redução diária de 6% na espessura do diafragma nas primeiras 48 horas após o início da ventilação com modalidades assistidas. No estudo de Schepens et al⁴¹, no qual a maioria dos pacientes estava recebendo ventilação controlada, foi relatada uma perda de 10,9% de espessura. Em pacientes não ventilados,

a variação da espessura mostrou-se relacionada diretamente com os volumes pulmonares e com pressão inspiratória máxima e, como tal, poderia ser uma medida indireta da atividade contrátil e da carga de trabalho do diafragma⁴¹.

$$\text{Variação da espessura do diafragma} = \frac{\text{Espessura no final da inspiração} - \text{Espessura no final da expiração}}{\text{Espessura no final da expiração}}$$

Fig. 11. Fórmula para o cálculo da variação da espessura do diafragma⁴⁶.

MARCADORES DE LABORATÓRIO

Não foi observada relação entre o aparecimento de atrofia dos músculos respiratórios e o aumento de enzimas musculares, como creatina quinase e mioglobina, em exames de sangue. Um aumento da proteína troponina I pode, no futuro, ser usado como marcador de dano muscular diafragmático⁴⁷.

ESTRATÉGIAS TERAPÊUTICAS

Estratégias ventilatórias

Dentre as principais estratégias para minimizar ou driblar a DDIV estão a substituição dos modos ventilatórios tradicionais por outros que permitam a função ativa do músculo diafragma. No modo ventilatório com pressão de suporte (PSV) o doente é capaz de desencadear cada ciclo respiratório, onde o ventilador pode administrar um auxílio até um limite de pressão pré-definido (ao contrário, na ventilação controlada o doente não tem nenhuma autonomia para desencadear o ciclo respiratório). Portanto, ao contrário da ventilação controlada, em que o diafragma está completamente inativo, a PSV pode permitir a ativação dos músculos inspiratórios, ainda que em menor intensidade que a respiração espontânea⁴⁸.

Embora muitos estudos tenham investigado o impacto da ventilação controlada na fraqueza e proteólise diafragmática, existem poucos dados sobre o impacto de outros modos de VM sobre o *stress* oxidativo diafragmático. Hudson e colegas⁴⁸ mostraram que níveis elevados de PSV promovem atrofia e disfunção contrátil diafragmática. Além disso, tal como com a ventilação controlada, a PSV está associada a um aumento do *stress* oxidativo e activação das proteases⁴⁸.

Oliveira e colaboradores⁴⁹ mostrou que, ao contrário da ventilação controlada, o modo PSV (6 horas) parece atenuar a atrofia diafragmática pelo suporte ventilatório.

São ainda necessários mais estudos que mostrem que a PSV pode ser uma alternativa viável de limitar a atrofia muscular e disfunção diafragmática.

O modo NAVA (*neurally adjusted ventilatory assist*) é um tipo de VM parcialmente assistida que utiliza a atividade elétrica do diafragma para controlar o tempo e o nível de assistência fornecida. Existem evidências de que este modo pode melhorar a sincronização entre o doente e o ventilador, reduzindo o risco de lesão pulmonar Terzi N⁵⁰. Existe apenas um estudo em modelos animais de DDIV submetidos a NAVA, que mostrou que, quando comparada a ventilação controlada, pode diminuir o *stress* oxidativo e atrofia diafragmática⁵¹.

Sob o ponto de vista clínico, permitir a atividade diafragmática parece ser o mais interessante, porém o uso de bloqueadores neuromusculares ou sedação total pode interferir na atividade muscular. No entanto, ainda não existem estudos demonstrando o esforço diafragmático, e o quanto pode retardar o desenvolvimento de DDIV⁵¹.

NAVA – neurally adjusted ventilatory assist

O objetivo da ventilação mecânica em situações agudas é, muitas vezes, "ganhar tempo" para que o doente recupere de algum evento catastrófico. Idealmente, o ventilador não deve lesar os músculos respiratórios ou parênquima pulmonar. Ao longo dos últimos anos, com maior conhecimento sobre a morbidade e mortalidade associada ao suporte ventilatório e a relação da assincronia doente-ventilador como fator de mau prognóstico, novas modalidades de ventilação mecânica foram introduzidas⁵¹.

A ventilação NAVA é um tipo de VM parcialmente assistida disponível nos modos invasivo e não invasivo. Para o registro da atividade elétrica diafragmática (EAdi), o sistema utiliza dez elétrodos esofágicos incorporados em série na parte distal numa sonda nasogástrica especial⁵¹. A EAdi pode ser captada em qualquer modo ventilatório, inclusive em estado de espera, sendo uma ferramenta importante na monitorização respiratória. Também pode ser utilizada para monitorizar a atividade elétrica do diafragma, fornecer informações sobre o impulso respiratório, os requisitos de volume e o efeito das configurações de ventilação, e obter indicações de sedação e autonomização ventilatória⁵¹.

Durante a NAVA, a assistência inspiratória mecânica inicia-se no momento em que o centro respiratório é ativado, e o disparo é independente de qualquer componente pneumático. Por ser um modo que trabalha em sincronia com a excitação do diafragma,

há uma diminuição no tempo de resposta do equipamento (cerca de 50 ms), favorecendo o acoplamento neuroventilatório⁵¹.

Durante a inspiração, a pressão fornecida é proporcional à EAdi, e a pressurização inspiratória cessa quando a ativação neural da musculatura diafragmática apresenta uma queda após atingir um valor máximo⁵¹. Como o trabalho do ventilador e do diafragma é controlado pelo mesmo sinal, o acoplamento entre o diafragma e o ventilador é sincronizado simultaneamente. A sincronização doente- ventilador é benéfica, uma vez que a assistência respiratória sincronizada permite diminuir os níveis de assistência e elimina a assincronia entre tempo respiratório mecânico e neural, evitando o risco de perda de esforços respiratórios⁵¹.

O NAVA proporciona uma transição suave para a respiração natural Bertrand PM⁵², facilitando a autonomização ventilatória. Este tipo de ventilação causa pressões de pico menores nas vias aéreas, em comparação com a ventilação pulmonar mecânica convencional com pressão de suporte. Teoricamente, a NAVA pode diminuir o risco de VIDD ao permitir a atividade diafragmática durante a VM e, simultaneamente, permite a monitorização da atividade diafragmática. No entanto, ainda não existem resultados consistentes demonstrando a diminuição da incidência da VIDD com esta modalidade de VM⁵².

Estratégias medicamentosas

Ainda que se otimize, modifique e atualize os modos ventilatórios utilizados, estudos em animais mostram a existência de *stress* oxidativo persistente Anzueto A⁷, bem como déficit residual na geração de força contrátil do diafragma Gayan-Ramirez G¹⁶, o que sugere medidas adicionais como forma de tratamento, como as estratégias medicamentosas.

Maes e colaboradores⁵³ descreveram, num modelo animal, que uma única dose elevada de metilprednisolona, em ratos submetidos a VM, protegeu o diafragma da diminuição da força contrátil relacionada com a ventilação controlada. A inibição do sistema calpaína é o mecanismo mais provável que explica o efeito protetor dos corticosteróides. Note-se, no entanto, que muitas vezes os doentes sob VM são tratados de forma aguda com corticosteróides (por doença pulmonar subjacente ou no contexto de outra doença sistémica)⁵³.

Esta observação é muito importante, uma vez que a terapêutica com corticosteróides está associada a uma miopatia que afeta os músculos respiratórios e periféricos. De fato, o tratamento agudo dos animais com doses elevadas de corticosteróides é capaz de induzir fraqueza respiratória e muscular periférica graves, induzindo no diafragma uma atrofia preferencial das fibras tipo IIX⁵⁴.

O tratamento com um antioxidante (o análogo da vitamina E, Trolox) durante a VM diminuiu a proteólise do diafragma e a perda de força contráctil em animais⁵⁵. Este antioxidante também atenua a atrofia muscular diafragmática. Um estudo utilizando ratos mostrou que a N-acetilcisteína pode ser, no futuro, uma arma terapêutica na VIDD, ao proteger o diafragma do *stress* oxidativo gerado pela VM⁵⁶. Num estudo de doentes críticos, a suplementação com vitaminas E e C reduziu a duração da VM, em comparação com doentes não-suplementados⁵⁷.

Embora estes resultados sejam encorajadores e pareçam demonstrar que os antioxidantes previnem a DDIV, a suplementação utilizando antioxidantes ou medicamentos apresentam inespecificidade no mecanismo de ação⁵⁷.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Esteban A, Anzueto A, Alía I, Gordo F, Apezteguía C, Pálizas F, Cide D, Goldwasser R, Soto L, Bugedo G, Rodrigo C, Pimentel J, Raimondi G, Tobin MJ. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000 May;161(5):1450-8.
- 2 Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157:294–323.
- 3 Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998; 338:347–354.
- 4 Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169:336–341.
- 5 Bernard N, Matecki S, Py G, et al. Effects of prolonged mechanical ventilation on respiratory muscle ultrastructure and mitochondrial respiration in rabbits. *Intensive Care Med* 2003; 29:111–118.

- 6 Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia M, Budak M, Powers SK, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med*. 2008; 358:1327–35.
- 7 Anzueto A, Peters JI, Tobin MJ, et al. Effects of prolonged controlled mechanical ventilation on diaphragmatic function in healthy adult baboons. *Crit Care Med* 1997; 25:1187–1190.
- 8 Sassoon CS, Caiozzo VJ, Manka A, et al. Altered diaphragm contractile properties with controlled mechanical ventilation. *J Appl Physiol* 2002; 92:2585–2595.
- 9 Azeredo CA, Bezerra SR, Coissi CG, Maneiras PF, Neri SJ, Domingos ND. Estudo prospectivo desenvolvido no Centro de Disfunção Diafragmática. Centro de Saúde e Pesquisa da Universidade Veiga de Almeida (CDD). Rio de Janeiro.
- 10 Seymour CW, Christie JD, Gaughan CA, Fuchs BD. Evaluation of a new method for measurement of minute ventilation recovery time. *Respiratory Care* 2006; 51(2):133-139.
- 11 Powers SK, Shanely RA, Coobes JS, et al. Mechanical ventilation results in progressive contractile dysfunction in the diaphragm. *J Appl Physiol* 2002; 92:1851–1858.
- 12 Mendez-Tellez PA, Needham DM. Early physical rehabilitation in the ICU and ventilator liberation. *Respir Care*. 2012 Oct;57(10):1663-9.
- 13 Hermans G, Agten A, Testelmans D, Decramer M, Gayan-Ramirez G. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study. *Crit Care*. 2010;14:R127.9
- 14 [Tobin MJ](#). Advances in mechanical ventilation. [N Engl J Med](#). 2001 Jun 28;344(26):1986-96.
- 15 Le Bourdelles G, Viires N, Boczkowski J, et al. Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile properties in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149:1539–1544.
- 16 Gayan-Ramirez G, De Paepe K, Cadot P, et al. Deterimental effects of short-term mechanical ventilation on diaphragm function and IGF-I mRNA in rats. *Intensive Care Med* 2003; 29:825–833.
- 17 Powers SK, Kavazis AN, Levine S. Prolonged mechanical ventilation alters diaphragmatic structure and function. *Crit Care Med*. 2009;37 Suppl.:S347–53.

- 18 American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002 Aug;166(4):518-624.
- 19 Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969 May;99(5):696-702.
- 20 [Black LF](#), [Hyatt RE](#). Maximal static respiratory pressures in generalized neuromuscular disease. [Am Rev Respir Dis.](#) 1971 May;103(5):641-50.
- 21 Koulouris N, DA Mulvey, CM Laroche, M Green, J Moxham. Comparison of two different mouthpieces for the measurement of Pimax and Pemax in normal and weak subjects. *European Respiratory Journal* 1988 1: 863-867
- 22 Matos LUI, Rabahi MF. Manejo respiratório em doenças neuromusculares. *Rev. Educ. Saúde* 2017; 5 (2)
- 23 [Truwit JD](#), [Marini JJ](#). Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. [Chest.](#) 1992 Oct;102(4):1216-9.
- 24 Caruso P, Albuquerque ALP, Santana PV, Cárdenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória. *J Bras Pneumol.* 2015;41(2):110-123
- 25 Uldry C, Fitting JW. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. *Thorax.* 1995 Apr;50(4):371-5.
- 26 Lofaso F, Nicot F, Lejaille M, Falaize L, Louis A, Clement A, Raphael JC, Orlikowski D, Fauroux B. Sniff nasal inspiratory pressure: what is the optimal number of sniffs? *Eur Respir J.* 2006 May;27(5):980-2. Epub 2006 Feb 2.
- 27 *Laroche CM*, Carroll N, Moxham J, *et al.* Diaphragm weakness in Charcot—Marie—Tooth disease. *Thorax* 1988; 43: 478—9
- 28 Polkey MI, Harris ML, Hughes PD, Hamnegård CH, Lyons D, Green M, Moxham J. The contractile properties of the elderly human diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997 May;155(5):1560-4.
- 29 Akoumianaki E, Maggiore SM, Valenza F, Bellani G, Jubran A, Loring S, et al. The application of esophageal pressure measurement in patients with respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189:520–31.
- 30 Chiumello D, Chevillard G, Gregoretti C. Non-invasive ventilation in postoperative patients: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2011 Jun;37(6):918-29. doi: 10.1007/s00134-011-2210-8. Epub 2011 Mar 18

- 31 Baydur A, Behrakis PK, Zin WA, Jaeger M, Milic-Emili J. A simple method for assessing the validity of the esophageal balloon technique. *Am Rev Respir Dis*. 1982 Nov;126(5):788-91.
- 32 Similowski T, Fleury B, Launois S, Cathala HP, Bouche P, Derenne JP. Cervical magnetic stimulation: a new painless method for bilateral phrenic nerve stimulation in conscious humans. *J Appl Physiol* (1985). 1989 Oct;67(4):1311-8.
- 33 Roussos CS, Macklem PT. Diaphragmatic fatigue in man. *J Appl Physiol*. 1977 Aug;43(2):189-97.
- 34 Bellemare F, Grassino A. Effect of pressure and timing of contraction on human diaphragm fatigue. *J Appl Physiol*. 1982 Nov;53(5):1190-5.
- 35 Mulreany LT, Weiner DJ, McDonough JM, Panitch HB, Allen JL. Noninvasive measurement of the tension-time index in children with neuromuscular disease. *J Appl Physiol*. 2003 Sep;95(3):931-7.
- 36 Ramonatxo M, Boulard P, Préfaut C. Validation of a noninvasive tension-time index of inspiratory muscles. *J Appl Physiol* (1985). 1995 Feb;78(2):646-53.
- 37 Kera T, Aihara A, Inomata T. Reliability of airway occlusion pressure as an index of respiratory motor output. *Respir Care*. 2013;58:845–9.
- 38 Baldwin CE¹, Paratz JD, Bersten AD. Diaphragm and peripheral muscle thickness on ultrasound: intra-rater reliability and variability of a methodology using non-standard recumbent positions. *Respirology*. 2011 Oct;16(7):1136-43. doi: 10.1111/j.1440-1843.2011.02005.x.
- 39 Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose KM. Diaphragm muscle thinning in patients who are mechanically ventilated. *Chest*. 2012;142:1455–60.
- 40 Vivier E, Dessap AM, Dimassi S, Vargas F, Lyazidi A, Thile A, et al. Diaphragm ultra-sonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med*. 2012;38:796–803.
- 41 Schepens T, Verbrugge W, Dams K, Corthouts B, Parizel PM, Jorens PG. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. *Crit Care*. 2015;19:422
- 42 Kim WY, Suh HJ, Hong S-B, Koh Y, Lim C-M. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011;39:2627–30

- 43 [Dot I](#), [Pérez-Teran P](#), [Samper MA](#), [Masclans JR](#). Diaphragm Dysfunction in Mechanically Ventilated Patients. [Arch Bronconeumol](#). 2017 Mar;53(3):150-156
- 44 Noda Y, Sekiguchi K, Kohara N, Kanda F, Toda T. Ultrasonographic diaphragm thickness correlates with compound muscle action potential amplitude and forced vital capacity. *Muscle Nerve*. 2015;53:522–7.74.
- 45 Goligher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al. Evolution of diaphragm thickness during mechanical ventilation: impact of inspiratory effort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;192:1–56.
- 46 DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014;69:423–7
- 47 Foster GE, Nakano J, Sheel AW, Simpson JA, Road JD, Reid WD. Serum skeletal troponin I following inspiratory threshold loading in healthy young and middle-aged men. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:3547–58.
- 48 Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB, Bruells CS, Levine S, Powers SK. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. *Crit Care Med*. 2012 Apr;40(4):1254-60. doi: 10.1097/CCM.0b013e31823c8cc9.
- 49 Oliveira Ade S, Costa LB, Assis T de O, et al. Effects of controlled and pressure support mechanical ventilation on rat diaphragm muscle. *Acta Cir Bras*. 2012 Feb;27(2):109-16.
- 50 Terzi N, Pelieu I, Guittet L, et al. Neurally adjusted ventilatory assist in patients recovering spontaneous breathing after acute respiratory distress syndrome: physiological evaluation. *Crit Care Med*. 2010 Sep;38(9):1830-7.
- 51 Huang DY, Liu J, Wu XY, et al. Effects of neurally adjusted ventilator assist on prevention of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in acute respiratory distress syndrome rabbits. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2011 Apr;34(4):288-93.
- 52 Bertrand PM, Futier E, Coisel Y, et al, Neurally adjusted ventilator assist versus pressure support ventilation for noninvasive ventilation during acute respirator failure: a cross-over physiological study *Chest*. 2012 May 31.
- 53 Maes K, Testelmans D, Powers S, et al. Leupeptin inhibits ventilator-induced diaphragm dysfunction in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 175:1134–1138.
- 54 Nava S, Gayan-Ramirez G, Rollier H, et al. Effects of acute steroid administration on ventilator and peripheral muscles in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153.

55 Wang KK: Calpain and caspase: can you tell the difference? Trends Neurosci 2000, 23:20-26.

56 Agten A, Maes, K, Smuder, A, et al. N-Acetylcysteine protects the rat diaphragm from the decreased contractility associated with controlled mechanical ventilation Crit Care Med 2011; 39:777–782.

57 Nathens AB, Neff MJ, Jurkovich GJ, et al. Randomized, prospective trial of antioxidant supplementation in critically ill surgical patients. Ann Surg 2002, 236:814-822

Questões comentadas:

Uma das principais dificuldades na condução do tratamento dos pacientes portadores de DDIV é o desmame da VM, sendo este atribuído principalmente a:

Nível de entrada neural diminuído somente do músculo diafragma

Geração de força muscular reduzida dos músculos periféricos

Nível de entrada neural diminuído somente dos músculos periféricos

Geração de força muscular reduzida do diafragma

Letra D. neste caso, os pacientes que sofrem de DDIV, possuem entrada neural a princípio preservada, porém a geração de força do musculo diafragma é reduzida, sendo este o principal atuante na ventilação espontane.

Sobre as formas de diagnóstico da DDIV, a estimulação elétrica e magnética do nervo frênico é utilizada principalmente quando o paciente não possui comando para realizar testes não invasivos de força muscular. Este texto serve como base para marcar a alternativa correta das questões 2 e 3.

a. Estimulação elétrica sem desconforto e magnética com leve desconforto

b. Estimulação elétrica dolorosa e magnética mínimo desconforto

c. Estimulação elétrica e magnética são dolorosas ao paciente

d. Estimulação elétrica e magnética são técnicas que não geram nenhum tipo desconforto ao paciente

Alternativa correta letra B. A resposta conforme a sequencia indica que a estimulação elétrica e sempre mais dolorosa pelo contato da corrente contra a pele, já a magnética possui polos fechados que neutralizam a ação.

Utilizar texto da questão 2 para marcar a alternativa correta nesta questão.

Os valores de PDi obtidos com a estimulação elétrica e magnética não são comparáveis
Estimulação magnética do frênico está abaixo da estimulação elétrica no quesito resposta e segurança

Estimulação magnética do frênico está acima da estimulação elétrica no quesito resposta e segurança. Ainda, os valores de PDi obtidos com a estimulação elétrica e magnética são similares e reprodutíveis

Nenhuma das alternativas acima está correta

Alternativa correta letra C. Os valores de PDi entre essas duas técnicas são muito próximos, pois são bastante compatíveis entre si.

Marque a alternativa que representa as vantagens do uso da técnica de ultrassonografia muscular:

Precisão nos resultados

Baixo custo

Operacional fácil e equipamento disponível em praticamente todos os serviços hospitalares

Nenhuma das alternativas acima

Alterativa correta letra A. A técnica de ultrassonografia ainda não está disponível na maioria dos serviços e, por esse motivo, o operacional é limitado, sendo que a principal vantagem está na precisão dos resultados considerando-a como uma medida objetiva.

Marque a alternativa que representa as desvantagens do uso de técnica de ultrassonografia muscular:

Resultados subjetivos e técnica dependente do avaliador

Técnica dependente do avaliador e falha para pacientes muito graves

Técnica avaliador-dependente, custo elevado e operacional limitado

Resultados subjetivos e fácil manejo do equipamento

Alternativa correta letra C. Esta técnica é avaliador-dependente, considerando que uma mesma estrutura possa ser medida de maneiras diferentes caso o avaliador não seja devidamente treinado, o que limita a questão operacional. Além disso o custo dos equipamentos é alto e ainda não é realidade no Brasil a disponibilidade destes em todos os ambientes hospitalares.

A excursão do diafragma dá-se no gráfico:

De maneira linear, em linha reta, oscilando conforme o fluxo

Em curvas inspiratórias e expiratórias

Com sonda curva a imagem é estática

Com sonda reta a imagem é variável, porém em linha reta

A resposta correta é a letra B, devido ao fluxo do paciente ser avaliado de forma indireta e a dar-se em formato de curva respeitando os momentos de inspiração e expiração completos.

Com relação a melhor estratégia ventilatória para a prevenção e/ou tratamento da DDIV ainda há controvérsias. Marque a alternativa correta:

O melhor modo é o PSV onde o paciente mantém o diafragma inativo

O melhor modo é o PSV onde o paciente realiza o ciclo totalmente sozinho sem o auxílio do ventilador

O melhor modo é o NAVA, onde a ventilação do doente é parcialmente assistida, sendo que utiliza a atividade eléctrica do diafragma para controlar o tempo e o nível de assistência fornecida

Nenhuma das alternativas corretas.

A alternativa correta é a letra C. O modo PSV é a segunda melhor estratégia terapêutica, seguindo os estudos atuais, sendo administrada logo que possível com o intuito de manter o diafragma trabalhando mesmo que a cargas pequenas, já o modo NAVA seria a melhor opção, no entanto está disponível para poucos locais devido ao custo. Esta modalidade mostra-se mais eficaz na prevenção e tratamento da DDIV devido a transição lenta para a ventilação espontânea, trabalhando o musculo diafragma sem aumentar estresse oxidativo.

O modo de ventilação NAVA é relativamente novo no Brasil e, para a maior parte dos profissionais, ainda não disponível. Utilizando o material deste capítulo e seus conhecimentos prévios, indique a alternativa correta:

O pior tipo de VM é o modo NAVA, pois este deixa o doente dependente do ventilador a longo prazo, sendo que o mesmo necessita fazer um pequeno esforço para disparar o fluxo e depois o ventilador mantém o tempo e os níveis de pressão conforme pré determinado. Além deste motivo o modo é caro e necessita um modelo de respirador específico.

O NAVA proporciona uma transição suave para a respiração natural⁶⁰, facilitando a autonomização ventilatória, porém possui custo elevado e poucos serviços utilizam ainda no Brasil.

O NAVA já está altamente difundido no Brasil e o custo não é considerado alto, podendo ser inserido em qualquer modelo de ventilador mecânico hospitalar.

Nenhuma das alternativas acima

A alternativa correta é a letra B. O modo NAVA vêm sendo considerado como o mais inteligente para transição do controlado para o natural, porém devido ao custo seu uso ainda é restrito e a maioria dos profissionais fisioterapeutas do Brasil ainda não possuem conhecimento avançado sobre as técnicas disponíveis neste modo.

Sobre a técnica de manovacuometria, dentre as principais limitações podemos citar:

Baixa acurácia para prever desmame de VMI, variação inter e intra avaliador e fatores confundidores sobre fraqueza e falta de compreensão da manobra

Baixa acurácia para prever desmame de VMI, porém resultados objetivos e acurados

Valores precisos, fácil manejo, porém fatores confundidores sobre fraqueza e falta de compreensão da manobra

Todas as alternativas acima estão corretas

A alternativa correta é a letra A. A manovacuometria é considerada uma técnica difundida na prática fisioterapêutica e, muitas vezes, utilizada como medida para prever sucesso no desmame. No entanto, as pesquisas atuais indicam baixa acurácia para tal, além de variar os resultados conforme a orientação verbal do avaliador. Somado a estes fatores, temos ainda o fator de confusão entre valores baixos de força e falta de compreensão da manobra por parte do paciente.

Sobre os episódios de falha no desmame da VMI e os fatores associados, marque a alternativa correta:

Os principais fatores associados a falha são relacionados a paralisia diafragmática que ocorre 12 horas após o início da VMI e a fraqueza da musculatura periférica

Os principais fatores associados a falha são relacionados a falta de preparo pré intubação do paciente e modos ventilatórios incorretos

Os principais fatores associados a falha são relacionados a fraqueza do diafragma e a paralisia da musculatura periférica que ocorre 48 horas após início da VM

Os principais fatores associados a falha são relacionados ao desequilíbrio entre o aumento da carga de trabalho respiratório e a capacidade reduzida do diafragma

A alternativa correta é a letra D. Para Powers e colaboradores¹⁷, a fraqueza muscular do diafragma inicia-se após 18 horas de ventilação mecânica, sugerindo que a fraqueza do diafragma é diretamente responsável pelo prolongado período da ventilação mecânica em UTI.

CASO CLÍNICO

Paciente do sexo masculino, 33 anos, sofreu um acidente automobilístico provocando um Traumatismo Cranioencefalico (TCE) grave, com necessidade de intubação

oro-traqueal após chegar na emergência, apresentando parada cardiorrespiratória (PCR), que foi revertida no local do acidente. Ao ser atendido, a constatação no exame físico foi a seguinte: hipoxemia com saturação em 78% em ar ambiente, taquicardia (112 batimentos por minuto), taquipnéia (22 respirações por minuto), Pressão Arterial em queda (98/60mmHg) e na ausculta pulmonar encontrou-se murmúrio vesicular diminuído bilateralmente. Também apresentava contusão em região do osso temporal direito, Glasgow 10 e extremidades mal-perfundidas. Ao chegar na emergência paciente foi intubado para controle ventilatório e após estabilização hemodinâmica e clínica que ocorreu em 36 horas iniciaram-se as tentativas de desmame da ventilação mecânica.

Durante o primeiro teste paciente apresentou na manovacuometria Pressão Inspiratória Máxima (PIMáx) de - 80cmH₂O e Pressão Expiratória Máxima (PEMáx) de 103cmH₂O. Foi utilizada técnica de T ayre para o desmame devido a gravidade do caso e, após 6 horas paciente apresentou sinais de fadiga muscular. Dessa forma retornou a ventilação mecânica e foram realizados testes diários com manovacuometria nos cinco dias seguintes. Após este período constatou-se uma PIMáx de -40cmH₂O e PEMáx de 60cmH₂O diagnosticando-se paciente de difícil desmame.

Qual a hipótese diagnóstica?

Disfunção diafragmática induzida pelo ventilador. Considera-se para esse diagnóstico a perda gradual de força muscular respiratória, a gravidade do quadro clínico indicando a necessidade de sedação por mais de 24 horas, além da contusão pelo TCE que pode comprometer o tempo para melhoria do sensorio.

Qual seria, neste caso, o melhor exame para diagnosticar redução de espessura diafragmática?

Neste caso o melhor exame seria a ecografia diafragmática, onde poderia ser mensurada a espessura do músculo diafragma, podendo ser repetida na beira leito nos dias seguintes.

Qual seria na prática clínica a forma mais adequada para intervir nesse caso após realizar a primeira manovacuometria?

Após identificar a necessidade de VM por mais de 24 horas e verificar que a força muscular estava diminuída pela manovacuometria, poderia ser utilizado modos ventilatórios que permitiriam ativar a função do músculo diafragma o mais precocemente possível.

CAPÍTULO 3

Instrumentos utilizados no desenvolvimento das pesquisas

Muitos foram os instrumentos utilizados a fim de provar de forma objetiva os resultados encontrados, para tanto, o capítulo 3 trás a produção gerada a partir da testagem desses instrumentos.



PRODUÇÃO 7 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

Um dos grandes problemas da profissão de fisioterapeuta, na visão da autora, está relacionado a subjetividade dos resultados encontrados e a limitação que isso impõe quando o objetivo é validar o que foi realizado. Uma das técnicas que vem sendo empregadas no ambiente hospitalar e, hoje já em ambiente ambulatorial, é a ultrassonografia. Até pouco tempo atrás esta só era utilizada pelos profissionais médicos, embora não seja possível o fisioterapeuta utiliza-la como um exame, já se pode lançar mão com balizador de resultados, indicador de necessidade de intervenções e como avaliação da evolução da terapêutica. Em ambientes hospitalares críticos, como as UTIs, a ultrassonografia é de suma importância e foi utilizada pela autora em sua pesquisa de mestrado. Nesta seção a mesma explana um capítulo produzido com o objetivo de revisar a aplicabilidade da técnica de ultrassonografia pelos fisioterapeutas. Após finalizar esta produção, a mesma foi enviada para o Sistema de Educação Continuada a Distância (SECAD) através do Programa de Atualização PROFISIO.

Obs.: Capítulo formatado conforme normas do local a ser publicado.

ULTRASSONOGRAFIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA: UM NOVO INSTRUMENTO FISIOTERAPÊUTICO.

Alexandre Simões Dias – Doutor e mestre em Ciências Biológicas (Fisiologia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pós-doutorado pela Universidade de Leon (Espanha). Professor adjunto no curso de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) e docente e orientador nos Programas de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) e Ciências Pneumológicas (PPGCP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é o Chefe do Serviço de Fisioterapia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Amanda Sachetti – Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Pneumológicas e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da UFRGS. Docente da escola de Medicina da Faculdade IMED Passo Fundo e Coordenadora de Área profissional do Programa de Residência Multiprofissional da UPF/HCPF/SMS.

Eder Chaves Pacheco – Fisioterapeuta, Residente pelo Programa de Residência Integrada Multiprofissional em Saúde com ênfase em Adulto Crítico pelo HCPA.

Resumo

Neste capítulo serão abordados tópicos relacionados ao uso da ultrassonografia num contexto geral e também especificamente na terapia intensiva, bem como sua grande aplicabilidade na prática clínica. Esta ferramenta caracteriza-se por ser de baixo custo, além de ser uma técnica não invasiva que pode ser utilizada em ambientes fechados, como as unidades de terapia intensiva. Para melhor compreensão e aplicabilidade da técnica, abordamos a avaliação dos principais músculos que atuam na respiração e, posteriormente, situações que estão relacionados com o sistema respiratório.

Palavras-chave: terapia intensiva, ultrassonografia, pneumologia, sistema musculoesquelético.

Introdução

Os ambientes de cuidados intensivos são locais que contribuem na recuperação de pacientes graves, e busca-se constantemente o desenvolvimento de técnicas cada vez mais específicas e detalhadas para o tratamento, avaliação e acompanhamento dos pacientes internados.

Um dos principais problemas apresentados pelos pacientes na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é o tempo de imobilização no leito, onde os efeitos permanecem presentes mesmo após a plena recuperação física e orgânica, sendo este um dos principais desafios a serem vencidos atualmente.

Dentre as áreas de atuação do fisioterapeuta em ambientes críticos, a prevenção e recuperação de lesões decorrentes do imobilismo mostram-se como uma das mais importantes a serem consideradas, onde atualmente são investigadas diversas técnicas que evitam a degeneração muscular e contribuem para a manutenção ou ganho da massa muscular. Neste contexto, observou-se que não adianta utilizar estratégias na recuperação e prevenção dos pacientes se não houver técnicas bem definidas para avaliar o progresso do processo clínico.

O ultrassom, nos últimos anos, tem sido utilizado em larga escala pelos fisioterapeutas na prática clínica, pois é uma técnica que pode ser aplicada em diferentes

situações, onde na prática médica já é utilizada para a determinar o diagnóstico clínico de pneumonia, derrame pleural e congestão pulmonar.^(1,2)

O diagnóstico clínico das disfunções ventilatórias é de suma importância para a elaboração dos objetivos e condutas dos fisioterapeutas¹. A vantagem da utilização do ultrassom é a sua praticidade, pois pode ser utilizado na beira do leito e, quando comparado à radiografia de tórax e a tomografia computadorizada, apresenta a vantagem de não expor o paciente a radiação ionizante.^(1,2)

Objetivos

- Ao final da leitura deste capítulo o leitor será capaz de:
- Explorar a técnica de ultrassonografia e suas aplicabilidades na UTI como recurso fisioterapêutico, e utiliza-la na assistência diária dos pacientes.
- Conhecer uma nova forma de avaliar a musculatura do sistema respiratório utilizando a ultrassonografia.
- Reconhecer, a partir das imagens, o funcionamento e as modificações da musculatura respiratória e das estruturas do sistema respiratório.

CONCEITO DE ULTRASSONOGRRAFIA

A ultrassonografia é um método não invasivo que pode contribuir na determinação do diagnóstico clínico, o qual num passado não muito distante era somente confirmado após a realização de uma laparoscopia exploratória. Seu uso permite diagnosticar enfermidades que não são visíveis num exame clínico de rotina e que não podem ser determinadas pela palpação.³⁻⁵ Por meio de imagens ultrassonográficas durante a contração muscular, podem-se avaliar modificações no contorno e na geometria dos músculos, permitindo assim, o registro da espessura muscular.^{6,7}

Inicialmente este método diagnóstico era aplicado a nível ambulatorial ou nas unidades de internação, porém seu uso tem se tornado cada vez mais popular na gestão cotidiana dos pacientes críticos. Ainda, apresenta-se como uma ferramenta segura e útil na avaliação em unidades de terapia intensiva, podendo ser utilizada para visualizar a

região torácica, abdômem e estruturas dos vasos sanguíneos. Ainda, mais recente a ultrassonografia em modo M vem sendo utilizada para avaliar a cinética do diafragma.^{8,9}

A viabilidade desta técnica se dá por não ser invasiva e pode ser executada a beira leito, não sendo necessário o transporte do paciente para outro setor, nem mesmo a causar uma exposição deste a radiação, considerando que as limitações impostas pelo aparelho no padrão da imagem são escassas.^{8,9}

Dentro da área de atuação do fisioterapeuta em terapia intensiva, a avaliação e reavaliação realizada através da ultrassonografia na beira leito tem sido muito reconhecida, principalmente devido a praticidade de realização e por ser um parâmetro objetivo de observação dos resultados e das técnicas a serem aplicadas.

Além da ultrassonografia da estrutura musculoesquelética, ela é frequentemente utilizada para o diagnóstico e acompanhamento da evolução de diversas doenças pulmonares.

Os princípios do ultrassom pulmonar estão listados abaixo:

Pode ser realizado utilizando um equipamento simples, na região torácica, com objetivo de avaliar a presença de gás ou fluídos, já que podem estar localizados em regiões opostas ou estão sobrepostos. Quando em situações patológicas podem gerar uma imagem caracterizada por artefatos, já que o pulmão é um órgão muito volumoso e por isso a avaliação é mais eficaz quando dividido em regiões. Todos os sinais surgem a partir da linha pleural, e os sinais estáticos são os mais frequentes.^{1,2}



Figura 1: Equipamento de ultrassonografia portátil. Fonte: acervo dos autores.

APLICAÇÕES DA ULTRASSONOGRAFIA COMO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE PACIENTES CRÍTICOS

A técnica de Ultrassonografia pode ser utilizada na avaliação das condições estruturais e funcionais dos músculos periféricos, bem como nos músculos respiratórios considerados vitais, como o diafragma.

Para Caifeng Li e colaboradores¹⁰ em revisão sistemática realizada, indicaram que a ultrassonografia diafragmática pode ser um maneira confiável, não invasiva e conveniente de prever a reintubação dentro de 48 horas após a extubação. No entanto, devido a heterogeneidades entre os estudos incluídos, os profissionais devem ser cientes das utilidades e limitações desta ferramenta.

Arshad Hayat e colaboradores¹¹ estudaram a excursão diafragmática por meio de ultrassonografia no sucesso do desmame da VM, e encontraram que este é um bom método para prever o resultado do desmame, pois é facilmente disponível e não é invasivo.

Para Sellares J e colaboradores¹² a avaliação ultrassonográfica do diafragma em pacientes críticos ganhou recente admiração em relação a medida da excursão do diafragma em pacientes que estão em respiração espontânea.

Jiang e colaboradores¹³ realizaram uma avaliação ultra-sonográfica em modo B para avaliar os movimentos do diafragma através do deslocamento do fígado / baço durante o ciclo respiratório. O exame provou ser um bom preditor para a extubação dos pacientes que estavam em ventilação mecânica. Usando um valor médio de corte de 1,1 cm na movimentação do fígado/baço, houve sensibilidade e especificidade para prever, a extubação bem sucedida de 84,4 e 82,6%, respectivamente, nos parâmetros tradicionais utilizados no desmame, que são o índice de respiração rápida e superficial (IRRS) e pressão inspiratória máxima (Pi_{max}). Pacientes que apresentaram volume de ar corrente espontâneo adequado, mas que pequena excursão diafragmática falharam na extubação em comparação com pacientes que tinha bom movimento diafragmático associado a adequado volume de ar corrente.

Kim e colaboradores¹⁴ investigaram a disfunção diafragmática diagnosticada por ultra-sonografia em modo M (Excursão vertical ≥ 10 mm ou movimentos paradoxos) em 88 pacientes que estavam numa unidade de terapia intensiva, e encontraram uma

prevalência na disfunção do diafragma em 29% dos indivíduos avaliados, onde os pacientes que apresentaram uma alteração na mobilidade do diafragma tiveram tempos de desmame mais longos, bem como o tempo de ventilação total. Os autores também sugerem que a ultra-sonografia do diafragma pode ser uma ferramenta muito útil na identificação dos pacientes que possuem uma dificuldade muito elevada no desmame. No entanto, o papel da excursão diafragmática como preditor do resultado da extubação no processo de desmame ainda necessita ser melhor avaliado.

Técnicas utilizadas na beira do leito para avaliar a estrutura dos músculos respiratórios, especialmente o diafragma, podem ser utilizadas para detectar a funcionalidade muscular e permitir a elaboração de estratégias preventivas ou curativas, onde a ultrassonografia apresenta ser uma das mais interessantes.¹⁵

ULTRASSONOGRAFIA DO MÚSCULO DIAFRAGMA

O diafragma é o principal músculo respiratório. Com um excursão de 1 a 2 cm, o diafragma fornece quase 75% da ventilação pulmonar em repouso, enquanto que durante a respiração forçada, sua amplitude varia de 7 a 11 cm. No entanto, o diafragma é vulnerável a situações clínicas importantes, como a hipotensão, hipóxia e sepse, momentos muito comuns encontrados em indivíduos críticos.

A avaliação sonográfica do diafragma recentemente começou a ganhar popularidade nas unidades de terapia intensiva, sendo utilizada como teste específico da função diafragmática. O movimento diafragmático anormal é observado em condições como lesão do nervo frênico, doenças neuromusculares, bem como após cirurgia abdominal ou cirurgia cardíaca^{16,17} e em pacientes que utilizam a Ventilação mecânica invasiva.^{18,19} O diafragma desempenha um papel principal na respiração espontânea e a avaliação da cinética muscular é essencial para elaborar um plano de tratamento adequado.

Durante o suporte ventilatório parcial um cateter com ponta de balão é tradicionalmente usado para medir a pressão esofágica e gástrica, com a finalidade de avaliar o esforço inspiratório dos pacientes. Estudos em voluntários saudáveis e também em pacientes que estão em ventilação mecânica confirmam que a ultra-sonografia diafragmática no modo M fornece uma imagem das mudanças que ocorrem na pressão esofágica.¹⁵ A ultrassonografia pode avaliar as características do diafragma, como o

movimento, a amplitude, a força e a velocidade de contração, além da espessura durante a ins e expiração. Estes parâmetros avaliados podem fornecer informações valiosas na avaliação e acompanhamento de pacientes com fraqueza ou paralisia diafragmática, bem como a interação do paciente-ventilador interações durante os ciclos respiratório, principalmente no entendimento de situações como o momento pós-operatório e/ou sucesso/falha no desmame da ventilação mecânica.¹⁵

EXCURSÃO DIAFRAGMÁTICA

A excursão deve ser medida através de ultra-som usando uma sonda curvilínea de baixa frequência (3,5 MHz) ao longo da linha axilar esquerda posterior e direita anterior e medindo os deslocamentos do fígado e do baço, respectivamente. Para reduzir o viés do observador, a avaliação deve ser feita por pelo menos dois examinadores treinados. As marcas devem ser colocadas no máximo margens caudais do fígado e baço no final da expiração e inspiração. Distância entre eles define a excursão diafragmática (DE) do baço e fígado. A DE média deve ser calculada em cm após o registro do deslocamentos máximos em cinco ciclos respiratórios. As medições devem ser realizadas na posição supina durante a respiração silenciosa, excluindo ocasionalmente respirações superficiais.²⁰

Para avaliar a excursão diafragmática, uma breve gravação (5-10 min) durante a respiração espontânea e a desconexão do ventilador é necessária.²¹ Para esta medida a sonda curvilínea é a mais adequada. A posição da sonda é imediatamente inserida abaixo da margem costal direita ou esquerda na linha médio-clavicular, ou na axilar anterior direita ou esquerda a sonda deve ser dirigida medialmente, cefálica e dorsalmente. O modo B do ultrassom é utilizado para visualizar a estrutura muscular, e o modo M para realizar a mensuração (espessura do músculo).

A excursão inspiratória de diafragma é a amplitude entre o início da curva de inspiração e o ápice da inclinação. É sempre maior nos homens do que nas mulheres, e maior na posição supina do que na sentada ou nas posições em pé. Não há correlação significativa com a idade. A faixa normal de excursão diafragmática durante a respiração tranquila é de $1,8 \pm 0,3$ centímetros (cm) nos homens e $1,6 \pm 0,3$ cm nas mulheres. Durante a respiração profunda, a faixa normal para os homens aumenta para $7,0 \pm 0,6$ cm e nas mulheres aumenta para $5,7 \pm 1,0$ cm.²²

As medições de excursão no modo M devem ser sempre estritamente perpendicular em relação ao meio ou parte posterior do diafragma.²⁰ No modo M, a excursão (deslocamento, cm) do diafragma, a velocidade de contração (inclinação, cm/s), o tempo inspiratório (T_{insp}/s) e a duração do ciclo (T_{tot}/s) podem ser mensurados.²³

Em um grande estudo que avaliou a excursão diafragmática em voluntários saudáveis, Boussuges (2009) encontrou que a reprodutibilidade intra-observador foi de 96 e 94%, e a reprodutibilidade inter-observador de 95 e 91%, durante a pausa respiratória do diafragma direito e esquerdo, respectivamente. A reprodutibilidade intra-observador e inter-observador (coeficientes de correlação intra-classe) do diafragma e as medidas de excursão relatadas em pacientes com UTI foram encontrados na mesma faixa, entre 88 e 99%.^{16,19}

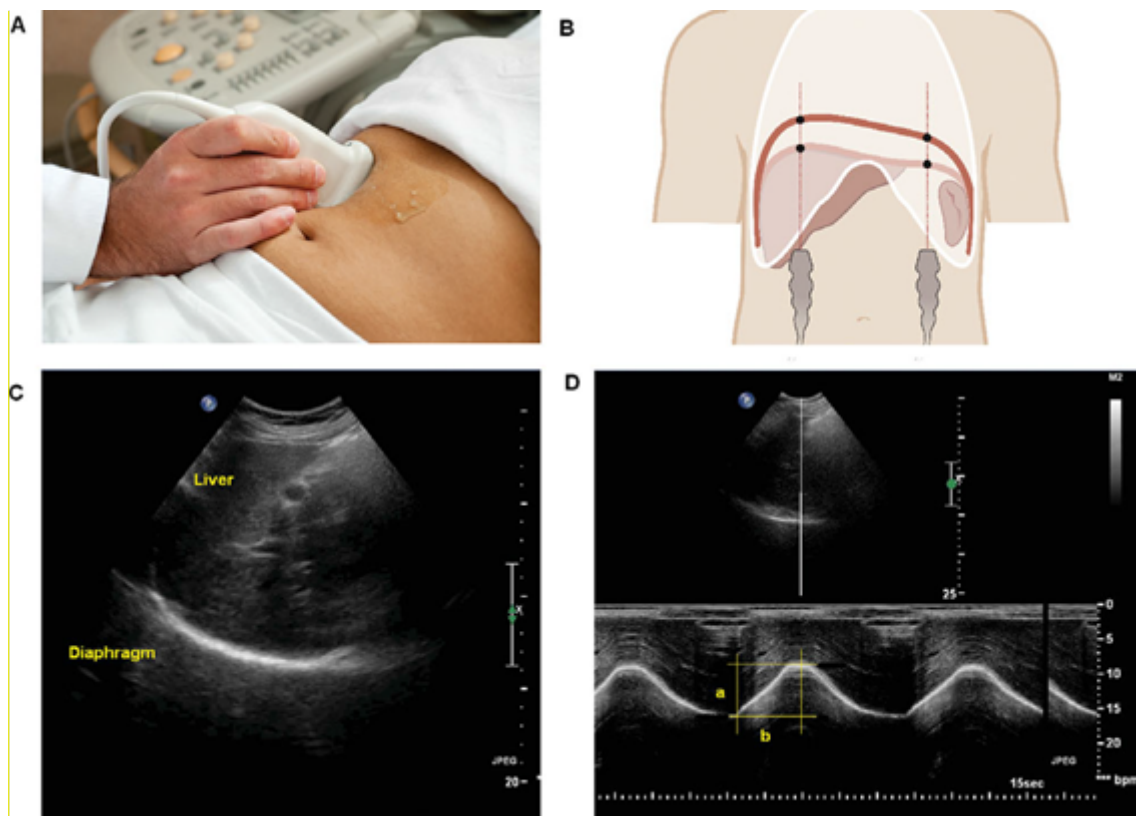


Figura 2: A. Posição da sonda para avaliação da mobilidade diafragmática; B. Posição anatômica do diafragma; C. Imagem ultrassonográfica estática do diafragma; D. Imagem ultrassonográfica em modo M da curva inspiratória e expiratória de um indivíduo saudável, Fonte: acervo do autor (adaptada).

ESPESSURA DIAFRAGMA

A avaliação da espessura do músculo diafragma tem como objetivo principal a avaliação da fraqueza ou paralisia diafragmática, onde ainda é possível observar a assincronia paciente-ventilador, o tempo de desmame da ventilação mecânica e teste a beira do leito para a paralisia diafragmática.

Outra importante função da avaliação diafragmática a beira leito é a indicação de alterações relacionadas a fraqueza ou paralisia do diafragma, sendo utilizados como ponte de corte: espessura para saudáveis entre 0,22 e 0,28cm, paralisia diafragmática entre 0,13 e 0,19 e atrofia diafragmática abaixo de 0,2cm. Segundo Sachetti e colaboradores²⁸, para a ultrassonografia da espessura muscular os pacientes devem ser posicionados em decúbito dorsal, a sonda embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele e deve ser posicionada perpendicular ao diafragma, do lado dominante do paciente, no espaço intercostal sobre a décima costela na linha anteroaxilar (figuras 3 e 4).

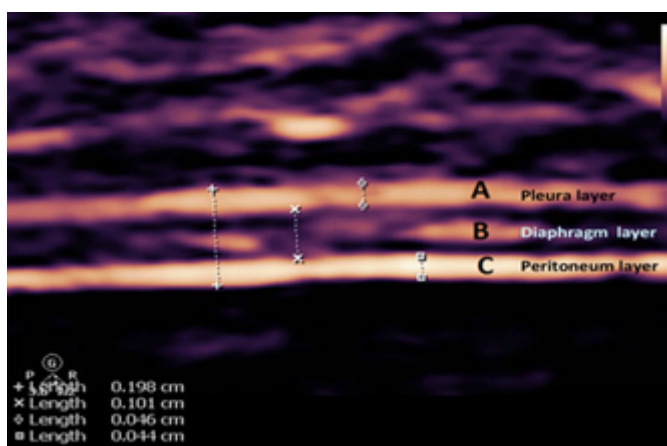


Figura 3. Imagem estática ultrassonográfica de um músculo diafragma demarcado pelas bordas superior (pleura) e bora inferior (peritônio). Fonte: Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. Intensive Care Med 2013; 39(5): 801-810.



Figura 4. Posicionamento da sonda para medição da espessura muscular do diafragma. Fonte: acervo dos autores. Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. Intensive Care Med 2013; 39(5): 801-810.

ULTRASSONOGRAFIA DE MUSCULOS PEITORAIS

Os principais músculos inspiratórios são o diafragma e os intercostais externos. Os músculos acessórios são os músculos peitoral maior e menor, os esternocleidomastóideos e os escalenos. Quando as inserções extratorácicas dos músculos peitoral maior e menor, serrátil anterior e trapézio estão fixadas, a contração desses músculos ajudam na inspiração forçada pelo aumento do diâmetro do tórax.^{25,26}

No estudo de Sachetti e colaboradores²⁸, o primeiro a avaliar musculatura acessória da respiração através de ultrassonografia, a avaliação da espessura muscular dos músculos peitorais foi realizada com os sujeitos posicionados em decúbito dorsal, cabeça a 30° e por meio de uma sonda (3,5mm) de arranjo linear. A sonda deve ser embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele. Os pontos para coleta, bem como os pontos anatômicos podem ser melhor visualizados nas figura 5 e 6.

Para avaliar o músculo peitoral primeiramente deve ser identificado o ponto médio do esterno. A partir deste ponto a sonda deve ser posicionada de forma oblíqua em direção à linha mamilar do lado dominante buscando-se a orientação do maior ventre muscular. Assim, para a avaliação da espessura muscular, devem ser feitas medidas entre a borda interna das aponeuroses superior e inferior dos músculos peitorais e reto abdominal, seguindo as orientações de Gomes e colaboradores, 2010.²⁷



Figura 5. Imagem do posicionamento da sonda para avaliação do peitoral maior. Fonte: acervo dos autores.



Figura 6. Imagem ultrassonográfica do músculo peitoral maior. Fonte: acervo dos autores.

ULTRASSONOGRAFIA DO MUSCULOS RETO ABDOMINAL

Os músculos expiratórios estão localizados na parede abdominal, composto pelo reto do abdominal, os oblíquos interno e externo e o transversos do abdome. Quando esses músculos se contraem a pressão intra-abdominal se eleva e o diafragma é empurrado para cima. Os músculos intercostais internos auxiliam na expiração ativa, tracionando as costelas para baixo e para dentro, fazendo movimentos opostos à ação dos músculos intercostais externos, diminuindo assim o volume torácico. Dessa forma, diminuem os espaços intercostais a fim de impedir que se tornem salientes durante o esforço abdominal.²⁶

Para medir o músculo reto abdominal deve ser adotada a medida de 2 centímetros lateral a cicatriz umbilical do lado dominante do paciente (figuras 7 e 8).²⁷

No estudo de Sachetti e colaboradores²⁸, os autores observaram que quanto maior a espessura do músculo peitoral, maior também é espessura do reto-abdominal, onde 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 pode ser realizado uma influência positiva sobre a mobilidade diafragmática.

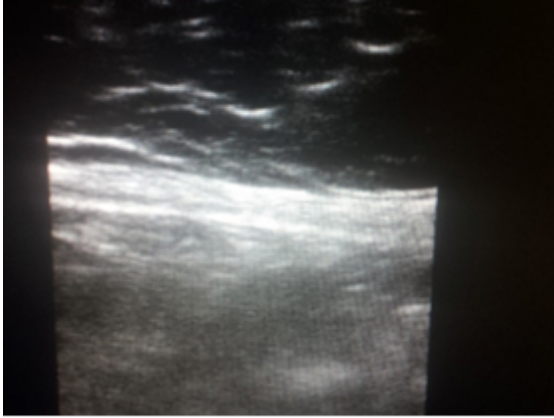


Figura 7. Imagem ultrassonográfica estática do músculo reto abdominal de um paciente crítico. Fonte: acervo pessoal do autor.



Figura 8. Local de posicionamento da sonda para avaliação do músculo reto abdominal. Fonte: acervo pessoal do autor.

AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA DO TECIDO PULMONAR

Para avaliar o tecido pulmonar por meio da ultrassonografia pode ser utilizado um equipamento simples, onde na presença de gás ou fluídos é visualizado uma imagem diferenciada, pois o pulmão é um órgão muito volumoso, predominantemente preenchido por ar. A avaliação é mais eficaz quando o mesmo é dividido em regiões, partindo da linha pleural.^{2;3}.

A superfície pulmonar normal (Figura 9) associa o deslizamento pulmonar com repetições horizontais da linha pleural, denominada Linhas A. Eles indicam gás (fisiológico ou livre). O deslizamento é um movimento de vaivém na linha pleural. O deslizamento pulmonar indica que a linha pleural também contém a pleura visceral. Esse fenômeno é fisiologicamente mais discreto nas partes superiores, e pode ser muito

discreto ou estático em condições patológicas.^{29,32} Alguns artefatos, especialmente que interfiram na impedância de leitura do probe podem tornar o deslizamento pleural difícil de distinguir.

A acurácia do diagnóstico através do exame físico é limitada e é dependente da quantidade de líquido entre as pleuras. O diagnóstico nesse método é muito desfavorecido quando o derrame pleural é menor que 300 ml. Uma revisão sistemática mostrou que a melhor forma de identificar o derrame pleural e através do exame físico utilizando a percussão torácica, embora possa ser uma técnica extremamente limitada em pacientes obesos.³⁰

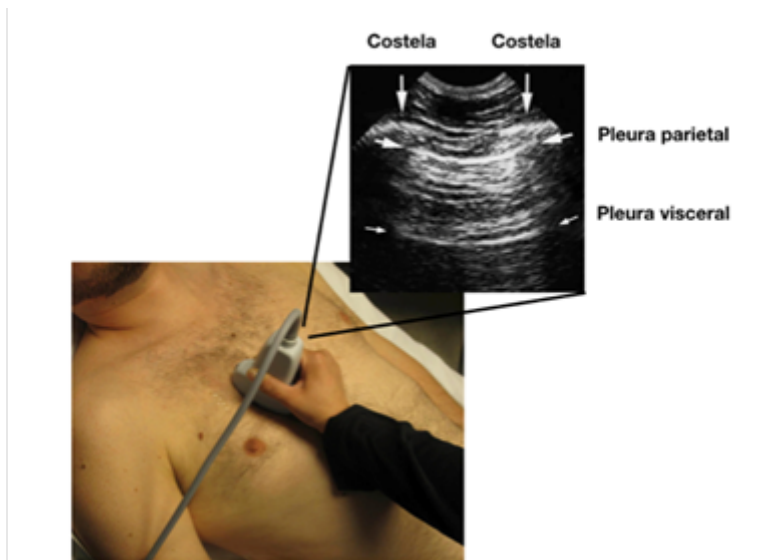


Figura 9: As linhas verticais estão apontadas para as costelas e as linhas horizontais demonstram as pleuras parietal e visceral.
Fonte: acervo dos autores.

DERRAME PLEURAL

O derrame pleural é uma condição relativamente comum em pacientes hospitalizados, está presente em aproximadamente 44% a 57% dos pacientes com pneumonia bacteriana e 62% em pacientes internados em unidades de terapia intensiva (UTI). São geralmente associados com insuficiência cardíaca, pneumonia, câncer, tromboembolismo pulmonar doenças virais e cirrose com ascite. A sintomatologia da derrame pleural é inespecífico, mas geralmente cursa com o processo da doença de base e pode causar tosse, dispnéia e dor pleurítica.^{29,32}

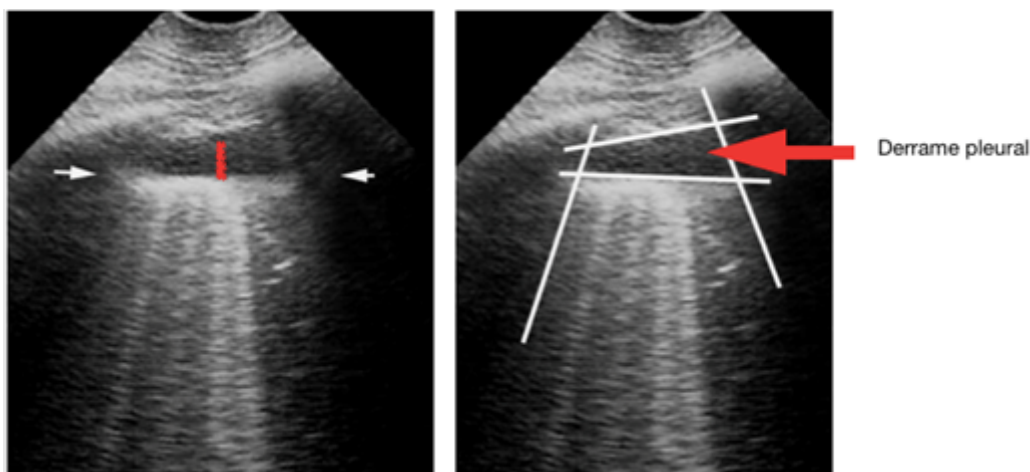


Figura 10: A esquerda as setas demonstram a pleura visceral com distância maior do que o normal em relação a pleural parietal, a direita o espaço entre os traços demonstram o exato ponto onde está o derrame pleural. Fonte: acervo dos autores.

CONSOLIDAÇÃO PULMONAR

A consolidação pulmonar é um achado comum em pacientes com pneumonia. Consolidações pulmonares são distúrbios de fluídos e, portanto, são sensíveis ao ultra-som. Consolidações pulmonares podem surgir em qualquer local, tornando a sensibilidade ao ultra-som dependente do sítio e tamanho.³¹⁻³⁶ Em pacientes críticos as consolidações são não-translúcidas ou translobar, distinção importante porque isso gera diferentes sinais, cada um bastante específico (Figura 11). O sinal de não transladar (na maioria dos casos) é o sinal de destruição: a fronteira entre pulmão consolidado e aerado é irregular, totalmente oposta à linha do pulmão. O sinal de consolidação translobar é o sinal semelhante a tecido: semelhante ao tecido hepático. Ambos os sinais permitem uma sensibilidade de 90% e Especificidade de 98%. Outros sinais estão reservados para situação muito específicas.^{29,32,36}

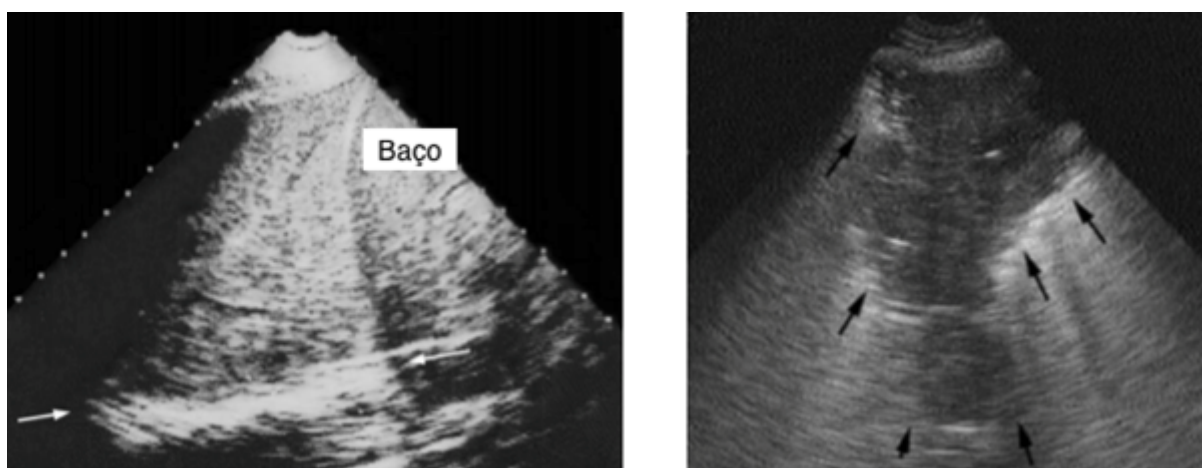


Figura 11: A esquerda uma grande massa de consolidação esta localizada no lobo inferior esquerdo, próximo ao baço, apresenta desareação do tecido pulmonar nesse lobo (não translúcido). A direita é possível observar uma área de consolidação que não invade o tecido do lobo médio direito completamente, o tecido consolidado gera uma imagem de borda em relação ao parênquima pulmonar que continua aerado (Translobar). Fonte: acervo dos autores.

SINDROME INTERSTICIAL

A síndrome intersticial é um distúrbio raramente reconhecido com métodos de diagnóstico usuais. A definição atualizada da linha B requer três critérios consistentes. A linha B é sempre um artefato de cauda de cometa, sempre surge da linha pleural, e sempre se move em harmonia com o deslizamento do pulmão.^{29,32,34,36} É quase sempre longo, bem definido, hiperecoico, apagando as linhas A (Figura 12). Esta definição distingue-a de todos os outros artefatos de cauda de cometa. Resumidamente, o ar e a água são atingidos simultaneamente por feixes de ultra-som, como ocorre quando os septos interlobulares subpleurais estão edemaciados. Três ou mais linhas B entre duas costelas são chamadas de foguetes de pulmão.^{29,32,36} Os foguetes pulmonares correlacionam-se com a síndrome intersticial com 93% de acurácia, utilizando-se como referência as alterações radiográficas intersticiais alveolares e a acurácia padrão ouro completa pela tomografia computadorizada. Até 3–4 linhas B são chamadas de foguetes septais.³¹ Duas vezes mais, chamados foguetes de vidro fosco, correlacionam-se com áreas em vidro fosco.³⁰⁻³³

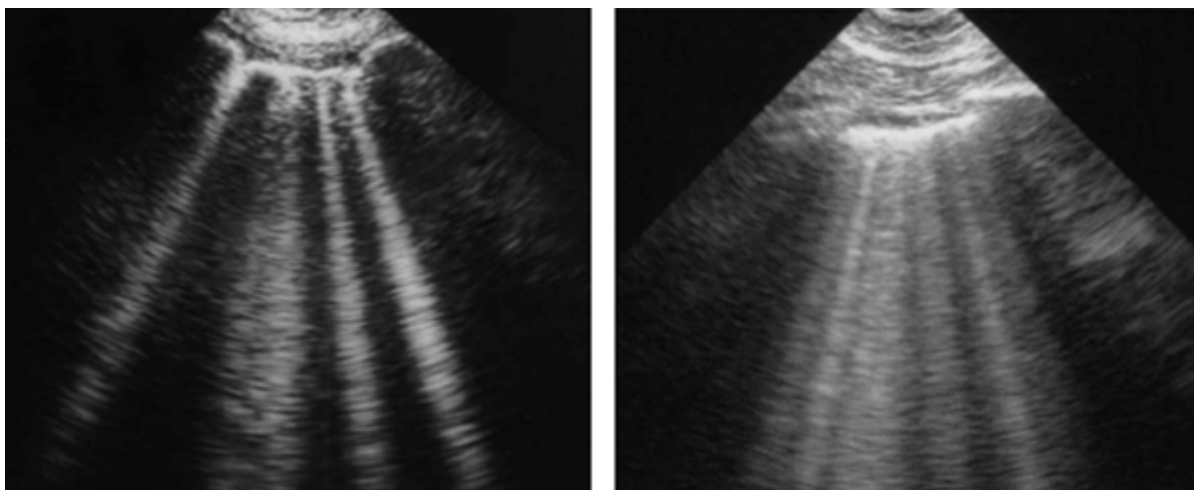


Figura 12: Síndrome intersticial e os foguetes pulmonares. Dois exemplos de síndrome intersticial. À esquerda: quatro ou cinco linhas B são visíveis, chamadas foguetes de pulmão (aqui foguetes septais que se correlacionam com septos interlobulares subpleurais espessados). A direita: duas vezes mais linhas-B, chamadas de foguetes de vidro fosco. Dois exemplos de edema pulmonar. Fonte: acervo dos autores.

CONCLUSÃO

Através deste capítulo podemos explorar as múltiplas formas de utilizar o ultrassom na prática diária, e no contexto da fisioterapia é uma ferramenta que possui grande potencial diagnóstico e avaliativo, principalmente para a função dos músculos respiratórios, o que contribui para aprimorar as técnicas fisioterapêuticas utilizadas no dia a dia em pacientes internados em unidade de terapia intensiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G. Lung Ultrasound for Critical Care Physiotherapists: A Narrative Review. *Physiother Res Int*. 2015;20(2):69–76.
2. Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill. *Curr Opin Crit Care*. 2014;20(3):315–22.
3. Hayward SA, Janssen J. Use of thoracic ultrasound by physiotherapists: a scoping review of the literature. *Physiother (United Kingdom)*. The Chartered Society of Physiotherapy; 2018;
4. Oliveira DM; Viana DC; Santos AC; Hagen S; Assis-Neto AC. Estudo anatômico dos rins através da técnica de ultrassonografia. In *Semana Científica Benjamin Eurico Malucelli*, 10., 2012, São Paulo, 2012, p.33.
5. Oliveira LC. Influência do enxerto de tecido adiposo autógeno no reparo ósseo de defeitos de tamanho crítico: estudo histológico e histométrico em calvário de coelhos. 2011, 54p. Dissertação (Mestrado em odontologia clínica). Universidade Positivo, Curitiba, 2011.
6. Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscle in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*, v.29, n.22, p.2560-2566, 2004.
7. Teyhen DS; Gill NW; Whittaker JL; Henry SM; Hides JA; Hoges P. Rehabilitative ultrasound imaging of the abdominal muscles. *The journal of orthopaedic Sports Physycal Therapy*, v.37, n.8, 9.450-466, 2007.
8. Beaulieu Y, Marik PE (2005) Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest* 128:881–895.
9. Beaulieu Y, Marik PE (2005) Bedside ultrasonography in the ICU: part 2. *Chest* 128:1766–1781.

10. Li Caifeng, Xin Li, Hongqiu Han, Hailong Cui, Guolin Wang, Zhiqiang Wang. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning A meta-analysis. *Medicine* (2018) 97:22.
11. Arshad Hayat, Aslam Khan, Amir Khalil, Asma Asghar. Diaphragmatic Excursion: Does it Predict Successful Weaning from Mechanical Ventilation? *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan* 2017, Vol. 27 (12): 743-746.
- 12 .Sellares J, Ferrer M, Cano E, Loureiro H, Valencia M, Torres A. Predictors of prolonged weaning and survival during ventilator weaning in a respiratory ICU. *Intensive Care Med* 2011; 37: 775-84.
13. Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, Yu CJ, Wu HD, Yang PC (2004) Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome. *Chest* 126:179–185
14. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM (2011) Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 39:2627–2630
15. Dres, Martin; Goligher Ewan C; Heunks Leo MA; Brochard Laurent J. Critical illness-associated diaphragm weakness. *Intensive Care Medicine* 43(5), September 2017.
16. Lerolle N, Guerot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, Diehl JL (2009) Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest* 135:401–407
17. Diehl JL, Lofaso F, Deleuze P, Similowski T, Lemaire F, Brochard L (1994) Clinically relevant diaphragmatic dysfunction after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 107:487–498.
18. Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose K (2012). Diaphragm muscle thinning in mechanically ventilated patients. *Chest*: PMID: 22722229
19. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM (2011) Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 39:2627–2630
20. Khanna AK. Weaning from prolonged mechanical ventilation: The complete picture. *Indian J Anaesth* 2012; 56:102-3.
21. Papanikolaou J, Makris D, Saranteas T, Karakitsos D, Zintzaras E, Karabinis A, et al. New insights into weaning from mechanical ventilation: left ventricular diastolic dysfunction is a key player. *Intensive Care Med* 2011; 37:1976-85.

22. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax* 2014; 69:423-7.
23. Boussuges A, Gole Y, Blanc P (2009) Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest* 135:391–400
24. Lerolle N, Guerot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, Diehl JL (2009) Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest* 135:401–407.
25. Machado, M,G,R. Bases da fisioterapia respiratória: terapia intensiva e reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 2012.
26. Sarmiento, G,J,V. O ABC da Fisioterapia Respiratória. Barueri, SP: Manole, 2009.
27. Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP, Carlos Antonio Barbosa Montenegro. Confiabilidade da Medida de Espessuras Musculares pela Ultrassonografia. *Rev Bras Med Esporte*. 2010; 16(1): 41-45.
28. Sachetti, Amanda; Dal’Acqua, Ana Maria; de Aguiar Lemos, Fernando; da Silva Naue, Wagner; Jurema dos Santos, Laura; Bianchi, Tanara; Simões Dias, Alexandre Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular sobre a mobilidade diafragmática de pacientes críticos: ensaio clínico randomizado *ConScientiae Saúde*, vol. 16, núm. 2, 2017, pp. 224-233
29. Soni NJ, Franco R, Velez MI, Schnobrich D, Dancel R, Restrepo MI, et al. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions. *J Hosp Med*. 2015;10(12):811–6.
30. Ñamendys-Silva SA, Garrido-Aguirre E, Romero-González JP, Mena-Arceo RG, Rojo del Moral O, González-Chon O. Pulmonary Ultrasound. *Ultrasound Q*. 2018;00(00).
31. Ellington LE, Gilman RH, Chavez MA, Pervaiz F, Marin-Concha J, Compen-Chang P, et al. Lung ultrasound as a diagnostic tool for radiographically-confirmed pneumonia in low resource settings. *Respir Med*. Elsevier Ltd; 2017;128:57–64.
32. Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill. *Curr Opin Crit Care*. 2014;20(3):315–22.
33. Tsung JW, Kessler DP, Shah VP: Prospective application of clinician-performed lung ultrasonography during the 2009 H1N1 influenza A pandemic: distinguishing viral from bacterial pneumonia. *Crit Ultrasound J* 2012, 4:16.

34. Lichtenstein D: BLUE-protocol. In Whole Body Ultrasonography in the Critically Ill. Edited by. Heidelberg, Berlin, New York: Springer-Verlag; 2010:189–202.
35. Ramsingh D. Lung Ultrasound in the Critically Ill. Anesth Analg. 2017;1.
36. Tenza-Lozano E, Llamas-Alvarez A, Jaimez-Navarro E, Fernández-Sánchez J. Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation. Crit Ultrasound J. Springer Milan; 2018;10(1)

QUESTÕES:

O principal músculo respiratório é chamado de diafragma e geralmente é afetado pelo tempo prolongado de ventilação mecânica, sofrendo fraqueza e paralisia. Qual (ais) a (s) técnica (s) de ultrassonografia mais adequada (s) para avaliar a presença dessa afecção?

Ultrassonografia intersticial

Ultrassonografia para espessura diafragmática

Ultrassonografia para espessura de reto abdominais e peitorais

Ultrassonografia para espessura e excursão (mobilidade) diafragmática

Resposta: letra d. Para avaliar a presença de paralisia diafragmática devemos observar o músculo em movimento e esta opção só acontece no Modo M do ultrassom durante a excursão ou mobilidade diafragmática

Na avaliação da mobilidade diafragmática, a imagem tem formato de:

Curva inspiratória e expiratória

Curva expiratória

Imagem transversal do músculo

Imagem longitudinal do músculo

Resposta correta: letra a. Na avaliação da mobilidade estamos vendo o movimento do músculo que realiza a inspiração e a expiração sendo demonstradas em format de curva.

Para detector a presença de atrofia diafragmatica, que técnica é melhor empregada e quais os valores indicativos desta afecção?

Espessura diafragmática – 0,5cm

Excursão diafragmática – 0,5cm

Espessura diafragmática – abaixo 0,2cm

Espessura diafragmática – acima de 0,2cm

Resposta correta: c. neste caso a atrofia vem em consequência da fraqueza do músculo que é representada pela redução da espessura diafragmática, sendo que a referência numérica $< 0,2$ cm comprova a perda estrutural e atrofia.

Quais os pontos de referência para posicionamento da sonda na avaliação do músculo peitoral maior?

Sonda oblíqua em direção à linha mamilar do lado dominante buscando-se a orientação de maior ventre muscular

Sonda oblíqua em direção à linha mamilar do lado dominante buscando-se a orientação de menor ventre muscular

Sonda oblíqua em direção à linha mamilar do lado não dominante buscando-se a orientação de maior ventre muscular

Sonda reta em direção à linha mamilar do lado dominante buscando-se a orientação de maior ventre muscular

Resposta correta letra a. O ponto de referência é a direção da linha mamilar e a escolha se dá pelo lado dominante, pois em um momento de perda muscular esta ocorre de forma mais rápida e intensa neste lado.

Qual o modo para avaliar o músculo abdominal, o músculo peitoral e a excursão diafragmática, respectivamente:

Modo M, Modo B, Modo M

Modo M, Modo M, Modo M

Modo B, Modo B, Modo B

Modo B, Modo B, Modo M

Resposta correta letra d. Para avaliar abdominal e peitoral a imagem será vista em movimento e para análise de forma estática por isso modo B. Já para excursão precisamos avaliar a curva em movimento sendo indicada uma gravação de algumas curvas para posterior escolha e análise, portanto só pode ser realizada no modo M.

6. A denominação correta para o deslizamento horizontal das pleuras é:

- a. Linhas C
- b. Linhas A
- c. Padrão consolidativo
- d. Vidro fosco

Resposta correta letra B. No pulmão o deslizamento é um movimento de vaivém na linha pleural. O deslizamento pulmonar indica que a linha pleural também contém a pleura visceral. Esse fenômeno é fisiologicamente mais discreto nas partes superiores e quando normal leva essa denominação.

7. O diagnóstico por meio do ultrassom está diretamente relacionado aos sinais clínicos dos pacientes, portanto quais são os sintomas que geralmente cursam com derrame pleural:

- a. Hemoptise, dispnéia e secreção rosácea
- b. Dispnéia, sibilos e dores musculares
- c. Ortopnéia, cianose e hemoptise
- d. Tosse, dispnéia e dor pleurítica

Resposta correta letra D. Quando ocorre acúmulo de líquido entre as pleuras os sintomas ocorrem porque é necessário que o paciente faça um esforço maior para respirar e isso pode acarretar em sinais de dispnéia e dor pleurítica, o quadro de derrame pleural pode ser por condições neoplásicas ou infecções, quando associado a infecção pode vir acompanhado de tosse com secreção.

8. A definição atualizada da linha B requer três critérios consistentes, quais são eles:

- a. sempre um artefato de cauda de cometa, sempre surge da linha pleural, e sempre se move em harmonia com o deslizamento do pulmão;
- b. sempre um artefato sem sinal específico, sempre surge da borda da costela, e sempre se move em harmonia com o deslizamento do pulmão;

c. sempre um artefato de cauda de cometa, sempre surge da linha pleural, e sempre se move no sentido contrário ao deslizamento do pulmão;

d. sempre um artefato com sinal translobar, sempre surge da borda da costela, e sempre se move em harmonia com o deslizamento do pulmão.

Resposta correta letra A. Os três critérios sempre precisam estar presentes para o diagnóstico de Linhas B e estão relacionados a presença de líquido nos campos pulmonares.

9. O diagnóstico por meio do ultrassom está diretamente relacionado aos sinais clínicos dos pacientes, portanto quais são os sintomas que geralmente cursam com derrame pleural:

- a. Hemoptise, dispnéia e secreção rosácea
- b. Dispnéia, sibilos e dores musculares
- c. Ortopnéia, cianose e hemoptise
- d. Tosse, dispnéia e dor pleurítica

Resposta correta letra D. Quando ocorre acúmulo de líquido entre as pleuras os sintomas ocorrem porque é necessário que o paciente faça um esforço maior para respirar e isso pode acarretar em sinais de dispnéia e dor pleurítica, o quadro de derrame pleural pode ser por condições neoplásicas ou infecções, quando associado a infecção pode vir acompanhado de tosse com secreção.

10. Em relação as Linhas B, o número de caudas de cometa necessário para o possível diagnóstico de vidro fosco:

- a. 3-4 linhas B septadas
- b. Duas vezes mais, cerca de 8-10 linhas B
- c. Três vezes mais, cerca de 12-16
- d. 1-2 linhas B septadas

Resposta correta letra B. Duas vezes mais linhas-B, chamadas de foguetes de vidro fosco, tanto as linhas B septadas quando os foguetes em vidro fosco estão relacionados a edema pulmonar, mas as diferenças sugerem a gravidade e comprometimento dos campos pulmonares.

Caso Clínico:

Paciente do sexo feminino, 47 anos, com diagnóstico de insuficiência cardíaca esquerda interna na Unidade de Terapia Intensiva após começar a sentir dispnéia aos mínimos esforços, tosse produtiva, febre e dor para respirar. No exame o médico o intensivista percebe que a paciente está taquipneica e a saturação periférica de oxigênio (SpO₂) está em 84%, decidindo então começar oxigenoterapia com óculos nasal a 5l/min, e em menos de 1 hora a paciente realizou um raio x de tórax que foi sugestivo de uma atelectasia em base pulmonar esquerda. Após avaliar a paciente através da ausculta pulmonar o fisioterapeuta encontra murmúrios vesiculares diminuídos em base pulmonar esquerda.

Foi iniciado o tratamento fisioterapêutico utilizando técnicas de compressão torácica com retardo expiratório frenolabial com o paciente em decúbito lateral direito, onde o paciente apresentava uma melhora do padrão ventilatório.

Como a paciente ainda persistia com dispnéia, tosse produtiva e febre, mas apresentou melhora na saturação periférica, passando de 84% para 92%, foi repetido um novo Rx de tórax, e a região da base pulmonar esquerda continuava com a atelectasia pulmonar.

Como as técnicas fisioterapêuticas utilizadas para corrigir a atelectasia não foram resolutivas, foi sugerido pela equipe realizar uma ultrassonografia para determinar o exato local da atelectasia.

Após análise da imagem a equipe concluiu que não se tratava apenas de uma atelectasia causada pela insuficiência cardíaca, mas de um volumoso derrame pleural de difícil diagnóstico pelo raio x, que não reduziu após a realização das técnicas fisioterapêuticas.

Assim, a partir do caso exposto verificou-se que o tratamento fisioterapêutico não modificou o quadro da atelectasia da base pulmonar esquerda apresentada pela paciente, pois não houve modificação da área afetada após o segundo Rx de tórax, mas que somente após a realização da ultrassonografia pulmonar pôde ser identificado a área específica do tecido pulmonar comprometido, e assim, a equipe optou por drenar o volumoso derrame pleural inserindo um dreno de tórax no local, o que de fato melhorou os sintomas apresentados pela paciente.

PRODUÇÃO 8 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

A utilização de escores prognósticos já é uma prática nas unidades de terapia intensiva e suas diversas aplicabilidades vem sendo estudadas. Nesse sentido, a autora analisou se os escores SAPS III e SOFA possuem acurácia para prever desfecho e, ainda, a comparabilidade entre eles, com o objetivo de posteriormente utilizá-los em seus manuscritos sobre a técnica de eletrodiagnóstico.

Obs.: manuscrito sem formatação específica, pois ainda não foi definida a revista para publicação.

ACURÁCIA DE ESCORES ADMISSIONAIS NA UTI: DESFECHO FINAL DO PACIENTE CRÍTICO

Amanda Sachetti

Juliana Nunes Ferreira

Janaína Pilau

Alexandre Simões Dias

RESUMO

A preconização do uso de escores prognósticos em terapia intensiva é de extrema importância e depende da validação dos mesmos para diferentes populações. Nesse sentido investigar a sensibilidade e especificidade dos mesmos proporciona a comprovação das previsões de desfecho final. Objetivo: comparar a acurácia de dois escores (SAPS III e SOFA) em uma população de pacientes críticos. Metodologia: estudo retrospectivo, 331 prontuários avaliados dentro das primeiras 48 horas e, extraídos valores de ambos os escores neste período bem como informações necessárias para caracterização da amostra. A análise estatística foi feita através do programa SPSS versão 21.0. Resultados: A maioria dos pacientes eram homens, em idade adulta e o principal diagnóstico de internação na UTI foi de ordem pulmonar. Os pacientes foram divididos em dois grupos, alta e óbito sendo que as medianas dos escores foram mais elevadas para o segundo grupo. Nesta amostra quanto maior o resultado de qualquer um dos escores, maior o risco de óbito. Avaliando a curva ROC para os escores estudados,

observa-se que o SOFA apresenta melhor acurácia quando comparado ao SAPS III. Ao avaliar por ponto de corte, o equilíbrio se dá em ≥ 8 para SOFA e ≥ 58 para SAPS III. Quanto a correlação destes com o tempo de internação da UTI o SOFA foi positivo. Conclusão: a comparabilidade entre os escores propicia uma terapêutica mais direcionada para a gravidade do caso desde o início da internação, promovendo determinação correta de recursos, gerenciamento de leitos e tratamento mais eficaz e precoce.

Palavras-chave: Escala SOFA, SAPS III, terapia intensiva, Prognóstico

ABSTRACT

The recommendation of the use of prognostic scores in intensive care is extremely important and depends on the validation of the same for different populations. In this sense, investigating their sensitivity and specificity provides the proof of the final outcome predictions. Objective: To compare the accuracy of two scores (SAPS III and SOFA) in a critical patient population. Methodology: retrospective study, 331 charts evaluated within the first 48 hours, and extracted values of both scores in this period as well as information needed to characterize the sample. Statistical analysis was done using SPSS software version 21.0. Results: The majority of the patients were men, in adulthood and the main diagnosis of ICU admission was pulmonary. The patients were divided into two groups, high and death, and the medians of the scores were higher for the second group. In this sample the higher the result of any of the scores, the greater the risk of death. Evaluating the ROC curve for the studied scores, it is observed that the SOFA presents better accuracy when compared to the SAPS III. When evaluating by cutoff, the balance is in ≥ 8 for SOFA and ≥ 58 for SAPS III. As for the correlation of these with ICU length of hospital stay, SOFA was positive. Conclusion: the comparison between the scores provides a more targeted therapy for the severity of the case from the beginning of hospitalization, promoting correct determination of resources, bed management and more effective and early treatment.

Key words: SOFA scale, SAPS III, intensive care, Prognosis

INTRODUÇÃO

A dimensão da gravidade do paciente crítico começou a ser estudada a partir do final do século passado, com a finalidade de avaliar a eficiência e qualidade do

tratamento empregado, além de prever o resultado do paciente internado em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (Carvalho L et al, 2012; Rapsang AG, Shyam DC et al, 2014). Os sistemas de pontuação de gravidade integram dados clínicos para estimar a probabilidade de mortalidade, estimar o desfecho dos pacientes depende de vários fatores presentes no primeiro dia na UTI e, posteriormente, no curso do paciente na terapia intensiva (Y. Sakr1et al, 2008).

O emprego de sistemas de pontuação como *SAPS 3 (Simplified Acute Physiology Score 3)* e *SOFA (Sequential Organ Failure Assessment)* são calculados a partir do somatório de escores numéricos que correspondem a alterações clínicas/laboratoriais do paciente, variações demográficas e/ou quantidade de procedimentos empregados. O sistema prognóstico SAPS 3 foi recentemente desenvolvido em coorte mundial, validado por 303 UTIs de 35 países. Ele é composto de 20 diferentes variáveis facilmente mensuráveis na admissão do paciente a UTI, ou seja, medidas exclusivamente das primeiras 24 horas, considerando-a triagem de admissão na UTI, é representada por escore fisiológico agudo e avaliação do estado prévio (Philipp G. H, 2005; Moreno RP, Edbrooke D., 2005; Keegan MT, Soares M, 2016).

Validado no Brasil em 2010, o SAPS 3 indica pacientes graves e determinar maiores cuidados no grupo que apresenta pontuação elevada, o menor valor atribuído pelo escore é 16 e o maior é 217 pontos (Silva Junior JM et al, 2010). As variáveis são divididas em três partes, variáveis demográficas, razões pela admissão na UTI e variáveis fisiológicas, representando o grau de comprometimento, avaliação do estado de saúde admissional à hospitalização, indicando a condição pré-morbidade (Philipp G. H, 2005; Moreno RP, Edbrooke D., 2005; Keegan MT, Soares M, 2016).

Outro índice prognóstico também bastante utilizado em UTI é o SOFA, este descreve quantitativamente o grau de disfunção orgânica e avalia morbidade em pacientes críticos sépticos, nele analisa-se seis sistemas orgânicos, que são: Respiratório, Hematológico, Hepático, Renal, Cardiovascular e Neurológico. A pontuação do SOFA deve ser calculada 24h após admissão na UTI e a cada 48h durante a internação. A média e as pontuações mais altas são os preditivos de mortalidade, ou seja, o gradiente do SOFA é empregado como preditor de mortalidade, calculado pela diferença entre o SOFA máximo e o SOFA realizado na admissão (Keegan MT, Soares M, 2016; Nogueira P et al, 2013).

O SOFA é obtido por meio de um esquema de pontuação que atribui 1 a 4 pontos, utilizando variáveis como contagem de plaquetas, bilirrubina, índice de oxigenação uso de fármacos vasoativos, escala de coma de Glasgow e creatinina. Quanto maior a nota, maior é a falência do órgão ou sistema avaliado, escore elevado durante as primeiras 96 horas se associa com maior risco de óbito (Keegan MT, Soares M, 2016; Nogueira P et al, 2013). Com base nos escores, averiguar a equivalência e sensibilidade dos mesmos em pacientes admitidos em uma UTI de um hospital público, torna-se mais relevante, buscando quantificar os benefícios do tratamento clínico multidisciplinar e multiprofissional, bem como abrangendo tecnologias e proporcionando melhorias no atendimento ao paciente crítico.

A possibilidade de identificar os pacientes que terão maior chance de sobreviver em relação àqueles que terão maior probabilidade de morrer é fundamental para o fim de serem adotadas estratégias avançadas ou conservadoras, sempre à luz da observação clínica⁴. Esses parâmetros podem ser úteis não só na avaliação do prognóstico dos pacientes em casos de internação, como também para o entendimento da eficiência das condutas empregadas nas diversas UTI (Moreno RP, Edbrooke D, 2005; Keegan MT, Soares M, 2006). Contudo, o objetivo do presente estudo é comparar a mortalidade prevista pelos escores SAPS 3 e SOFA com a mortalidade real nesta amostra.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo de coorte retrospectiva, de caráter observacional e quantitativo, realizado por meio de consulta à prontuários dos pacientes internados na UTI de um hospital de grande porte do norte do estado do Rio Grande do Sul. Nesta instituição, a unidade conta com 18 leitos adultos, mesclados entre convênio e sistema único de saúde. A população do estudo foi composta por pacientes adultos, ambos os sexos, internados na UTI no período de julho à dezembro de 2018. Foram excluídos prontuários de pacientes que permaneceram menos de 24 horas internados na UTI.

Os dados foram coletados pelo arquivamento de prontuários eletrônico e sistema informatizado da instituição, mediante aprovação no Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) parecer N° 2.181.746 e autorização local para realização da mesma seguindo a Resolução n° 466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde.

Os dados coletados foram guiados por meio de um formulário padrão que continha dados socioeconômicos e demográficos, identificação, diagnóstico na internação e parâmetros admissionais da UTI, escores de gravidade e mortalidade (SOFA e SAPS 3), co-morbidades associadas, dias de permanência na UTI e desfecho. Os dados de identificação dos pacientes foram mantidos em sigilo sendo removidos do banco de dados para a condução da análise estatística. Foram coletados apenas os dados disponíveis nos prontuários sendo que não foi realizado contato com pacientes ou familiares. O motivo da internação aceito foi aquele indicado pelo médico que admitiu o paciente na unidade. Descreveu-se ainda a etiologia da doença de base (cardiovascular, metabólica, neurológica, respiratória, gastrintestinal, renal, hematológica e geniturinária) e a gravidade do paciente foi quantificada pelos escores SAPS 3 e o SOFA os quais foram calculados a partir dos dados do prontuário eletrônico das primeiras quarenta e oito horas de interação na UTI.

As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão ou mediana e amplitude interquartílica. As variáveis categóricas foram descritas por frequências absolutas e relativas. Para comparar médias, o teste *t-student* foi aplicado. Em caso de assimetria, utilizou-se o teste de *Mann-Whitney*. Na comparação de proporções, os testes qui-quadrado de *Pearson* ou exato de *Fisher* foram aplicados.

Para determinar as propriedades diagnósticas e o melhor ponto de corte para SAPS 3 e SOFA, a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) foi utilizada. A associação entre os escores SOFA e SAPS III foi avaliada pelo coeficiente de correlação de *Spearman*. Para controle de fatores confundidores, o modelo de Regressão de *Poisson* foi utilizado.

Entraram no modelo multivariado as variáveis que apresentaram um valor $p < 0,10$ na análise bivariada. Para evitar o efeito de multicolinearidade (forte associação entre as variáveis independentes), algumas variáveis foram excluídas do modelo final. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) e as análises foram realizadas no programa SPSS versão 21.0.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado no programa WinPEPI (Programs for Epidemiologists for Windows) versão 11.43 e baseado em um estudo piloto com 20 pacientes. Considerando um nível de significância de 5%, poder de 80% e uma diferença de 50% na incidência de óbito conforme categorias da escala SOFA, obteve-se um total mínimo de 38 pacientes e, para a escala SAPS 3 foi de 44 pacientes.

RESULTADOS

A amostra total do estudo foi de 369 pacientes, conforme fluxograma (Figura 1), porém ao aplicar os critérios de elegibilidade foram analisados 331 prontuários. Destes, 149 foram à óbito (45%). A idade média dos indivíduos estudados foi de 57 ± 18 anos. Não havendo diferença significativa apesar de se constatar maior média de idade no grupo que incorreu em óbito, conforme caracterização da amostra na Tabela 1.

A prevalência de gênero foi para masculino 183 (52,3%) e o principal diagnóstico de internação na UTI foi de origem pulmonar 56 (16,9%), destes 37 foram à óbito mostrando correlação estatisticamente significativa entre óbito e alta (tabela 1). Em contra partida, a entrada na UTI por origem cardíaca, mostrou que 43 dos 49 pacientes obtiveram alta hospitalar, resultando em correlação importante. Ao analisar as comorbidades, as de origem cardiovascular foram as mais frequentes. Não houve diferença estatística no tempo de estadia na UTI comparando os indivíduos que tiveram alta ou óbito ($p=0,059$) (Tabela 1).

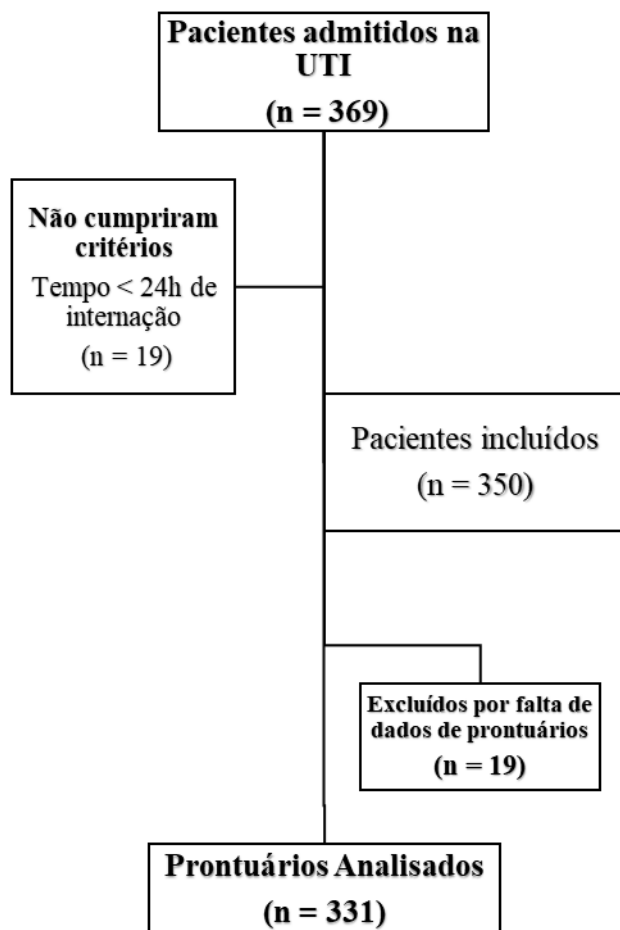


Figura 1. Fluxograma do estudo

Tabela 1. Caracterização da amostra

Variáveis	Amostra total (n=331)	Alta (n=182; 55%)	Óbito (n=149; 45%)	p
Idade (anos) – média ± DP	58,7 ± 18,5	56,0 ± 18,6	62,1 ± 17,8	0,003
Principais diagnósticos na entrada da UTI* – n(%)				<0,001
Origem Pulmonar	56 (16,9)	19 (10,4)	37 (24,8)**	
Origem Cardíaca	49 (14,8)	43 (23,6)**	6 (4,0)	
Origem Neoplásica	26 (7,9)	18 (9,9)	8 (5,4)	
Origem Nefrológica	10 (3,0)	1 (0,5)	9 (6,0)**	
Origem Neurológica	55 (16,6)	32 (17,6)	23 (15,4)	
Origem Digestiva	21 (6,3)	10 (5,5)	11 (7,4)	
Origem Vascular	24 (7,3)	15 (8,2)	9 (6,0)	
Origem em foco séptico	32 (9,7)	7 (3,8)	25 (16,8)**	
Origem em PCR	12 (3,6)	2 (1,1)	10 (6,7)**	
Comorbidades – n(%)				
HAS	156 (47,1)	77 (42,3)	79 (53,0)	0,067
DM	72 (21,8)	40 (22,0)	32 (21,5)	1,000
Psicológicas/Psiquiátricas	18 (5,4)	10 (5,5)	8 (5,4)	1,000
Obesidade	15 (4,5)	10 (5,5)	5 (3,4)	0,506
Respiratórias	36 (10,9)	17 (9,3)	19 (12,8)	0,416
Neurológicas	32 (9,7)	15 (8,2)	17 (11,4)	0,433
Tabagismo	57 (17,2)	31 (17,0)	26 (17,4)	1,000
Alcoolismo	24 (7,3)	12 (6,6)	12 (8,1)	0,767
Cardíacas	52 (15,7)	28 (15,4)	24 (16,1)	0,978
CA	28 (8,5)	10 (5,5)	18 (12,1)	0,052
Escore SOFA	7 (4-11)	5 (3-8)	10 (7-12)	<0,001
Escore SAPS III	57 (40-78)	45,5 (35 – 63)	72 (53 – 85)	<0,001
Dias de internação UTI	5,5 (2,8 – 12)	5 (3 – 11)	8 (2 – 15)	0,059
Mediana (P25-75)				

* com número mínimo de 10 pacientes; ** associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância

No gráfico 1, percebe-se que o grupo óbito obteve escore de gravidade mais elevado para SAPS 3 e SOFA, na comparação com o grupo alta. Entre as medianas também houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$).

Gráfico 1 – Distribuição dos escores SOFA e SAPS III, segundo os desfechos da internação na UTI.

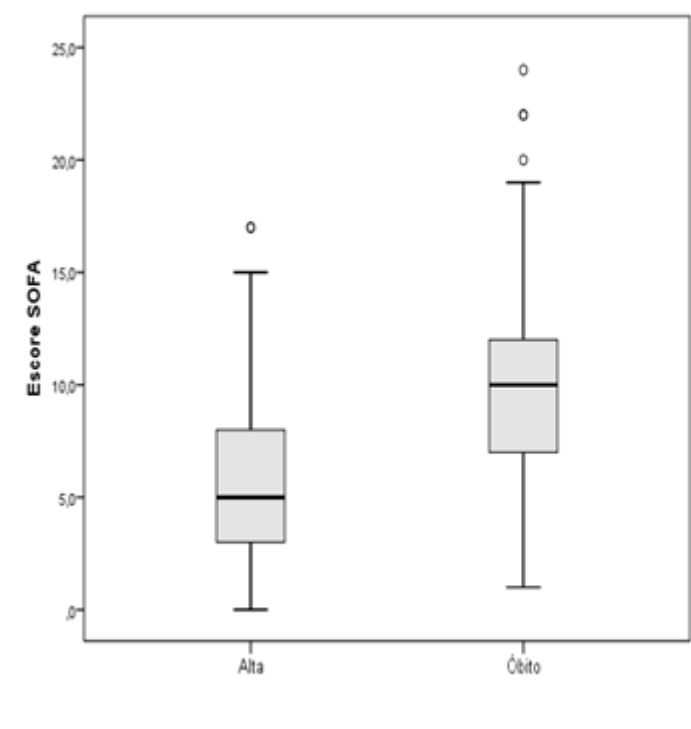
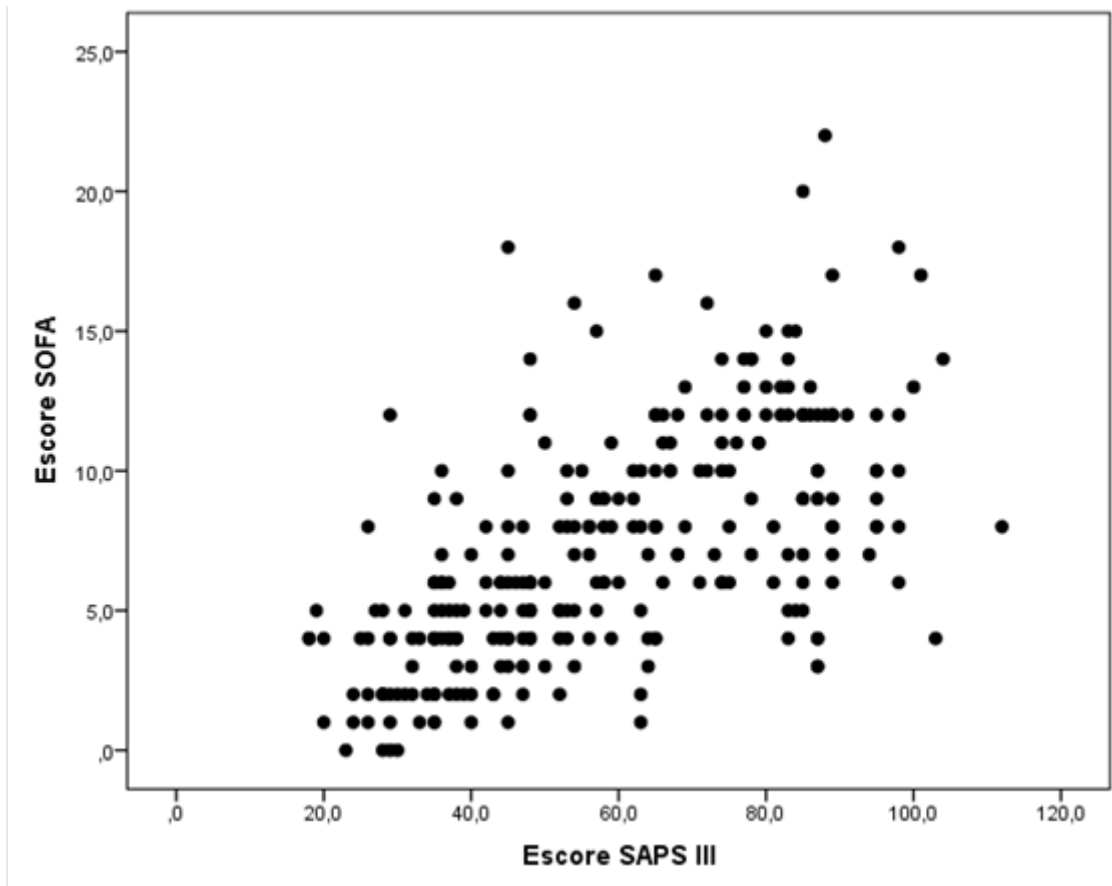


Tabela 2 – Comparação entre as medianas dos escores SOFA e SAPS III e desfecho final na UTI.

Variáveis	Amostra total	Alta	Óbito	p
	Mediana (P25-P75)	Mediana (P25-P75)	Mediana (P25-P75)	
Escore SOFA	7 (4 – 11)	5 (3 – 8)	10 (7 – 12)	<0,001
Escore SAPS III	57 (40 – 78)	45,5 (35 – 63)	72 (53 – 85)	<0,001

No gráfico 2 observa-se que há correlação estatisticamente significativa entre ambos os escores e a taxa de óbito, considerando a amostra total. Neste caso, quanto a maior a pontuação em qualquer um, maior o risco de óbito.

Gráfico 2 – Correlação* entre os escores SOFA e SAPS III dos pacientes internados na unidade de terapia intensiva.



* Coeficiente de correlação de Spearman = 0,644 ($p < 0,001$).

Avaliando a curva ROC para os escores estudados, observa-se que o SOFA apresenta melhor acurácia quando comparado ao SAPS III (Gráfico 3).

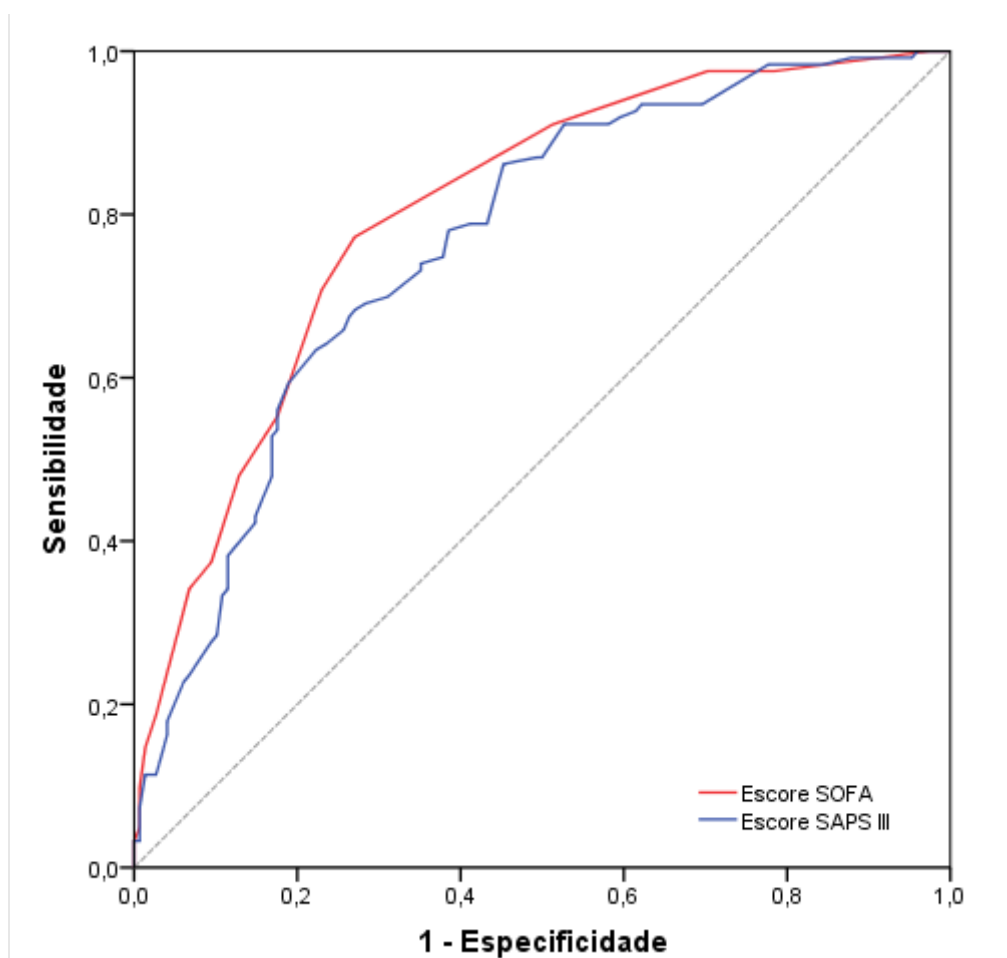


Gráfico 3 – Curva ROC* dos escores SOFA e SAPS III na determinação da probabilidade de óbito dos pacientes internados na unidade de terapia intensiva

* Áreas sob a curva (IC 95%): SOFA = 0,80 (0,75 – 0,86); SAPS III = 0,77 (0,71 – 0,82)

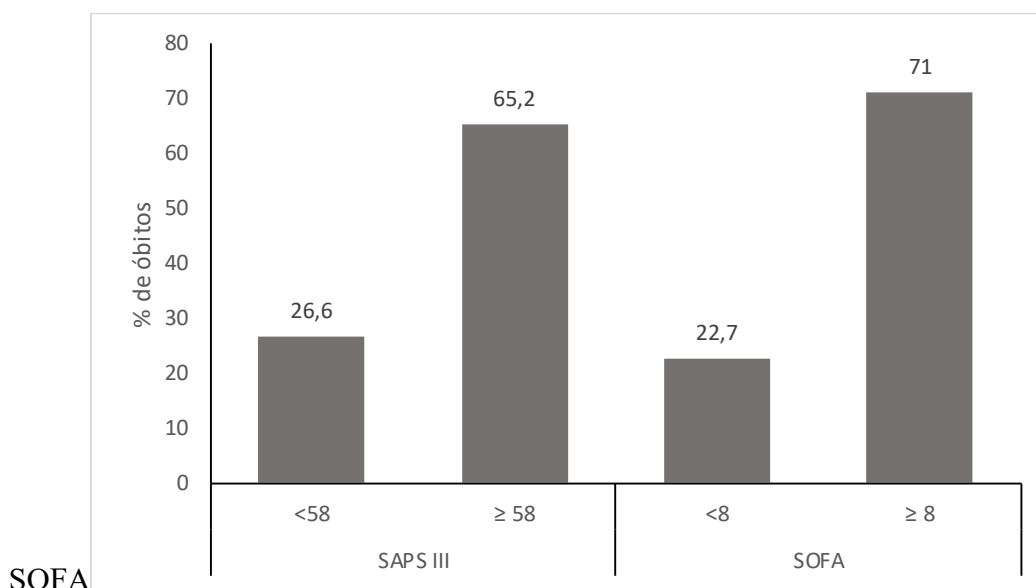
A tabela 3 identifica a sensibilidade e especificidade dos escores SOFA e SAPS III com os diferentes pontos de corte. Observa-se que em relação ao SOFA com um ponto de corte igual ou acima de 8 obtemos um equilíbrio entre a sensibilidade e a especificidade, reduzindo o percentual de falso-negativo e falso-positivo. Já com relação ao SAPS III este dado encontra-se no valor de ≥ 58 . No entanto, se o pensamento for analisar o melhor score e o ponto de corte ideal para prever somente a mortalidade e não a taxa de sobrevivência, utilizo para o SOFA ≥ 6 e para o SAPS III ≥ 48 .

Tabela 3 – Sensibilidade e especificidade nos diferentes pontos de corte dos escores SOFA e SAPS III na determinação da probabilidade de óbito dos pacientes internados na unidade de terapia intensiva.

Pontos de Corte	Sensibilidade (IC 95%)	Especificidade (IC 95 %)
SOFA		
≥ 6	85,9% (79,4% - 90,6%)	57,3% (50,0% - 64,3%)
≥ 7	79,9% (72,1% - 85,5%)	69,7% (62,6% - 75,9%)
≥ 8	73,8% (66,2% - 80,2%)	74,7% (67,9% - 80,5%)
≥ 9	59,1% (51,0% - 66,6%)	80,9% (74,5% - 86,0%)
≥ 10	53,0% (45,0% - 60,9%)	84,8% (78,8% - 89,4%)
SAPS III		
≥ 48	86,2% (79,0% - 91,2%)	54,7% (46,7% - 62,5%)
≥ 52	78,9% (70,8% - 85,2%)	58,8% (50,7% - 66,4%)
≥ 55	74,0% (65,6% - 80,9%)	64,9% (56,9% - 72,1%)
≥ 58	69,9% (61,3% - 77,3%)	68,9% (61,1% - 75,8%)
≥ 61	67,5% (58,8% - 75,1%)	73,7% (66,0% - 80,1%)

Interpretando o Gráfico 4, considerando o ponto de corte de 58 pontos, a probabilidade de identificação de óbito foi de 65,2%, ou seja, dois terços dos pacientes que foram a óbito tinham escores maior ou igual a 58 no SAPS III. Já para o SOFA, 71% dos pacientes que foram a óbito tinham escore igual ou maior do que 8.

Gráfico 4 – Percentual de óbito segundo as categorias dos escores SAPS III e



Em análise de correlação de dias de internação na UTI com os escores SAPS e SOFA, a Tabela 4 apresenta o Coeficiente de correlação de *Spearman* sendo significativo para o uso do escore SOFA na predição de tempo de permanência na unidade.

Tabela 4 – Associação entre dias de internação na UTI com os escores SOFA e SAPS III

Escores x Tempo de internação UTI	Coeficiente de correlação de <i>Spearman</i>	p
SOFA	0,192	<0,001
SAPS III	0,141	0,021

Tabela 5 – Análise do efeito do SAPS III e SOFA na incidência de óbito

Variáveis	RR bruto (IC 95%)	RR ajustado* (IC 95%)	p
SAPS III ≥ 58	2,45 (1,81 – 3,31)	1,40 (1,07 – 1,82)	0,013
SOFA ≥ 8	3,13 (2,33 – 4,20)	1,57 (1,20 – 2,05)	0,001

* ajustado para idade, estado civil, diagnóstico na entrada da UTI, hipertensão arterial sistêmica, doenças ortopédicas, neoplasias, doenças hematológicas, dias de internação na UTI, dias de sedação, restrição ao leito, prescrição de fisioterapia e intubação

Pacientes com SAPS III \geq 58 pontos apresentaram um risco 40% maior de óbito, quando ajustado por possíveis fatores confundidores. Também pacientes com SOFA \geq 8 apresentaram um risco 57% maior de óbito, quando ajustado por possíveis variáveis de confusão (Tabela 5).

DISCUSSÃO

No presente estudo a mortalidade real foi de 45%, considerando que a idade dos pacientes que foram a óbito era mais elevada do que aqueles que obitveram como desfecho a alta. A taxa de óbito chamou a atenção dos pesquisadores, porém ao analisar outros estudos disponíveis na literatura brasileira, observou-se que o percentual encontrado era próximo do encontrado em hospitais estruturalmente semelhantes (Oliveira et al, 2009; Moraes et al, 2005; Garcia et al, 2005; Favarin SS, Camponogara S, 2012). No estudo de Khwannimit (2019) não foi muito diferente, sendo a taxa de mortalidade em UTI, 30 dias e intra-hospitalar de 31,9%, 45,1% e 46%, respectivamente. No estudo de Sinésio e colaboradores (2018) que avaliou os fatores de risco à infecção hospitalar, a taxa de mortalidade foi de 41,9% contra 58,1% de alta, valores semelhantes ao nosso estudo. Ainda, com relação a idade, obtivemos uma média de 57 anos, sendo este resultado semelhante a literatura, García-Gigorro e cols (2017) encontrou idade média entre 53 a 57 anos, sendo este dado também encontrado por Oliveira EG et al (2018).

O gênero que prevaleceu neste estudo foi o sexo masculino, idem ao encontrado em estudos de diversos países (Freitas 2010; Oliveira, 2009; Favarin, 2012; Oliveira EG et al, 2018; García-Gigorro et al., 2017), sendo uma realidade a menor busca por medicina preventiva por parte dos homens, considerando que ao buscar o acesso estes já encontram-se em piores condições, necessitando maiores cuidados e apresentando quadros mais graves.

O tempo de internação médio foi significativamente maior no grupo óbito, sendo este de 8 dias comparado a 5 para o grupo alta, não sendo estatisticamente significativo, porém clinicamente importante. França (2013) encontrou um tempo de permanência maior, de 16,6 dias para pacientes que tiveram alta e 22,6 para aqueles que foram a óbito. Em contra partida, Gulini e cols (2018) encontraram tempo médio menor para

aqueles que foram a óbito. Essas diferenças justificam-se pelas características individuais das unidades, a nossa por exemplo, possui um tempo menor de internação em virtude das estratégias terapêuticas precoces utilizadas como rotina.

Com relação ao principal diagnóstico de internação na UTI, neste estudo foi de origem pulmonar e destes, a maior parte foi a óbito. Já no estudo de França (2013) os autores encontraram como principal causa a diabetes mellitus seguida de cardiopatia e somente em terceiro lugar as pneumopatias. Uma observação importante é que nesta amostra a maioria dos internados por causas pulmonares foram a óbito e o contrário aconteceu com aqueles que internaram por cardiopatias (43 dos 49 tiveram alta como seu desfecho). Com relação às co-morbidades, a mais frequente foi a ordem cardiovascular, o mesmo encontrado por Silva (2018) e Iskander et al (2013).

Na prática clínica, muitos escores e sistemas de prognóstico foram desenvolvidos para quantificar a gravidade da doença, avaliar seu prognóstico e direcionar as intervenções terapêuticas (Keegan MT, Soares M, 2016). Assim, sua aplicação torna-se imperativa, especialmente na unidade de terapia intensiva, incluindo pacientes com quadros infecciosos para que, prontamente, sejam adotadas medidas de vigilância e garantia de qualidade do cuidado (Datta P, 2017; Keegan MT, 2016).

Originalmente delineado para uso em pacientes com sepse, o SOFA é atualmente utilizado em todos os grupos de pacientes. Dependendo do grau de comprometimento, são atribuídas pontuações entre zero e 4 a cada um dos sistemas: cardiovascular, respiratório, hepático, hematológico, neurológico e renal. Mesmo sem ter sido desenvolvido especificamente para prever mortalidade, escores altos e aumento nestes dentro das primeiras 96 horas de UTI se associam com maior risco de óbito (Ferreira et al, 2001). Contudo, estudos de metanálise sugerem que o SOFA pode ser utilizado em pacientes sem sepse, com o escopo de avaliar a mortalidade e como indicador de gravidade (Doerr F et al, 2011; Minne L, 2008). Para estimar a mortalidade, indica-se que as pontuações que aumentam em cerca de 30% durante a internação associam-se a mortalidade de pelo menos 50% (Ho KM et al, 2007; Ferreira FL et al, 2001). Na presente pesquisa, o escore SOFA foi calculado em 48 horas de internação, não sendo acompanhado ao longo do tempo.

Já O SAPS (*Simplified Acute Physiologic Score*) é calculado a partir dos dados disponíveis dentro de 1 hora da internação à UTI e refletem a gravidade da doença quando da internação (Ferreira et al, 2001). Este escore foi desenvolvido para prever o

risco de mortalidade de pacientes internados em UTI's e utiliza a mensuração de 34 variáveis fisiológicas, sem a especificação do diagnóstico primário (Dias AT; Matta PO; Nunes WA, Dias AT, Matta PO; Nunes A., 2006).

No presente estudo, foram avaliadas as pontuações de ambos os escores no período de 48 horas pós admissão na unidade e, encontrou-se dados relevantes, considerando que para ambos, a pontuação era expressivamente mais elevada naqueles pacientes que foram a óbito, indicando portanto que, tanto o SAPS III quanto o SOFA são possíveis preditores de mortalidade. Observou-se que no grupo que foi a óbito o escore de gravidade teve mediana igual a 10 pontos, com percentil 25 igual à 7 pontos, ou seja, 75% dos pacientes que foram a óbito tinham escores acima de 7 pontos, enquanto que no grupo de pacientes que tiveram alta a mediana do SOFA foi de 5 pontos (Gráfico 1). Sinésio e cols (2018) avaliaram os mesmos escores para um grupo de pacientes com infecção respiratória e sem, sendo que ambos encontraram pontuações mais elevadas para o grupo com infecção. Gulini e colaboradores (2018) também encontraram em sua amostra valores mais elevados de SAPS para quem foi a óbito. No que concerne à avaliação preditora de óbito de pacientes submetidos a tratamento intensivo, o SAPS é um escore validado como discriminador de mortalidade intra-hospitalar e os resultados da presente pesquisa confirmam essa informação. Hissa e cols (2013) encontraram resultados semelhantes ao nosso, 75% dos pacientes que foram a óbito possuíam pontuação acima de 8 no SOFA e 75% dos pacientes que tiveram alta tinham escores abaixo de 7 pontos. Estes autores enfrentaram a mesma limitação com a qual nos deparamos: a dosagem da bilirrubina não é rotina diária na unidade, não sendo possível realizar o acompanhamento diário do valor de SOFA, sendo o preconizado pela literatura.

Para a curva ROC a literatura (Livingston BM et al, 2000; Khwannimit B, Bhurayanontachai R, Hantke M et al, 2000) trás que uma área acima de 0,7 indica boa acurácia (sensibilidade e especificidade) e, na presente amostra o SOFA apresentou uma área de 0,80 e o SAPS III 0,77 mostrando boa acurácia para ambos os escores, com uma tendência maior para o SOFA. Este dado pode ser explicado ao pensar que o SOFA prediz o nível de disfunção orgânica atual, sendo que quanto mais lesões em órgãos alvo no início da internação, mais difícil fica de reverter o quadro ao longo dos dias. Ferreira e colaboradores (2001) também encontrou maior área sobre a curva para o escore SOFA. Já Alvear-Veja S e Canteros-Gatica J (2018) avaliaram o mesmo item para

SAPS III e Apache sendo o primeiro com maior capacidade preditiva para mortalidade e que do total de pacientes previstos como falecidos pelos dois modelos, o SAPS III classificou corretamente 95%.

Quando a pergunta é qual o melhor índice para prever mortalidade, ambos os escores mostram-se sensíveis, porém o SOFA mostrou maior acurácia pela curva ROC e no ponto de corte ≥ 8 apresenta equilíbrio entre a sensibilidade e a especificidade com percentuais mais elevados na comparação ao ponto de equilíbrio do SAPS III. Rodrigues-Filho (2018), estudou uma população de pacientes insuficientes hepáticos onde o SOFA mostrou-se também como o escore melhor preditor de mortalidade. Neste mesmo estudo o ponto de corte definido através da curva de sobrevivência de Kaplan-Meier foi de 12 pontos para cima considerando este valor para previsibilidade de morte. Hissa e colaboradores (2013) também encontraram maior sensibilidade no escore SOFA, mas dessa vez comparado ao escore APACHE em uma população crítica e, como em nosso estudo, o ponto de corte que maximiza a sensibilidade foi de 8 pontos para mais. Entende-se que o SOFA é mais acurado para predição de mortalidade, pois ele avalia cada um dos sistemas do paciente, através de dados sanguíneos bem objetivos, no entanto, apresenta a limitação em seu uso da disponibilidade de dados atualizados diariamente.

Agora, se avaliarmos isoladamente a sensibilidade, o SAPS III mostra um percentual mais elevado (86,2%) no ponto de corte ≥ 48 em comparação com o melhor ponto de corte para o SOFA (85,9%), não sendo esta diferença significativa do ponto de vista estatístico. Além do fato de que nestes pontos de corte a especificidade apresenta-se baixa. Alvear-Veja S e Canteros-Gatica J (2018) encontraram também que a especificidade para ambos os modelos não foi boa (SAPS III e Apache), quando do total de pacientes previstos como sobreviventes pelos dois modelos estatísticos, o SAPS III classificou corretamente 36,8%. Na presente pesquisa obtivemos boa acurácia para ambos, porém nos escores de alta sensibilidade para predição de óbito obtivemos baixa especificidade. No entanto, foi possível encontrar um ponto de equilíbrio para ambos os casos, diferentemente de Alvear-Veja S e Canteros-Gatica J (2018).

Nesta amostra houve correlação estatisticamente significativa entre o escore SOFA e o tempo de internação na UTI, indicando que quando mais alto o SOFA, maior o risco de óbito e maior também o tempo de permanência na unidade. Para o grupo de

pacientes que tiveram como desfecho a alta, a mediana de tempo em dias foi de 5,5 e, para o grupo óbito 8 dias.

Como limitações, citamos dois pontos: o primeiro é o fato de que não foi possível acompanhar as alterações na pontuação do escore SOFA ao longo do tempo, devido a inexistência de dosagem de bilirrubina diária, o que seria a prática ideal indicada pela literatura por pelo menos 96 horas desde a admissão. Outro ponto seria com relação ao melhor desempenho dos escores prognósticos se darem através da análise de cortes maiores e por um longo período de tempo (Keegan MT, Soares M, 2016), com o objetivo de estimar mais adequadamente em percentual a taxa de pacientes que tinham previsão de óbito e aqueles que realmente tiveram este desfecho.

CONCLUSÃO

Na presente amostra, o SOFA mostrou-se como o escore mais equilibrado com relação a sensibilidade e especificidade, bem como o mais acurado. No entanto, para ambos os escores contagens mais elevadas foram encontradas nos pacientes que foram a óbito quando comparado aos que obtiveram alta. O tempo de permanência na UTI também parece se relacionar de forma direta com os índices de SOFA elevados. Esta análise mostra-se importante para direcionar a avaliação a ser utilizada como rotina e através desta direcionar a terapêutica de forma mais específica e precoce possível, bem como trabalhar questões sobre gerenciamento de leitos e recursos em ambientes críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvear-Veja S; Canteros-Gatica J. Evaluación del desempeño del APACHE II y SAPS III, en una unidad de cuidados intensivos. Rev. Salud Pública. 20 (3): 373-377, 2018

Carvalho L, Nogueira LDS, Helena C, Settervall C. Desempenho de índices de gravidade para estimar risco de morte em Unidades de Terapia Intensiva. Rev Esc Enferm USP. 2012;46(4):846–50.

Datta P, Rani H, Chauhan R, Gombar S, Chander J. Health-care-associated infections: Risk factors and epidemiology from an intensive care unit in Northern India. Indian J Anaesth. [Internet] 2014;58(1) [acesso em 24 mar 2017].Disponível: <http://dx.doi.org/10.4103/0019-5049.126785>.

Dias AT, Oliveira; Matta PO, Wilma Aparecida Nunes2. Índices de Gravidade em Unidade de Terapia Intensiva Adulto: Avaliação Clínica e Trabalho da Enfermagem. RBTI; 2006;18:3:276-281.

Doerr F, Badreldin AM, Heldwein MB, et al. A comparative study of four intensive care outcome prediction models in cardiac surgery patients. J Cardiothorac Surg. 2011;6:21.

Favarin SS, Camponogara S. PERFIL DOS PACIENTES INTERNADOS NA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA ADULTO DE UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO. Rev Enferm UFSM 2012 Mai/Ago;2(2):320-329.

Ferreira FL, Bota DP, Bross A, et al. Serial Evaluation of the SOFA score to predict outcome in critically ill patients. JAMA. 2001;286(14):1754-8.

França CDM, Albuquerque PR, Santos ACBC. Perfil epidemiológico da unidade de terapia intensiva de um Hospital Universitário. InterScientia, João Pessoa, v.1, n.2, p. 72-82, maio/ago. 2013

Freitas ERFS. Perfil e gravidade dos pacientes das unidades de terapia intensiva: aplicação prospectiva do escore APACHE II. Rev Latinoam Enferm. 2010;18(3):317-23

García-Gigorro R, de la Cruz Vigo F, Andrés-Esteban EM, Chacón-Alves S, Morales Varas G, Sánchez-Izquierdo JA, Montejo González JC. (2017). Impact on patient outcome of emergency department length of stay prior to ICU admission. Medicina Intensiva; 41: 201–208.

Garcia TPR, Romero MP, Poletti NAA, Cesarino CB, Ribeiro RCHM. Principais motivos de internação do paciente com Insuficiência Renal Aguda na Unidade de Terapia Intensiva. Arq Ciênc Saúde. 2005;12(3):146-50.

Gulini JEHMB, Nascimento ERP, Moritz RD, Vargas MAO, Matte DL, Cabral RP. Fatores preditores de óbito em Unidade de Terapia Intensiva: contribuição para a abordagem paliativista. *Rev Esc Enferm USP* · 2018;52:e03342

Hantke M, Holzer K, Thone S, et al. The SOFA score in evaluating septic illnesses. Correlations with the MOD and APACHE II score. *Chirurg*. 2000;71(10):1270-6.

Hissa PNG, Hissa MRN, Araújo PSR. Análise comparativa entre dois escores na previsão de mortalidade em unidade terapia intensiva. *Rev Bras Clin Med*. São Paulo, 2013 jan-mar;11(1):21-6.

Ho KM. Combining Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) score with Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) II score to predict hospital mortality of critically ill patients. *Anaesth Intensive Care*. 2007;35(4):515-21.

Iskander, J; Strikas, RA; Cox, NJ; Redd SC. Pandemic Influenza Planning, United States, 1978–2008. [Emerg Infect Dis](#). 2013 Jun; 19(6): 879–885.

Keegan MT, Soares M. O que todo intensivista deveria saber sobre os sistemas de escore prognóstico. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2016;28(3):264-269.

Khwannimit B, Bhurayanontachai R. The performance of the customized APACHE II and SAPS II in predicting mortality of critically ill patients in a Thai medical intensive care unit. *Anaesth Intensive Care*. 2009;37(5):784-90.

Livingston BM, MacKirdy FN, Howie JC, et al. Assessment of the performance of five intensive care scoring models within a large Scottish database. *Crit Care Med*. 2000;28(6):1820-7.

Minne L, Abu-Hanna A, de Jonge E. Evaluation of SOFA-based models for predicting mortality in the ICU: A systematic review. *Crit Care*. 2008;12(6):R161.

Moraes R S, Fonseca JML, Leoni CBR. Mortalidade em UTI: fatores associados e avaliação do estado funcional após a alta hospitalar. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2005;17(2):80-4.

Moreno RP, Edbrooke D. SAPS 3 — From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit . Part 2 : Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. 2005;1345–55.

Nogueira P, Hissa G, Rocha M, Hissa N. Comparative analysis between two scores in predicting mortality in intensive care unit. *Rev Bras Clin Med*. 2013;11(1):21–6.

Oliveira EG, Garcia PC, Filho CMC, Nogueira LS. The influence of delayed admission to intensive care unit on mortality and nursing workload: a cohort study. *British Association of Critical Care Nurses*. P 2-6, 2018

Oliveira OA, Oliveira ALL, Pontes ERJVC, Oliveira SMVL, Cunha RV. Epidemiologia da infecção hospitalar em unidade de terapia intensiva. *Rev Pan Infect*. 2009;11(2):32-7.

Philipp G. H. Metnitz Rui P. Moreno Eduardo Almeida Barbara Jordan Peter Bauer Ricardo Abizanda Campos Gaetano Iapichino David Edbrooke Maurizia Capuzzo Jean-Roger Le Gall. SAPS 3 — From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit . Part 1 : Objectives , methods and cohort description. *Intensive Care Med*. 2005;31:1336–44.

Rapsang AG, Shyam DC. Scoring systems in the intensive care unit : A compendium. *Indian J Crit Care Med April*. 2014;18(4):220–8.

Rodrigues-Filho EM, Fernandes R, Garcez A. SOFA nas primeiras 24 horas como preditor de desfecho em insuficiência hepática aguda. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2018;30(1):64-70.

Silva Junior JM, Malbouisson LMS, Nuevo HL, Barbosa LGT, Marubayashi LY, Teixeira IC, et al. Aplicabilidade do escore fisiológico agudo simplificado (SAPS 3) em hospitais brasileiros. *Rev Bras Anesthesiol.* 2010 Feb;60(1):20–31.

Sinésio MCT, Magro MCS, Carneiro TA, Silva KGN. Fatores de risco às infecções relacionadas à assistência em unidades de terapia intensiva. *Cogitare Enferm.* (23)2: e53826, 2018.

Y. Sakr¹, C. Krauss¹, A.C.K.B.Amaral² AR, 'a-Neto² MS, Marx¹ KR and G. Comparison of the performance of SAPS II , SAPS 3 , APACHE II , and their customized prognostic models in a surgical intensive care unit. *Br J Anaesth Crit CARE.* 2008;101(6):798–803.

PRODUÇÃO 9 - CONTEXTUALIZAÇÃO:

Quando se estuda a repercussão da ventilação mecânica a nível muscular, uma das questões importantes é a funcionalidade do paciente e, para analisar a mesma utiliza-se com frequência escalas de funcionalidade aplicáveis para cada ambiente, porém a autora sentiu a necessidade de estimar a possível funcionalidade do paciente em seu desfecho já na admissão, com o objetivo de traçar estratégias terapêuticas precoces e direcionadas. Para tanto, a mesma analisou o SOFA como um possível escore admissional para prever função física no desfecho do paciente.

Obs.: artigo sem formatação específico, pois ainda não foi definida revista para publicação.

ESCORE SOFA COMO UM AUXILIAR NA PREDIÇÃO DE ALTA FUNCIONAL DA UTI

Amanda Sachetti

Karine Colling

Juliana Nunes Ferreira

Janaína Pilau

Alexandre Simões Dias

RESUMO

Introdução: Preservar a funcionalidade prévia do paciente internado em ambientes críticos é um tema importante a ser estudado, pois os efeitos deletérios da inércia podem prolongar-se por um longo período após a alta. Objetivo: O escore SOFA é uma realidade na maioria das UTI's, porém ainda não há nenhum estudo testando-o para predição de alta funcional, sendo este o objetivo do presente estudo. Metodologia: estudo retrospectivo, de caráter observacional e quantitativo, realizado por meio de consulta a prontuários dos pacientes internados entre janeiro e julho na referida UTI. Foram analisados dados sócio-demográficos, de caracterização, causa base da internação, co-morbidades, escore SOFA das primeiras 48 horas, desfecho alta ou óbito, capacidade de deambulação na alta da unidade e/ou restrição ao leito. Foram excluídos pacientes que possuísem critérios fechados para incapacidade de deambular na admissão, doenças neuromusculares e lesões neurológicas incapacitantes. Resultados: nesta amostra a maior frequência foi de pacientes adultos, do sexo masculino,

internados na UTI por causas neurológicas, cardíacas e pulmonares e, a taxa de óbito foi de 54,4% onde neste grupo o escore SOFA mostrou-se mais elevado em comparação com aqueles que deram alta. Ainda, a pontuação do SOFA foi maior em pacientes que não deambularam e também naqueles restritos ao leito. Conclusão: Compreender o nível de gravidade e o prognóstico na alta através de pontuações objetivas é importante para prever complicações e atentar para estratégias precoces, sendo que nesta amostra o SOFA mostrou-se um potencial preditor de alta (funcional ou não) da unidade crítica. Palavras-chave: escore prognóstico, unidades de terapia intensiva, ventilação artificial

ABSTRACT

Introduction: Preserving the inpatient's prior functionality in critical environments is an important topic to be studied, since the deleterious effects of inertia can be prolonged for a long time after discharge. Objective: The SOFA score is a reality in most ICUs, but there is still no study testing it for prediction of functional discharge, which is the objective of the present study. Methodology: a retrospective study, with an observational and quantitative character, carried out by means of consultation of patients' records from January to July at the referred ICU. Socio-demographic data, characterization, underlying cause of hospitalization, comorbidities, SOFA score of the first 48 hours, high outcome or death, ambulatory capacity at discharge and / or bed restriction were analyzed. Patients with closed criteria for inability to walk on admission, neuromuscular diseases, and disabling neurological lesions were excluded. Results: in this sample, the highest frequency was in adult male patients hospitalized in the ICU for neurological, cardiac and pulmonary causes, and the death rate was 54.4%, where SOFA score was higher in this group. compared with those who discharged. Also, the SOFA score was higher in patients who did not walk and also in those restricted to the bed. Conclusion: Understanding the level of severity and the prognosis in the discharge through objective scores is important to predict complications and to be attentive to early strategies, and in this sample the SOFA showed a potential predictor of high (functional or not) of the critical unit.

Keywords: prognostic score, intensive care units, artificial ventilation

INTRODUÇÃO

Pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI) comumente apresentam aumento do estresse oxidativo que geram danos às proteínas musculares. Tais estados somados a processos de inflamação crônica contribuem para o aparecimento ou agravamento de disfunções da musculatura esquelética¹. Essas disfunções, somadas ou não, levam o paciente a apresentar fraqueza muscular gerando acometimentos funcionais (Coutinho, WM, 2018; Curzel, J, 2013; Jurema, L et al, 2017).

Esses estados de fraqueza são relacionados intimamente com o tempo de internação na UTI, para tanto, estudos demonstram que uma semana de restrição ao leito gera uma diminuição de 20% a 30% na força muscular (Coutinho, WM, 2018; Curzel, J, 2013; Jurema, L et al, 2017). Essa condição geralmente mantém-se até a alta da UTI, persistindo na alta hospitalar, não necessariamente sendo recuperada completamente (Coutinho, WM, 2018; Jurema, L et al, 2017; Silva et al, 2017).

A funcionalidade pode ser definida como a capacidade que o indivíduo tem de desempenhar suas atividades de vida diária de forma independente, sendo que a incapacidade funcional está atrelada, entre outros fatores, às condições de saúde de pacientes críticos (Coutinho, WM, 2018; Curzel, J, 2013).

Sabendo das inúmeras complicações que o paciente crítico pode vir a apresentar, o uso de medidas padronizadas de desfecho tem sido amplamente utilizadas e considerada uma boa alternativa para orientar condutas da equipe multidisciplinar (Silva, et al, 2017). No cenário das UTIs, as primeiras horas pós admissão são descritas como cruciais para o prognóstico dos pacientes, entre os escores utilizados para gerar dados prognósticos está o Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), o qual é capaz de indicar respostas descritivas acerca da fisiopatologia dos pacientes (Jurema, L et al, 2017; De Jesus, F. S. *et al*, 2016; Hissa et al, 2016).

Predizer a alta funcional da UTI é de suma importância para projetar a qualidade de vida e recuperação pós alta hospitalar de pacientes críticos, ao considerar que aqueles pacientes que possuem capacidade de deambular antes da saída de ambientes críticos, possuem melhor indicativo de sucesso. No entanto, há a necessidade de encontrar estratégias de avaliação deste potencial já nas primeiras 48 horas, a fim de tornar a reabilitação mais precisa. O escore SOFA é uma realidade na maioria das UTI's, porém ainda não há nenhum estudo testando-o para predição de alta funcional, sendo este o objetivo da presente pesquisa.

METODOLOGIA

Delineamento e contexto da pesquisa

Estudo de base retrospectiva, de caráter observacional e quantitativo, realizado por meio de consulta a prontuários dos pacientes internados na UTI de um hospital de grande porte do norte do estado do Rio Grande do Sul.

Os dados foram coletados através do sistema informatizado de prontuários da instituição, mediante aprovação no CEP (parecer número 2.181.746) e autorização local para realização da mesma seguindo a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde.

Participantes

A instituição do presente estudo conta com uma UTI adulto geral para 18 leitos de internação entre sistema único de saúde, convênios e particular. A amostra foi composta por todos os pacientes internados na referida UTI, por entrada direta ou transferências internas/externas entre janeiro e julho de 2018.

Como critérios de elegibilidade, somente foram avaliados os prontuários de pacientes adultos, ambos os sexos, internados no período que compreende a pesquisa. Foram excluídos prontuários de pacientes que permaneceram menos de 24 horas internados na UTI. Foram excluídos pacientes que adentrassem a unidade crítica por motivos que impedissem definitivamente a deambulação ou caracterizassem o paciente como acamado crônico, como por exemplo, pacientes neurológicos com paraplegia, tetraplegia, Esclerose Lateral Amiotrófica em evolução, fraturas de membros inferiores, etc.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado no programa WinPEPI (Programs for Epidemiologists for Windows) versão 11.43 e baseado em um estudo piloto com 20 pacientes. Considerando um nível de significância de 5%, poder de 80% e uma diferença de 50% na incidência de óbito conforme categorias da escala SOFA, obteve-se um total mínimo de 38 pacientes.

Desfechos e variáveis mensuradas

O desfecho principal do presente estudo foi a análise do SOFA nas primeiras 48 horas de UTI como escore preditor de alta funcional dos pacientes internados nesta unidade.

A Avaliação deu-se através da busca e acesso manual ao prontuário eletrônico onde primeiramente foram analisados os critérios de elegibilidade, para prosseguir com a extração dos dados foi utilizado um formulário padrão criado pelos pesquisadores onde continham dados sobre: identificação, diagnóstico na internação e na entrada na UTI, gravidade (índice SOFA ou APACHE II), comorbidades, tempo de sedação, dias de internação na UTI, variáveis referentes à ventilação mecânica, e dados referentes a funcionalidade, como deambulação na alta.

Os dados de identificação dos pacientes foram mantidos em sigilo sendo removidos do banco de dados para a condução da análise estatística. Foram coletados apenas os dados disponíveis nos prontuários sendo que não foi realizado contato com pacientes ou familiares. Os prontuários não foram retirados do ambiente hospitalar e também não foram realizadas cópias dos registros individuais de pacientes.

Os dados foram inicialmente tabulados em uma planilha do *Microsoft Excel* 2016 e analisados através do pacote *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* versão 21.0. As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão ou mediana e amplitude interquartílica. As variáveis categóricas foram descritas por frequências absolutas e relativas. Para comparar médias, o teste *t-student* foi aplicado. Em caso de assimetria, o teste de *Mann-Whitney* foi utilizado. Na comparação de proporções, os testes *qui-quadrado de Pearson* ou exato de *Fisher* foram aplicados.

Resultados

Foram incluídos no estudo 369 pacientes internados, sendo que 38 foram excluídos por não cumprirem os critérios de elegibilidade, compondo a amostra final deste estudo um total de 331 pacientes, conforme representado na Figura 1.

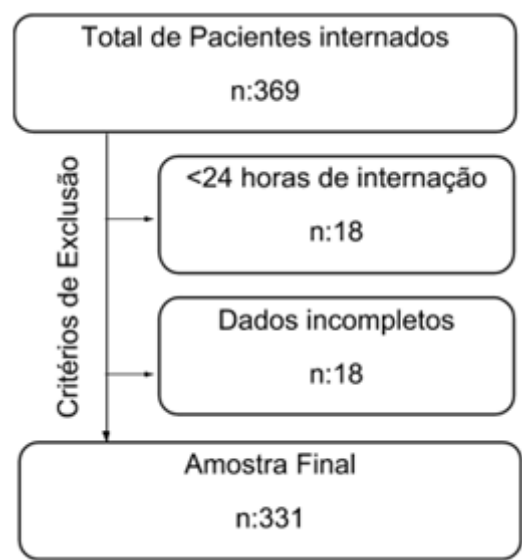


Figura 1 - Fluxograma de Inclusão da Amostra

A primeira análise realizada deu-se através da separação dos pacientes em dois grupos, sendo eles alta e óbito, o que é possível observar nas tabelas 1 e 2. Na tabela 1 estão apresentadas as características gerais da amostra. As principais causas de internação hospitalar foram as de origem Neurológica (17,5%), seguidas das de origem cardíaca (16%) e neoplásica (14,2%), sendo que aquelas de origem pulmonar representaram 10,9% das admissões. Já os motivos de internação na UTI mais frequente foram aqueles de origem pulmonar (16,9%), seguidos das Neurológicas (16,6%), Cardíacas (14,8%) e de Foco Séptico (9,7%).

As patologias de origem pulmonar foram aquelas que causaram maior percentual de internações na UTI, e também apresentaram associação significativa com o grupo que foi a óbito comparativamente com o de alta da unidade. Ainda, considerando o desfecho desfavorável, houve associação estatisticamente significativa com as causas de origem nefrológica, em focos sépticos e de Parada Cardiorrespiratória (PCR). Por outro lado, as internações por condições cardíacas foram significativamente mais relacionadas com o grupo de desfecho favorável.

Na amostra componente deste estudo nota-se que 41,1% dos pacientes era hipertenso, 21,8% era diagnosticado com Diabetes Mellitus, 17,2% possuíam relato de serem tabagistas e 10,9% apresentava algum tipo de disfunção respiratória crônica, como por exemplo Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), não havendo associação significativa entre as comorbidades e os desfechos analisados.

Tabela 1– Caracterização da amostra

Variáveis	Amostra total (n=331)	Alta (n=182; 55%)	Óbito (n=149; 45%)	p
Idade (anos) – média ± DP	58,7 ± 18,5	56,0 ± 18,6	62,1 ± 17,8	0,003
Principais diagnósticos na internação hospitalar* – n(%)				0,001
Origem Pulmonar	36 (10,9)	10 (5,5)	26 (17,4)**	
Origem Cardíaca	53 (16,0)	42 (23,1)**	11 (7,4)	
Origem Neoplásica	47 (14,2)	23 (12,6)	24 (16,1)	
Origem Neurológica	58 (17,5)	31 (17,0)	27 (18,1)	
Origem Digestiva	30 (9,1)	12 (6,6)	18 (12,1)	
Origem Vascular	20 (6,0)	15 (8,2)	5 (3,4)	
Origem Infecciosa	12 (3,6)	5 (2,7)	7 (4,7)	
Origem em traumas	18 (5,4)	13 (7,1)	5 (3,4)	
Principais diagnósticos na entrada da UTI* – n(%)				<0,001
Origem Pulmonar	56 (16,9)	19 (10,4)	37 (24,8)**	
Origem Cardíaca	49 (14,8)	43 (23,6)**	6 (4,0)	
Origem Neoplásica	26 (7,9)	18 (9,9)	8 (5,4)	
Origem Nefrológica	10 (3,0)	1 (0,5)	9 (6,0)**	
Origem Neurológica	55 (16,6)	32 (17,6)	23 (15,4)	
Origem Digestiva	21 (6,3)	10 (5,5)	11 (7,4)	
Origem Vascular	24 (7,3)	15 (8,2)	9 (6,0)	
Origem em foco séptico	32 (9,7)	7 (3,8)	25 (16,8)**	
Origem em PCR	12 (3,6)	2 (1,1)	10 (6,7)**	
Comorbidades – n(%)				
HAS	156 (47,1)	77 (42,3)	79 (53,0)	0,067
DM	72 (21,8)	40 (22,0)	32 (21,5)	1,000
Psicológicas/Psiquiátricas	18 (5,4)	10 (5,5)	8 (5,4)	1,000
Obesidade	15 (4,5)	10 (5,5)	5 (3,4)	0,506
Respiratórias	36 (10,9)	17 (9,3)	19 (12,8)	0,416
Neurológicas	32 (9,7)	15 (8,2)	17 (11,4)	0,433

Tabagismo	57 (17,2)	31 (17,0)	26 (17,4)	1,000
Alcoolismo	24 (7,3)	12 (6,6)	12 (8,1)	0,767
Ortopédicas	5 (1,5)	0 (0,0)	5 (3,4)	0,018
Disfunções sensoriais	3 (0,9)	2 (1,1)	1 (0,7)	1,000

* com número mínimo de 10 pacientes; ** associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância

O escore de SOFA está relacionado com o desfecho alta ou óbito, sendo que aqueles pacientes cujo desfecho foi desfavorável obtiveram uma pontuação maior do que aqueles que tiveram final favorável ($p < 0,001$).

Tabela 2 – Associação entre o escore SOFA e o desfecho da internação na UTI

	N(%)	SOFA		P*
		Média(DP)	Mediana (P25 – P75)	
Alta X Óbito				<0,001
Alta	178(54,43)	5,55±3,50	5 (3-8)	
Óbito	149(45,46)	10,15±4,28	10 (7-12)	

Utilizado para testagem Mann-Whitney* para dados não paramétricos e os dados descritivos foram apresentados por média e mediana.

Para a análise específica do escore SOFA com relação as variáveis de funcionalidade, apenas o grupo alta foi utilizado. Como resultados, a tabela 3 traz que a pontuação daqueles pacientes restritos ao leito eram maiores do que a pontuação dos não restritos e o mesmo aconteceu ao analisar os pacientes que deambularam na UTI em detrimento daqueles que não deambularam, considerando que aqueles com maior acometimento funcional possuíam escores elevados.

Tabela 3 – Análise SOFA com variáveis de alta funcional

	N	SOFA		P*
		Média(DP)	Mediana (P25 – P75)	
Restrito ao leito				<0,001
Sim	32	12,59±4,50	12 (9,3 a 15)	
Não	295	7,11±4,17	6 (4 a 10)	
Deambulação na alta				<0,001
Sim	135	5,43±3,39	5 (3 a 7)	
Não	196	9,13±4,55	9 (6 a 12)	

Utilizado estatística descritiva para demonstrar média e desvio-padrão, mediana e intervalo interquartilico da amostra; utilizado para testagem Mann-Whitney* para dados não paramétricos.

DISCUSSÃO

A média de idade dos pacientes que passaram pela UTI no período do analisado foi de 58,7±18,5 anos, outros estudos realizados em hospitais de grande porte do mesmo estado demonstraram uma média de idade muito próxima da encontrada em nosso estudo 1–3. Nota-se que a faixa etária dos pacientes admitidos em UTI tem variabilidade de acordo com o contexto sócio geográfico, uma vez que um estudos realizados no exterior tiveram médias de idade divergentes, no Irã foi de 44 anos e na Coréia de 66 anos (Baradari, A. *et al*, 2016; Ko, R. *et al*, 2019).

As causas de internação mais prevalentes na unidade de cuidado intensivo estudada foram aquelas de origem pulmonar (16,9%), concordando com os estudos realizados por Curzel, Forgiarini Junior e Rieder (2013), Coutinho (2018), Ko et al. (2019) e Hissa, Hissa e Araújo (2012). Um estudo realizado em Marília por El-fakhouri et al. (2016) considerou a maior causa de internação como sendo as doenças do sistema circulatório, incluindo as cardiovasculares e as cerebrovasculares, contudo, avaliado separadamente esses dois focos, as doenças do aparelho respiratório aparecem como principal causa de internação. Divergindo do perfil encontrado na UTI analisada, referiram como causa mais frequente de admissão na UTI paciente cirúrgicos, aqueles com Infarto Agudo do Miocárdio, doenças cardiovasculares e neurológicas e trauma (Jurema, L. et al, 2017; De Jesus, F. S. *et al*, 2016; Baradari, A. *et al*, 2016; de Souza Kock et al, 2018; Rodriguez, A. H. et al, 2016; Roque, K. E et al, 2016).

A Hipertensão Arterial (HA) foi a comorbidade mais prevalente entre os pacientes incluído, divergindo do estudo realizado por Roque, Tonini e Melo (2016), no qual foram as neoplasias malignas. Contudo, o Diabetes Melittus (DM) esteve em segunda posição em ambos os estudos. Na UTI em questão encontramos uma taxa de óbito de 45,46%, divergindo de outros estudos que demonstraram uma mortalidade inferior a 30% (de Souza Kock, K et al, 2018; Rodriguez, A. H., 2016; Roque, K. E. et al, 2016; Gulini, J. E. H. M. de B. *et al.*, 2018).

O perfil dos pacientes das UTIs influi sobre a gravidade e taxas de mortalidade, para tanto são usados escores preditivos de mortalidade como, por exemplo, o Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE), o Simplified Acute Physiology Score (SAPS), Mortality Prediction Model (MPM) e o Sequential Organ Failure Assesment (SOFA) (Baradari, A. *et al.* 2016; Ko, R. *et al.*, 2019; Rodrigues-Filho, E. M., 2018; Chaiwat, O. *et al.*, 2019; Medeiros, G. C. et al, 2016; Keegan;, M. T, 2016). Porém o escore SOFA tem sido descrito como de fácil aplicabilidade com boa sensibilidade e especificidade na determinação do desfecho na UTI, apesar de não ter sido originalmente criado para prever óbito, altos escores absolutos ou aumento do escore em 96 horas estão associados a maior risco de óbito (Keegan;, M. T. 2016; Keegan;, M. T. & Soares, M, 2016). Concordando com os resultados encontrados em nosso estudo, em que houve uma relação significativa entre o escore do SOFA das primeiras 24h daqueles e o desfecho da UTI ($p<0,001$).

Nos últimos anos, para além da alta da UTI tem-se buscado proporcionar alta funcional, e para isso, escores e avaliações têm sido utilizados. A força de preensão palmar, a força muscular avaliada pela escala Medical Research Council (MRC), a Medida de Independência Funcional (MIF) e o índice de KATZ foram descritos como medidas prognósticas de funcionalidade na alta hospitalar e da UTI (William Maia Coutinho, 2018; Jurema, L. et al, 2017; Ferreira, N. A. *et al.*, 2016). Porém no presente estudo entendemos como medida de funcionalidade a deambulação na alta da UTI, considerando que esta é a nossa prática padrão.

Verificamos que o escore SOFA foi significativamente maior nos pacientes que eram restritos ao leito e que não deambularam na alta da UTI ($p<0,001$), demonstrando, portanto, ser uma informação importante na predição da possível alta funcional ou não. Contudo, não encontramos na literatura estudos que utilizam o escore SOFA como alicerce na previsão de alta funcional da UTI para comparar os resultados.

Como limitações podemos citar a falta de avaliações objetivas na alta, como por exemplo, escala MIF ou MRC para mensuração de força, sendo utilizadas as variáveis de restrição ou não ao leito e capacidade de deambulação na alta da UTI, por ser a prática padrão da unidade estudada. Ainda, o SOFA foi calculado apenas na admissão do paciente e não ao longo dos dias de internação, prática preconizada pela literatura (Keegan MT, Soares M, 2016). Pode-se explicar o não acompanhamento do SOFA devido a indisponibilidade de dosagem de bilirrubina diária, limitação também encontrada por outros autores (Hissa e cols, 2013).

CONCLUSÃO

Na presente amostra, composta principalmente por homens adultos, o cálculo do escore SOFA na admissão relacionou-se diretamente com o desfecho (alta ou óbito), sendo que quanto maior a pontuação, maior a taxa de óbito. Ainda o mesmo escore possui relação idêntica para avaliação da funcionalidade na alta da UTI, portanto, quanto maior a pontuação, menos funcional o paciente era, ou seja, não havia deambulado antes da alta ou permanecia restrito ao leito. Dados estes, importantes para preconizar estratégias de mobilização precoce e atuação terapêutica específica para os pacientes que dão entrada em unidades críticas com escores prognósticos altos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

William Maia Coutinho Orientador: Prof. Dr. Fábio Cangeri Di Naso. Funcionalidade do paciente crítico na alta da unidade de terapia intensiva. (2018).

Curzel, J., Junior, L. A. F. & Rieder, M. de M. Avaliação da independência funcional após alta da unidade de terapia intensiva. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* 25, 93–98 (2013).

Jurema, L., Silveira, S. & Müller, F. F. Avaliação funcional de pacientes internados na Unidade de Terapia Intensiva adulto do Hospital Universitário de Canoas. *Fisioter. e Pesqui.* 24, 437–443 (2017).

Silva, V. Z. M. da *et al.* Versão brasileira da Escala de Estado Funcional em UTI: tradução e adaptação transcultural. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* 29, 34–38 (2017).

De Jesus, F. S. *et al.* Mobility decline in patients hospitalized in an intensive care unit. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* 28, 114–119 (2016).

Hissa, P. N. G., Hissa, M. R. N. & Araújo, P. S. R. de. Análise comparativa entre dois escores na previsão de mortalidade em unidade terapia intensiva. *Rev. Bras. Clin. Médica* 11, 21–26 (2013).

BORGES, A. E. P. P. & Meneses, F. A. de. Simplificando o sequential organ failure assessment (sofa): menos é mais ... Simplificando o sequential organ failure. (2016).

Baradari, A. *et al.* Comparison of Patients' Admission, Mean and Highest Sofa Scores in Prediction of ICU Mortality: a Prospective Observational Study. *Mater. Socio Medica* 28, 343 (2016).

Ko, R. *et al.* Simple functional assessment at hospital discharge can predict long-term outcomes of ICU survivors. *PLoS One* 14, 1–11 (2019).

de Souza Kock, K. & Marques, J. L. B. Use of photoplethysmography to predict mortality in intensive care units. *Vasc. Health Risk Manag.* 14, 311–320 (2018).

Rodriguez, A. H., Bub, M. B. C., Perão, O. F., Zandonadi, G. & Rodriguez, M. de J. H. Características epidemiológicas e causas de óbitos em pacientes internados em terapia intensiva. *Rev. Bras. Enferm.* 69, 229–234 (2016).

Roque, K. E., Tonini, T. & Melo, E. C. P. Adverse events in the intensive care unit: impact on mortality and length of stay in a prospective study. *Cad. Saude Publica* 32, 1–15 (2016).

Gulini, J. E. H. M. de B. *et al.* Fatores preditores de óbito em Unidade de Terapia Intensiva: contribuição para a abordagem paliativista. *Rev. da Esc. Enferm. da USP* 52, 1–7 (2018).

Rodrigues-Filho, E. M., Fernandes, R. & Garcez, A. SOFA nas primeiras 24 horas como preditor de desfecho em insuficiência hepática aguda. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* 30, 64–70 (2018).

Chaiwat, O. *et al.* Postoperative delirium in critically ill surgical patients: incidence, risk factors, and predictive scores. *BMC Anesthesiol.* 19, 39 (2019).

Medeiros, G. C. de, Sassi, F. C., Zambom, L. S. & Andrade, C. R. F. de. Correlation between the severity of critically ill patients and clinical predictors of bronchial aspiration TT - Correlação entre a gravidade de pacientes críticos e preditores clínicos de risco para a broncoaspiração. *J Bras Pneumol* 42, 114–120 (2016).

Keegan, M. T. & Soares, M. O que todo intensivista deveria saber sobre os sistemas de escore prognóstico e mortalidade ajustada ao risco. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* 28, 264–269 (2016).

Ferreira, N. A. *et al.* Determination of functional prognosis in hospitalized patients following an intensive care admission. *World J. Crit. Care Med.* 5, 219 (2016).

El-Fakhouri S; Carrasco HVCG; Araújo GC; Frini ICM. Epidemiological profile of ICU patients at Faculdade de Medicina de Marília. *Rev Assoc Med Bras* 2016; 62(3):248-254.

PRODUÇÃO 10 – CONTEXTUALIZAÇÃO:

Ao dar início a elaboração do projeto contendo a técnica de eletrodiagnóstico, a autora buscou na literatura manuscritos que tivessem sido desenvolvidos em ambientes críticos e, ao realizar essa tarefa, optou por escrever uma revisão sistemática com essa temática a fim de encontrar todos os artigos disponíveis.

Obs.: O artigo não possui uma formatação específica, pois ainda não foi definida a revista para publicação

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ELETRODIAGNÓSTICO EM PACIENTES CRÍTICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Amanda Sachetti

Janaína Pilau

João Luiz Quagliotti Durigan

Paulo Eugênio Silva

Alexandre Simões Dias

Escola de Medicina IMED Passo Fundo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

Hospital de Clínicas de Passo Fundo

Hospital de Clínicas de Passo Fundo

Universidade de Brasília

Universidade de Brasília

Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Endereços de correspondência institucional: rua Harry Becker, 567 bairro Santa Maria, Passo Fundo/RS CEP 99070190

Endereço de e-mail autor para correspondência: amandasachetti@gmail.com

RESUMO

O ambiente de terapia intensiva está evoluindo em tecnologias para avaliação e tratamento sendo uma das técnicas mais atuais aplicadas neste ambiente o eletrodiagnóstico. Esta é uma revisão sistemática desenvolvida com base nos resultados de pesquisa das principais bases de dados, seguindo o PRISMA. Neste foram incluídos

somente artigos observacionais que utilizaram a técnica de eletrodiagnóstico em pacientes críticos, para os mais diferentes objetivos e desfechos. As bases de dados consultadas foram: MEDLINE (acessado via PubMed), Fisioterapia Evidence banco de dados (Pedro), Registro de Ensaio Controlados (CENTRAL Cochrane) e EMBASE além de uma busca manual de referências adicionais. Um total de 10 artigos foram encontrados, sendo que dois apresentaram-se repetidos e outros seis foram excluídos por não contemplarem os critérios de inclusão obtendo-se ao final um total de dois artigos totalizando 33 pacientes. Um dos artigos apresentou resultados seguros, sem lesão muscular e o protocolo foi viável para ser aplicado em terapia intensiva. O outro artigo que após lesão cerebral traumática os pacientes podem apresentar distúrbios eletrofisiológicos, além de atrofia muscular generalizada sendo evidenciados pela técnica de eletrodiagnóstico.

Palavras-chave: Terapia intensiva. Ventilação mecânica. Eletrodiagnóstico. Cronaxia. Músculo esquelético. Respiração artificial

ABSTRACT

The intensive care environment is evolving in technologies for evaluation and treatment being one of the most current techniques applied in this environment the electrodiagnosis. This is a systematic review based on the search results of the main databases, following PRISMA. This included only observational articles that used the technique of electrodiagnosis in critical patients, for the most different objectives and outcomes. The databases consulted were: MEDLINE (accessed via PubMed), Physiotherapy Evidence database (Pedro), Controlled Trials Registry (CENTRAL Cochrane) and EMBASE in addition to a manual search for additional references. A total of 10 articles were found, two of which were repeated and six were excluded because they did not meet the inclusion criteria, obtaining a total of two articles totaling 33 patients. One of the articles presented safe results, without muscular injury and the protocol was feasible to be applied in intensive care. The other article that after traumatic brain injury patients may present electrophysiological disorders, in addition to generalized muscular atrophy being evidenced by the technique of electrodiagnosis.

Keywords: Intensive therapy. Mechanical ventilation. Electrodiagnosis. Chronaxia. Skeletal muscle. Artificial respiration

INTRODUÇÃO

Os cuidados em terapia intensiva vêm se desenvolvendo ao longo do tempo e por meio da tecnologia, prolongando a vida e melhorando as condições de saúde dos pacientes críticos. No entanto, o aumento no tempo de internação acompanha a perda de força muscular geralmente associada a atrofia, sendo clinicamente evidente em cerca de 25% dos pacientes após vários dias de ventilação mecânica [1-3]. Diante dessas questões, os profissionais de saúde foram desafiados a avaliar, mensurar e melhorar o status funcional em pacientes criticamente doentes, estando dentro deste grupo de profissionais os fisioterapeutas [4-6].

Um das grandes características negativas do tempo de permanência prolongado na UTI é a fraqueza muscular, caracterizada por uma diminuição da excitabilidade neuromuscular, generalizada paresia e dificuldade de desmame devido à VMI [7]. Portanto, observou-se por parte dos profissionais, a necessidade de avaliar as alterações neuromusculares apresentadas, sendo o exame de eletrodiagnóstico uma possibilidade, por ser de baixo custo e não invasivo. Este teste de estímulo permite a aquisição de motor limiares de excitabilidade (reobase e cronaxia) [8-9]. Dentro dos parâmetros determinados através do exame de eletrodiagnóstico, os principais são: a construção das curvas de intensidade-duração do pulso (através de correntes de pulso retangulares e exponenciais), a determinação da reobase, que é a intensidade mínima da corrente para promover uma contração muscular com tempo de pulso muito largo (que em termos fisiológicos é 1 segundo), a determinação da cronaxia, que é o tempo de pulso para promover uma contração muscular usando-se uma intensidade duas vezes o valor da reobase, a determinação da capacidade que os músculos têm de se acomodarem a pulsos largos de subida lenta (acomodação) [10-11].

Como parâmetros, considera-se que em músculos com a inervação íntegra, os valores de reobase e de cronaxia geralmente sejam baixos [10-12]. Já a lesão do nervo periférico tende a desenvolver uma hipoexcitabilidade ao longo do tempo ocorrendo então um aumento desses parâmetros de estimulação [12-14].

Para tanto, considerando as diversas aplicações do exame de eletrodiagnóstico, como avaliação e acompanhamento do nível de excitabilidade dos músculos periféricos, bem como, para prescrição adequada de eletroestimulação neuromuscular. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre como este exame vem sendo utilizado em UTIs.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática desenvolvida com base no *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses: The PRISMA Statement* [14] e registrada no [International prospective register of systematic reviews](#) (Prospero) através do número CRD42018087361 em 11/02/2018.

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos estudos com metodologia observacional com pacientes internados em UTIs, que foram submetidos ao exame de eletrodiagnóstico, para os mais diferentes objetivos e desfechos. A escolha por estudos observacionais deu-se devido a inexistência de ensaios clínicos randomizados com essa temática, tanto na literatura nacional quanto internacional.

O desfecho incluído foi a aplicação do exame de eletrodiagnóstico em pacientes internados em UTIs.

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: estudos com metodologia não observacional, estudos com dados incompletos, resumos, resumos expandidos ou capítulos de livros.

Estratégia de busca

Foram pesquisados os seguintes bancos de dados eletrônicos: MEDLINE (acessado via PubMed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Register of Controlled Trials (Cochrane CENTRAL) e EMBASE. Ainda, foi realizada uma busca complementar manual nas referências de estudos já publicados sobre o assunto. A busca foi realizada em janeiro de 2017 e compreendeu os seguintes descritores e seus termos sinônimos: “critical illness”, “intensive care”, “intensive care units” e “chronaxie”, associados a uma sensível lista de termos para busca de estudos observacionais. Não houve restrição de idioma nem de datas limites para a busca. A estratégia de busca completa utilizada para o PubMed pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Estratégia de busca utilizada no PubMed

-
- #1 ("Critical Illness"[Mesh] OR "Critical Illness" OR "Critical Illnesses" OR "Illness, Critical" OR "Illnesses, Critical" OR "Critically Ill" OR "Intensive Care"[Mesh] OR "Intensive Care" OR "Care, Intensive" OR "Surgical Intensive Care" OR "Care, Surgical Intensive" OR "Intensive Care, Surgical" OR "Intensive Care Units"[Mesh] OR "Intensive Care Units" OR "Care Unit, Intensive" OR "Care Units, Intensive" OR "Intensive Care Unit" OR "Unit, Intensive Care" OR "Units, Intensive Care" OR "critical illness polyneuromyopathy" OR "Polyneuropathy, Critical Illness" OR "Critical Illness Polyneuropathies" OR "Critical Illness Polyneuropathy" OR "Polyneuropathies, Critical Illness")
- #2 (Epidemiologic studies/) OR (Exp case control studies/) OR (Exp cohort studies/) OR (Case control.tw.) OR ((cohort adj (study or studies)).tw.) OR (Cohort analy\$.tw.) OR ((Follow up adj (study or studies)).tw.) OR ((observational adj (study or studies)).tw.) OR (Longitudinal.tw.) OR (Retrospective.tw.) OR (Crossectional.tw.) OR (Cross-sectional studies/)
- #3 ("chronaxie"[mesh] OR "chronaxy")
- #4 (#1 AND #2 AND #3)
-

Seleção dos estudos e extração dos dados

Após a busca completa, todos os títulos e resumos foram avaliados por dois revisores de forma independente. Aqueles artigos que não forneceram em seu resumo as informações suficientes foram selecionados para avaliação dos textos completos. Após a seleção por título e resumo, os mesmos revisores avaliaram independentemente os artigos completos e fizeram suas seleções, sendo que as discordâncias entre os revisores foram sanadas por consenso.

A extração dos dados foi realizada através de um formulário padronizado pelos mesmos dois revisores em duplicata. O desfecho principal extraído foi: aplicação do exame de eletrodiagnóstico em pacientes em VMI internados em UTIs.

Avaliação do risco de viés

A avaliação da qualidade metodológica foi realizada descritivamente por dois revisores, de acordo com a escala The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for *Assessing the Quality of Nonrandomized Studies in Metanalysis* [15], a qual classifica os estudos em três pontos distintos sendo eles: seleção, comparabilidade e resultados, pontuados com

estrelas em quantidade máxima de 3 para o item de seleção, 2 para comparabilidade e, no máximo 4 estrelas para o item resultados [15].

Análise de dados

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e qualitativa e está apresentada em forma de figuras e tabelas.

RESULTADOS

Foram encontrados na literatura através dos descritores escolhidos, um total de 10 artigos, sendo que 2 apresentaram-se repetidos e outros 6 foram excluídos por não contemplarem o desfecho determinado [16-19]. Os revisores, de forma independente, classificaram dois como aptos, totalizando 33 pacientes [20-21] (Figura 1).

As características dos artigos selecionados quanto à intervenção e aos desfechos e resultados são apresentados na Tabela 2. Os dois estudos selecionados possuem alguns autores em comum, porém a amostra e os desfechos não tem relação entre si. Para tanto, apesar da aplicabilidade ser diferente, os parâmetros utilizados no eletrodiagnóstico são semelhantes, facilitando assim a comparação dos resultados obtidos.

Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos para o desfecho definido pelos autores

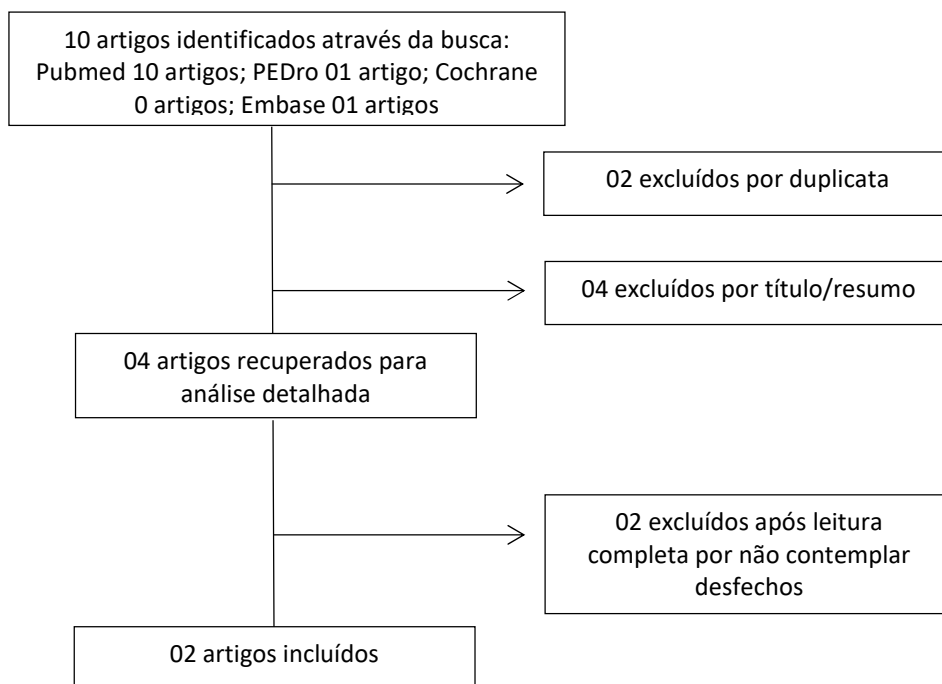


Tabela 2. Estudo incluídos no artigo

Estudo, ano	Grupos	Pacientes (n)	Objetivo principal do estudo	Desfechos	Protocolo Eletrodiagnóstico	Resultados
P.E. Silva, Babault N, Mazullo JB, et al. (2017)	Grupo único	Total: 11	Avaliar a segurança e viabilidade de um protocolo de EENM personalizado realizado sequencialmente em 5 grupos musculares em pacientes criticamente doentes submetidos à ventilação mecânica através do método de eletrodiagnóstico.	<ul style="list-style-type: none"> - Segurança da EENM através da avaliação da excitabilidade neuromuscular (eletrodiagnóstico). - Avaliação da relação entre oferta e consumo de oxigênio através das medidas de lactato sanguíneo e SvcO2. Ainda, o grau de dano muscular foi analisado através da medida indireta de CPK. - Análise da viabilidade da EENM por meio da avaliação do tempo gasto para aplicar todo o protocolo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação cronaxia e reobase - Aparelho Quark 071 (Quark Medical, Piracicaba, Brasil). - 5 grupos musculares (glúteo máximo, gastrocnêmio, tibial anterior, isquiotibiais e quadríceps) - Eletrodos carbono de 9 x 5 cm - Reobase: pulso retangular bipolar, largura de pulso de 1 segundo e um intervalo de descanso de 2 segundos. A corrente foi aumentada de 0 a 69 mA em incrementos de 1 mA até houve uma ligeira, mas claramente visível contração muscular. - Cronaxia: pulso retangular bipolar, a largura do pulso foi aumentada de 20 microsegundos para 1 segundo em incrementos de 100 microssegundos até 1000 microseconds e, em seguida, incrementos de 1000 microssegundos até lá foi uma leve contração muscular visivelmente visível. 	Com base na excitabilidade neuromuscular o protocolo de EENM foi seguro sem dano muscular nocivo ou perturbação do relacionamento entre o suprimento e o consumo de oxigênio. O presente protocolo, apesar de demandar um tempo longo de realização, foi viável com mais de 80% de sessão de sucesso, bem como 100% da contração muscular evocada visível.
P.E. Silva, Maldaner V, Vieira L, et al. (2017)	Grupo único	Total: 22	Avaliar a incidência de distúrbios eletrofisiológicos neuromusculares e atrofia muscular em pacientes com lesão cerebral traumática (TCE) ventilados mecanicamente.	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar a presença de distúrbios eletrofisiológicos neuromusculares através do exame eletrodiagnóstico. - Avaliar a ecogenecidade dos músculos através da ecografia para identificação da presença de atrofia muscular. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação cronaxia e reobase - Aparelho Quark 071 (Quark Medical, Piracicaba, Brasil). - 3 músculos: tibial anterior, bíceps braquial e reto femoral. - Eletrodos carbono de 9 x 5 cm - Reobase: pulso retangular bipolar, largura de pulso de 1 segundo e um intervalo de descanso de 2 	Foi demonstrado que pacientes com TCE ventilados mecanicamente podem apresentar distúrbios eletrofisiológicos neuromusculares além da atrofia muscular generalizada.

<p>- Avaliar a espessura muscular através da ecografia para identificação da presença de atrofia muscular.</p>	<p>a segundos. A corrente foi aumentada de 0 a 69 mA em incrementos de 1 mA até houve uma ligeira, mas claramente visível contração muscular.</p> <p>- Cronaxia: pulso retangular bipolar, a largura do pulso foi aumentada de 20 microssegundos para 1 segundo em incrementos de 100 microssegundos até 1000 microsseconds e, em seguida, incrementos de 1000 microssegundos até lá foi uma leve contração muscular visivelmente visível.</p>	<p>Tibial anterior e reto femoral mostraram uma significativa atrofia e diminuição da qualidade muscular. No entanto, tibial anterior teve a maior incidência de distúrbios eletrofisiológicos.</p>
--	--	---

Ao comparar os artigos selecionados observa-se que apesar de terem sido desenvolvidos em UTIs, as características das amostras são diferentes (pacientes em VMI avaliados na admissão e seguidos por 3 dias versus pacientes com lesão cerebral traumática mas também em VMI e avaliados por 14 dias consecutivos), porém o desenho do estudo escolhido por ambos foi idêntico. Com relação ao tamanho das amostras foram 11 e 49 pacientes respectivamente [20, 21], portanto, amostras relativamente pequenas, possivelmente devido a complexidade dos critérios de inclusão e exclusão escolhidos.

O protocolo de eletrodiagnóstico utilizado foi semelhante entre os estudos, no entanto, os grupos musculares avaliados foram divergentes. Em uma delas os autores escolheram 5 grupos (tibial anterior, glúteo máximo, gastrocnêmio, reto femoral e isquiotibiais) [20] enquanto na outra foram 3 grupos musculares: bíceps braquial, reto femoral e tibial anterior) [21] entendendo que em ambos a escolha deu-se pela atuação na funcionalidade dos indivíduos.

Quanto aos resultados, um dos manuscritos não apresentou dados de alteração de excitabilidade neuromuscular [20] enquanto o outro mostrou ao longo da internação quase 50% de pacientes portadores de disfunção [21], o que pode ser explicado pelas

características das amostras e ainda, pela diferença entre os momentos em que as análises foram realizadas.

Em relação ao risco de viés, classificado pela escala NOS, os artigos apresentaram resultados diferentes no item de seleção, onde o máximo de estrelas possíveis eram 4, considerando que um deles apresentou 3 estrelas [20] e o outro [21] apresentou 2 estrelas. Para o item de comparabilidade ambos os estudos foram classificados com 1 estrela, de um máximo de 2. Já para o item exposição, ambos apresentaram 3 estrelas, sendo este o máximo possível. A classificação se dá por meio da avaliação da quantidade de estrelas, que quanto maior, menor o risco de viés (tabela 3).

Tabela 3. Risco de viés

Estudo	Seleção	Comparabilidade	Resultado
Silva, PE; Maldaner V; Vieira L, et al; 2017	★ ★	★	★ ★ ★
Silva, PE; Babault N; Mazullo JB, 2017	★ ★ ★	★	★ ★ ★

Risco de viés segundo a classificação de Newcastle Ottawa (NOS) para estudos de coorte.

DISCUSSÃO

Considerando o grau de fraqueza muscular adquirida por pacientes em VMI, os quais permanecem por períodos prolongados de tempo no leito, a importância da análise eletrofisiológica das estruturas musculares destes pacientes está bem estabelecida na literatura [7,22], e o exame padrão ouro para estes casos é a eletroneuromiografia com eletrodo de agulha, embora não seja hoje uma rotina nas UTIs [23] devido a ausência de equipamentos, ou pela falta de profissionais especializados na realização e interpretação deste exame, além de ser um procedimento invasivo. Para tanto, os estudos incluídos nesta pesquisa abordam o uso do eletrodiagnóstico para facilitar a avaliação desse grupo de pacientes como uma proposta novo ainda pouco estudada.

Após uma vasta busca na literatura, apenas 10 artigos foram encontrados utilizando uma lista sensível de termos de busca citados na metodologia, sendo que destes, somente 2 atingiam os critérios de inclusão, repetindo alguns autores em ambos,

o que nos leva a crer que este tema apesar de sua necessidade emergente ainda é pouco explorado pelos profissionais fisioterapeutas intensivistas.

Os artigos encontrados, trazem enfoques diferentes: um deles [21] tem como amostra os pacientes com trauma crânio encefálico (TCE) e a aplicação do eletrodiagnóstico para avaliação da presença de atrofia muscular e distúrbios eletrofisiológicos, considerando que esta classe de pacientes passa por um prolongado tempo de imobilidade sem ser possível avaliar a perda de força muscular de forma ativa. Este teste não específico não permite que o examinador determine a fisiopatologia da lesão neurogênica ou mesmo a contribuição da miopatia nos distúrbios eletrofisiológicos. No entanto, ele pode ser usado como um exame inicial de triagem e seus resultados podem fornecer uma linha de ação racional para o estudo da condução nervosa e estimulação muscular direta subseqüentes em configurações de UTIs [24].

Neste estudo [21], 3 grupos musculares foram avaliados, onde o tibial anterior e o reto femoral mostraram uma significativa atrofia e diminuição da qualidade muscular, mostrando altos valores de cronaxia. No entanto, tibial anterior foi o músculo que apresentou maior incidência de distúrbios eletrofisiológicos, apesar de ser pequeno, contudo, os autores afirmam que deve ser sempre considerado para o tratamento e/ou monitoramento por ter um papel importante para a independência e a velocidade de caminhada em pacientes com deficiência [25–26]. É possível sugerir que o tratamento deste músculo pode fornecer maior funcionalidade para os sobreviventes da UTI. Essa incidência predominante no tibial anterior reforça as publicações anteriores utilizando testes de biópsia e / ou angiografia eletromiográfica que demonstraram maior incidência de axonopatia no nervo peroneal [27-29]. Alguns estudos nacionais e internacionais não realizados em UTIs utilizaram vários grupos musculares de forma concomitante para uma avaliação mais da excitabilidade, sendo esta uma opção indicada para ser realizada em novos protocolos com a população crítica [21, 22, 30].

Já no outro estudo selecionado nesta revisão [20], os autores buscaram avaliar a segurança e viabilidade de um protocolo de EENM personalizado realizado sequencialmente em 5 grupos musculares em pacientes criticamente doentes submetidos à VMI. Os mesmos tinham como hipótese que o protocolo de EENM proposto seria seguro, não promovendo distúrbios na relação entre oferta e consumo de oxigênio e danos musculares analisados por meio do exame de eletrodiagnóstico. Considerando o desfecho principal dos autores, o uso da técnica em questão teve como objetivo a

padronização de um protocolo terapêutico, considerando-a um guia para a intervenção realizada. Ainda, os autores encontraram valores diferentes de cronaxia e reobase para os grupos musculares estudados indicando que o uso do eletrodiagnóstico como um norteador para a prática clínica têm relevância.

O estudo de Peviani e colaboradores [31] mostrou que EENM com base em cronaxia e reobase é segura e eficaz na promoção do anabolismo da expressão gênica em camundongos com deficiência da excitabilidade neuromuscular. Recentemente, isso foi confirmado em humanos com o músculo tibial anterior usando um protocolo de EENM personalizado baseado em valores de cronaxia [9]. O teste de eletrodiagnóstico de estímulo permite para a aquisição da cronaxia que tem um papel fundamental no tratamento com EENM para pacientes com distúrbios eletrofisiológicos neuromusculares [9].

Dos estudos incluídos nesta revisão, um deles [20] não encontrou alterações de excitabilidade, já o outro [21], que analisou os mesmos parâmetros por 14 dias, próximo ao período final da análise, observou uma incidência de 48% de lesão. Apesar de ambos terem avaliado o mesmo musculo, tibial anterior, as diferenças nos resultados devem dar-se, provavelmente, pelo período em que a avaliação foi feita: no primeiro [20] ocorreu logo após a internação na UTI e seguiu por apenas três dias consecutivos, enquanto o outro [21] teve como seguimento 14 dias, observando maior taxa de alteração excitável entre 7 e 14 dias. Estes resultados inferem que os maiores níveis de comprometimento ocorrem com o prolongamento da estadia do paciente na UTI não sendo confiável a avaliação por eletrodiagnostico em somente um momento, mas que é necessário um acompanhamento da evolução do paciente ao longo de sua internação.

CONCLUSÃO

O exame de eletrodiagnóstico vem sendo amplamente estudado, porém ainda de forma discreta em UTIs, apesar de os resultados encontrados até o presente momento se mostrarem positivos para diversas aplicabilidades. Considera-se que os resultados encontrados nos dois artigos desta revisão sirvam como fator encorajador para novas pesquisas em âmbito de terapia intensiva testando as funções do exame de eletrodiagnóstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 De Jonghe B, Sharshar T, Lefaucheur JP, et al. Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study. *JAMA*. 2002;288: 2859-67.
- 2 Garnacho-Montero J, Madrazo-Osuna J, Garcia-Garmendia JL, et al. Critical illness polyneuropathy: risk factors and clinical consequences. A cohort study in septic patients. *Intensive Care Med*. 2001;27:1288-96.
- 3 De Letter MA, Schmitz PI, Visser LH, et al. Risk factors for the development of polyneuropathy and myopathy in critically ill patients. *Crit Care Med*. 2001;29:2281-6.
- 4 Jones A. Evidence based physiotherapy in intensive care. *Hong Kong Physioth J*. 2000;18:47–52.
- 5 Denhy L, Berney S. Physiotherapy in intensive care unit. *Phys Ther Rev*. 2006;11:49–56.
- 6 Stiller K. Physiotherapy in Intensive Care: Towards an Evidence-Based Practice. *Chest*. 2000;118:1801–13.
- 7 Lacomis, D. Electrophysiology of neuromuscular disorders in critical illness. *Muscle Nerve*. 2013; 47(3): 452–63.
- 8 Fernandes LFRM, Oliveira NML, Pelet DCS, Cunha AFS, Grecco MAS, Souza LAPS. Stimulus electrodiagnosis and motor and functional evaluations during ulnar nerve recovery. *Braz J Phys Ther*. 2016;20(2):126-132.
- 9 Pieber K, Herceg M, Paternostro-Sluga T, Schuhfried O. Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: a crosssectional study. *J Neuroeng Rehabil*. 2015; 7:12-51
- 10 Polônio JT, Barbieir CH, Mattiello-Sverzut AC. Eletroestimulação seletiva mantém estrutura e função do tibial anterior desnervado de ratos. *Acta Ortop. Bras*. 2010; 18(2): 85-89.
- 11 Russo T, Franca C, Castro C, Salvini TF. Alterations of chronaxie, rheobase and accommodation in denervated skeletal muscle submitted to electrical stimulation. *Braz J Phys Ther*. 2004;8:169-175.
- 12 Ashley Z, Sutherland H, Lanmmuller H et al,. Determination of the chronaxie and rheobase of denervated limb muscles in conscious rabbits. *Artif Organs*. 2005; 29:212-215.
- 13 Gutmann E, Zelena J. Morphological change in the denervated muscle. In: Gutmann E, ed. *The denervated Muscle*, chapter 2. Prague Czechoslovak Academy of Sciencies. 1962; 57-102.

- 14 Castro CES, Longo GJ, Parizotto NA. A importância do eletrodiagnóstico de estímulo na terapia excitomotora. *Rev. Paul. Fisioter.* 1980; 2: 54-68.
- 15 Wells GA, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, Tugwell P. Ottawa Hospital Research Institute. The Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. Disponível em: <http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp>2013. Acesso em: 24 de janeiro de 2018.
- 16 Gibbels E, Schliep G. Diabetic polyneuropathy: problems of diagnosis and nosology. Demonstrated on the basis of recent literature reviews and analysis of 100 cases. *Fortschr Neurol Psychiatr Grenzgeb.* 1970; 38(8):369-436.
- 17 Kimura J. Electrodiagnostic study of the facial nerve in Charcot-Marie-Tooth disease and the Guillain-Barré syndrome. *Neurology.* 1970; 20(4):384-5.
- 18 Reniers J, Martin L. Denervation atrophy in isoniazid polyneuropathy. Histo-enzymatic study. *Acta Neurol Psychiatr Belg.* 1967; 67(10):783-96.
- 19 Matiar-Vahar H, Rohrer H. Familial recurrent polytopic neuropathy. *Fortschr Neurol Psychiatr Grenzgeb.* 1970; 38(10):493-523.
- 20 P.E. Silva et al. Safety and feasibility of a neuromuscular electrical stimulation chronaxie-based protocol in critical ill patients: A prospective observational study. *Journal of Critical Care.* 2017; 37:141–148.
- 21 Silva PE, Maldaner V, Vieira L, de Carvalho KL, Gomes H. et al. Neuromuscular electrophysiological disorders and muscle atrophy in mechanically-ventilated traumatic brain injury patients: New insights from a prospective observational study. *J Crit Care.* 2017; 19(44):87-94.
- 22 Latronico N, Bertolini G et al. Simplified electrophysiological evaluation of peripheral nerves in critically ill patients: the Italian multi-centre CRIMYNE study. *Crit Care.* 2007; 11(1):11.
- 23 Parry SM, El-Ansary D et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *J Crit Care.* 2015;30(5):1151.e9–1151.e14.
- 24 Paternostro-Sluga T, Schuhfried O et al. Chronaxie and accommodation index in the diagnosis of muscle denervation. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002; 81(4):253–60.

- 25 Itoh S, Kubota K, Ogata K, Tsuji T. Exercise system for eccentric tibialis anterior contraction to improve ambulatory function. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016;2016:5845–8.
- 26 Dorsch S, Ada L, Canning CG, Al-Zharani M, Dean C. The strength of the ankle dorsiflexors has a significant contribution to walking speed in people who can walk independently after stroke: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93:1072–6.
- 27 Latronico N, Fenzi F, Recupero D, Guarneri B, Tomelleri G, Tonin P, et al. Critical illness myopathy and neuropathy. *Lancet.* 1996;347:1579–82.
- 28 Latronico N, Nattino G, Guarneri B, Fagoni N, Amantini A, Bertolini G. Validation of the peroneal nerve test to diagnose critical illness polyneuropathy and myopathy in the intensive care unit: the multicentre Italian CRIMYNE-2 diagnostic accuracy study. *F1000Research.* 2014;3:127.
- 29 Latronico N, Bertolini G, Guarneri B, Botteri M, Peli E, Andreoletti S, et al. Simplified electrophysiological evaluation of peripheral nerves in critically ill patients: the Italian multi-centre CRIMYNE study. *Crit Care.* 2007;11:R11.
- 30 Lee WD; Ju-Hyun Kim JH; Lee JU; Kim MY; Lee LK; Yang SM; Jeon HJ; Lee TH; Kim J. Differences in Rheobase and Chronaxie between the Paretic and Non-Paretic Sides of Hemiplegic Stroke Patients: a Pilot Study. *J. Phys. Ther. Sci* 25: 717–719, 2013
- 31 Peviani SM, Russo TL, Durigan JLQ, Vieira BS, Pinheiro CM, Galassi MS, et al. Stretching and electrical stimulation regulate the metalloproteinase-2 in rat denervated skeletal muscle. *Neurol Res.* 2010;32:891–6.

CAPÍTULO 4

Técnica de Eletrodiagnóstico em Pacientes Críticos

Neste capítulo a autora apresenta suas duas produções principais, sobre o uso do eletrodiagnóstico em ambientes de terapia intensiva, as quais ainda não foram formatadas para nenhuma revista específica.



PRODUÇÃO 11 – CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao compreender que o tempo prolongado de estadia no leito pode levar a consequências físicas e funcionais nos pacientes e que a análise da musculatura periférica é de suma importância para reduzir as chances dos efeitos deletérios, o presente artigo foi desenvolvido com base na técnica de eletrodiagnóstico com o objetivo de compreender o comportamento da atividade neuromuscular em diferentes grupos de pacientes críticos e após, criar um protocolo base para o uso da EENM para essa população.

Obs.: Artigo sem formatação específica, pois ainda não foi definida a revista para publicação.

A EXCITABILIDADE NEUROMUSCULAR DE PACIENTES CRÍTICOS COM CARACTERÍSTICAS AGUDAS, SUBAGUDAS OU CRÔNICAS NÃO DIFERE NO MOMENTO DA ADMISSÃO NA UTI

Amanda Sachetti

João Durigan

Janaína Pilau

Alexandre Simões Dias

RESUMO

Pacientes que permanecem internados em unidades críticas por um período prolongado de tempo sofrem as consequências dessa estadia, devido a inércia e a redução do status funcional. Nesse sentido, as alterações a nível neuromuscular são bastante frequentes e alarmantes, devido as sequelas possíveis. Para tanto, algumas estratégias de avaliação precoce e acompanhamento vindo sendo estudadas, sendo uma delas, a técnica de eletrodiagnóstico. Objetivo: avaliar e comparar os níveis de excitabilidade neuromuscular na admissão do paciente na UTI entre os pacientes com características agudas, subagudas e crônicas. Metodologia: Estudo transversal onde foram avaliados na admissão (entre 24 e 72 horas) pacientes ventilados mecanicamente. Estes, por meio de suas características clínicas na chegada, foram classificados em grupos: agudo, subagudo e crônico. Após a entrada no estudo, dados de caracterização foram extraídos do sistema de prontuários eletrônicos da instituição, bem como dados do período de entrada na UTI como SAPS III, cálculo do SOFA e informações clínicas do paciente. Após, foi realizado o teste de eletrodiagnóstico no musculo tibial anterior, precedido do

exame do ponto motor do mesmo musculo, onde para ambos os testes houve embasamento científico para o protocolo utilizado. Resultados: foram avaliados 94 pacientes, adultos, de ambos os sexos, divididos em três grupos, sendo eles: agudo composto por 48 pacientes, subagudo por 31 e crônico por 17. Eram em sua maioria idosos, distribuídos uniformemente entre os sexos, com internação principalmente por causas pulmonares e, eram previamente portadores de co-morbidades pulmonares e cardíacas. Permaneceram pouco mais de uma semana na UTI e ventilaram, de forma invasiva, principalmente por modo pressão nesse período. Com relação ao eletrodiagnóstico, a maior reobase encontrada foi no grupo subagudo e a cronaxia foi muito linear entre os grupos, não apontando diferença estatisticamente significativa. Conclusão: os pacientes dessa amostra não apresentaram diferenças significativas entre os valores de cronaxia e reobase quando separados por grupos de condições clínicas logo na chegada na UTI, indicando que existe a possibilidade de criar uma estratégia de intervenção precoce padrão para todos nesse mesmo período e que o acompanhamento individual deve dar-se ao longo da permanência na UTI.

Palavras-chave: eletrodiagnóstico, unidade de terapia intensiva, cronaxia

ABSTRACT

Patients who remain in critical units for an extended period of time suffer the consequences of this stay due to inertia and reduced functional status. In this sense, neuromuscular changes are quite frequent and alarming due to possible sequelae. Therefore, some strategies of early evaluation and follow-up are being studied, one of them being the electrodiagnostic technique. Objective: to evaluate and compare the levels of neuromuscular excitability in the ICU patient admission among patients with acute, subacute and chronic characteristics. Methodology: A cross-sectional study where mechanically ventilated patients were evaluated at admission (between 24 and 72 hours). These, through their clinical characteristics on arrival, were classified into groups: acute, subacute and chronic. After entering the study, characterization data were extracted from the institution's electronic medical records system, as well as data from the ICU entry period such as SAPS III, SOFA calculation and patient clinical information. After that, the electrodiagnostic test was performed on the anterior tibial muscle, preceded by the examination of the motor point of the same muscle, where for both tests there was scientific basis for the protocol used. Results: 94 adult patients of

both sexes, divided into three groups, were: acute composed of 48 patients, subacute for 31 and chronic for 17. They were mostly elderly, distributed evenly between the sexes, with hospitalization mainly due to pulmonary causes and previously had pulmonary and cardiac comorbidities. They stayed for a little more than a week in the ICU and ventilated, in an invasive manner, mainly by pressure mode in this period. Regarding electrodiagnosis, the highest rebase was found in the subacute group and chronaxia was very linear between the groups, indicating no statistically significant difference. Conclusion: patients in this sample did not present significant differences between chronaxia and rebase values when separated by clusters of clinical conditions upon arrival in the ICU, indicating that there is the possibility of creating a standard early intervention strategy for all during the same period and that individual follow-up should take place during the ICU stay.

Key-words: Electrodiagnosis, Intensive Care Units, Chronaxy

INTRODUÇÃO:

A cada ano milhões de pacientes são internados em ambientes hospitalares críticos, como unidades de terapia intensiva (UTI) (Adhikari e Rubenfeld 2011), devido aos avanços tecnológicos que fazem aumentar a sobrevivência de pacientes gravemente enfermos (Kress et al. 2000; Vincent et al. 2016). No entanto, a sobrevivência através de cuidados intensivos acarreta custos importantes ao sistema, deixa prejuízos na função física e na qualidade de vida do doente, além de onerar a sociedade como um todo, por meio da perda de produtividade do mesmo (Unroe et al. 2010). Devido ao tempo de imobilidade, a grande maioria desses pacientes desenvolve disfunções a nível muscular (Deem 2006; Griffiths e Hall 2010; Samosawala et al. 2016; Valls-Matarine et al. 2015) e restrições em sua capacidade funcional (Patsaki I, Gerovasili V, Sidoras G et al, 2017) que está associado ao atraso no desmame ventilação mecânica (VM) (De Jonghe et al. 2007; Powers et al. 2013), prolongada e cara estadia na UTI e no hospital (Edbrooke et al. 2011), além de altas taxas de mortalidade (Leijten et al. 1995; Nanas et al. 2008).

Atualmente as pesquisas vem trazendo informações relacionadas as alterações de excitabilidade em pacientes com lesões nervosas (Pinheiro-Dardis and Russo, 2017; Kern H,2004), porém pouco tem sido estudado sobre as alterações que possam ocorrer em outros grupos de pacientes, como aqueles que permanecem internados em unidades

críticas fechadas tendo a inercia no leito prevalecendo. Sabe-se que os valores de cronaxia giram em torno de 60 e 1000 μ s (Paternostro-Sluga T, 2002; Recoskie BJ, 2009) para populações normais dependendo das características individuais, já valores acima de 1000 μ s seriam considerados como lesões nervosas. Ainda assim, a literatura aponta que a maior parte dos pacientes beneficia-se com estimulações em torno de 400 μ s (Poulsen et al, 2011; Karatzanos et al, 2012; Kho et al, 2015; Fisher et al, 2016; Abdellaoui et al, 2011), diferentemente dos pacientes críticos onde a cronaxia pode chegar a 700 μ s (Silva PE, 2017). Para tanto, observa-se a necessidade de compreender quais os níveis de excitabilidade neuromuscular nos pacientes críticos em diferentes condições, a fim de mapear possíveis lesões nervosas e dar mais condições de traçar terapêuticas direcionadas e eficazes, como a eletroestimulação neuromuscular.

Evidências emergentes demonstraram que a mobilização precoce é viável e bem tolerada levando benefícios aos pacientes em terapia intensiva (Hodgson et al. 2015), como por exemplo, a redução do tempo de permanência tanto na UTI quanto no hospital e melhora os resultados funcionais na alta (Morandi et al. 2011). Para tanto, uma das técnicas de mobilização mais estudadas nos últimos anos é a de Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM), por ser uma alternativa viável aos pacientes sedados ou que não podem realizar movimentação ativa (Patsaki I, Gerovasili V, Sidoras G et al, 2017; leite MA; Osaku EF; Albert J, et al., 2018). Embora apresente algumas restrições relacionadas ao tempo de aplicação e a necessidade de treinamento da equipe, estudos recentes trazem que a mesma é segura e viável para ser realizada em pacientes críticos (Sachetti A, Carpes MF, Dias AS, Sbruzzi G, 2018), além de preservar massa muscular de determinados grupos (A.M. Dall'Acqua et al., 2017) e a mobilidade (Sachetti, Amanda, Dal'Acqua, Ana Maria, de Aguiar Lemos, Fernando et al, 2017).

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) tem sido considerada uma opção importante para a prevenção de alterações neuromusculares causadas pela inércia no leito (Routsi C ET AL, 2010; Rodriguez PO et al, 2011), no entanto, não há consenso sobre os melhores parâmetros a serem utilizados, tais como carga total, localização do ponto motor e limiar de excitabilidade neuromuscular (Maffioletti NA et al, 2011). Até o momento, todos os estudos em UTI utilizaram protocolos de EENM sem preocupação com os níveis de excitabilidade neuromuscular ou carga total (Routsi C ET AL, 2010; Rodriguez PO et al, 2011; Pieber K et al, 2015; Abdellaoui A et al, 2011; Karatzanos E et al, 2012; Fischer A et al, 2016; Sachetti, Amanda, Dal'Acqua, Ana Maria, de Aguiar

Lemos, Fernando et al, 2017). Embora alguns estudos tenham encontrado resultados favoráveis com a utilização da EENM (Sachetti, Amanda, Dal'Acqua, Ana Maria, de Aguiar Lemos, Fernando et al, 2017), outros não conseguiram demonstrar os mesmos resultados [Maffiuletti NA et al, 2013; Parry SM et al, 2013; Maffiuletti NA et al, 2013], o que pode estar relacionado aos diferentes protocolos utilizados e a falta de avaliações de excitabilidade neuromuscular para o desenvolvimento individual destes (Silva PE et al, 2017).

Contudo, o eletrodiagnóstico é considerado um exame validado, de baixo custo e não invasivo para diagnosticar alterações de excitabilidade neuromuscular. Sua sensibilidade variou de 88% a 100% quando comparado à eletromiografia por agulha (Paternostro-Sluga et al., 2002). Durante o eletrodiagnóstico, a reobase e a cronaxia são obtidos, sendo a primeira, o mínimo de corrente em miliamperes (mA) necessária para produzir uma leve contração muscular, com pulso quadrado de 1000 ms e intervalo entre pulsos igual a 2000 ms, já a cronaxia, é a duração mínima do pulso necessária para produzir uma contração muscular visível com pulso quadrado. O diagnóstico do TED baseia-se na análise de diferentes respostas neuromusculares evocadas por estímulos elétricos (Paternostro-Sluga et al., 2002; Silva et al., 2018) e pode ser usado como exame de triagem inicial, e seus resultados podem fornecer um curso racional de ações subsequentes em UTI (Paternostro-Sluga et al., 2002; Silva et al., 2018). Além disso, também pode fornecer informações essenciais a fim de aumentar a eficácia do tratamento com EENM utilizando a duração do pulso de acordo com a cronaxia (Silva et al., 2017).

Para tanto, o objetivo do presente estudo é avaliar através do TED, na admissão do paciente na UTI, os níveis de excitabilidade neuromuscular em pacientes críticos com características clínicas agudas, subagudas e crônicas e, a partir dessa análise propor um protocolo de EENM baseado em valores de cronaxia e reobase para estes pacientes.

METODOLOGIA

Estudo de corte transversal, descritivo e prospectivo. Fizeram parte da amostra os pacientes internados na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) adulto do Hospital de Clínicas de Passo Fundo (HCPF) no período de julho de 2017 a dezembro de 2018. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa institucional e local sob

Nº2.305.619. Em se tratando de uma pesquisa com seres humanos, o termo de consentimento para inclusão no estudo foi assinado pelos responsáveis dos mesmos.

A população do estudo foi composta por pacientes internados na referida UTI dentro do período estipulado para coleta de dados, sendo que para seleção destes foram utilizados como critérios de inclusão: idade acima de 18 anos, ambos os sexos, sob ventilação mecânica a partir de 24 e até 72 horas, internados na UTI sem limitar data de admissão. Foram excluídos os pacientes que apresentaram instabilidade hemodinâmica, portadores de doenças neurológicas prévias, neuromusculares, grávidas, pacientes com fratura ou com seqüela física já detectada, lesões de pele ou incisões cirúrgicas recentes na região da perna a ser avaliada, além daqueles que estivessem em uso de bloqueador neuromuscular no momento da avaliação.

Após dar entrada no estudo, por meio do seu histórico clínico os pacientes foram alocados em 3 grupos, sendo eles o agudo, subagudo e crônico. Os pacientes incluídos no grupo agudo foram aqueles que não sofreram internações no último ano, mas que internaram na UTI pelo aparecimento ou agravamento de uma doença nova, como por exemplo, trauma, acidente vascular encefálico, cirurgias eletivas, choque hemodinâmico, insuficiência respiratória aguda. Os pacientes subagudos são aqueles que sofreram re-agudizações de patologias já existentes, por exemplo, uma crise hipertensiva em um portadores de HAS, descompensação de um quadro de insuficiência cardíaca ou ainda aqueles que sofreram re-internação na UTI dentro dos últimos 30 dias. Já o grupo crônico foi composto por pacientes que eram portadores de doenças já instaladas, sem condições de cura, como por exemplo, esclerose lateral amiotrófica, pacientes em estado vegetativo, pacientes com necessidade de terapia renal, entre outras condições crônicas que requeressem maior atenção clínica.

Avaliação do paciente

Uma busca diária de indivíduos elegíveis para o estudo através do sistema informatizado do hospital foi realizada, onde as informações coletadas foram extraídas para uma planilha do Software Microsoft Excel. Houve registro por parte dos pesquisadores de dados de identificação e características socioeconômicas, diagnóstico médico, condições clínicas momentâneas e dados do momento da internação a fim de confirmar a possibilidade de inclusão no estudo. Após completar 24 horas de ventilação mecânica necessárias para estar efetivamente incluso, foi avaliada a gravidade do

paciente pelo Escore SAPS (Simplified Acute Physiology Score 3), um sistema prognóstico que inclui medidas exclusivamente das primeiras 24 horas na UTI considerando-a para a triagem de admissão onde visa estabelecer um índice preditivo de mortalidade nesta unidade (Keegan MT, Soares M, 2016). Sendo validado no Brasil em 2010, indica os pacientes mais graves e determina cuidados intensivos para aqueles que apresentam pontuação elevada. O menor valor atribuído pelo escore é 16 e o maior é de 217 pontos (Silva Junior JM et al, 2010).

Além do SAPS, o escore SOFA (Sequential Organ Failure Assessment) foi calculado, a fim de descrever individualmente a disfunção/falência orgânica do paciente, nele analisam-se seis sistemas, que são: Respiratório, Hematológico, Hepático, Renal, Cardiovascular e Neurológico (Keegan MT, Soares M, 2016). Cada sistema é avaliado a partir de variáveis simples, objetivas, disponíveis por rotina em todas as UTI's, específicas para o órgão em questão (Machado FR et al, 2016). Cada subitem é pontuado de 1 a 4 e quanto maior a nota, maior é a falência do órgão ou sistema avaliado, sendo que escores elevados durante as primeiras 96 horas associam-se a maior risco de óbito (Keegan MT, Soares M, 2016).

Teste Eletrodiagnóstico (TED)

O teste eletrodiagnóstico (TED) foi realizado por um gerador de pulso universal *Dualpex 071* (Quark Medical LTDA, Piracicaba, Brasil). O músculo escolhido para avaliação foi o Tibial Anterior (TA) do lado dominante do paciente, por ter um papel importante na deambulação, na independência e na velocidade em pacientes com deficiência (Itoh S, Kubota K, Ogata K, Tsuji T, 2016; Dorsch S et al, 2012). É possível sugerir que o tratamento desse músculo pode fornecer mais funcionalidade para pacientes após a alta da UTI (Silva PE et al, 2017).

O ponto motor do músculo foi identificado pela varredura da superfície da pele com um eletrodo caneta de estimulação e correspondeu à localização em que um pulso elétrico evocou uma contração muscular claramente visível com a menor corrente necessária (Irnich W, 2010), os locais de colocação dos eletrodos foram determinados baseado em áreas de maior excitabilidade conforme descrito anteriormente. Os eletrodos foram colocados no músculo Tibial Anterior (TA) em seu plano longitudinal, com um eletrodo positivo no ponto motor e outro eletrodo, negativo, na extremidade distal do ventre muscular (Pieber K et al, 2015).

Para a medição da reobase, a corrente foi aumentada de 0 para 69 mA(miliampères) em incrementos de 1 mA até que ocorresse uma ligeira, mas claramente visível, contração muscular (Fernández AM, 2001). Essa estimulação foi realizada com duração de pulso retangular de 1 segundo e intervalo de descanso de 2 segundos. Para a medição da cronaxia, a largura de pulso foi aumentada a partir de 20 μ s(microssegundos) para 1 segundo, de 100 μ s em 100 μ s até 1000 μ s, a partir deste, foram realizados incrementos de 1000 μ s até observar uma contração visível ou então palpável. O valor da intensidade para avaliação da cronaxia foi sempre o dobro da reobase (Paternostro-Sluga T et al, 2002).

Foi definido o prazo para o TED entre 24 e 72 horas da admissão na UTI, devido a literatura trazer esse período como referência para a produção de maior dano muscular (Silva PE et al, 2017).

Análise Estatística

Para determinar o tamanho amostral foi realizado o cálculo através do programa WinPEPI (*Programs for Epidemiologists for Windows*) versão 11.43 e baseado em um estudo piloto com 15 pacientes, 5 em cada grupo. Considerando um nível de significância de 5%, poder de 80% e um tamanho de efeito mínimo de 0,7 desvios padrão entre os grupos para a reobase, obteve-se um total mínimo de 31 pacientes por grupo, totalizando 93 pacientes.

As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão ou mediana e amplitude interquartilica. As variáveis categóricas foram descritas por frequências absolutas e relativas.

Para comparar médias, a Análise de Variância (*ANOVA*) em conjunto com o teste de *Tukey* foi aplicado. Em caso de assimetria, o teste de *Kruskal-Wallis* complementado por *Dunn* foi utilizado. Na comparação de proporções, os testes qui-quadrado de *Pearson* ou exato de *Fisher* foram aplicados. Para localizar as associações, o teste dos resíduos ajustados foi utilizado.

A associação entre os escores SOFA e SAPS III com Reobase e Cronaxia foi avaliada pelo coeficiente de correlação de *Spearman*.

O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) e as análises foram realizadas no programa SPSS versão 21.0.

RESULTADOS

O total de pacientes elencados para a pesquisa foi de 1304, porém após perdas e exclusões a amostra total foi composta por 94 pacientes conforme o fluxograma. As características dos pacientes incluídos são apresentadas pela tabela 1 onde são apresentados os dados do grupo total e dos três subgrupos agudo, subagudo e crônico.

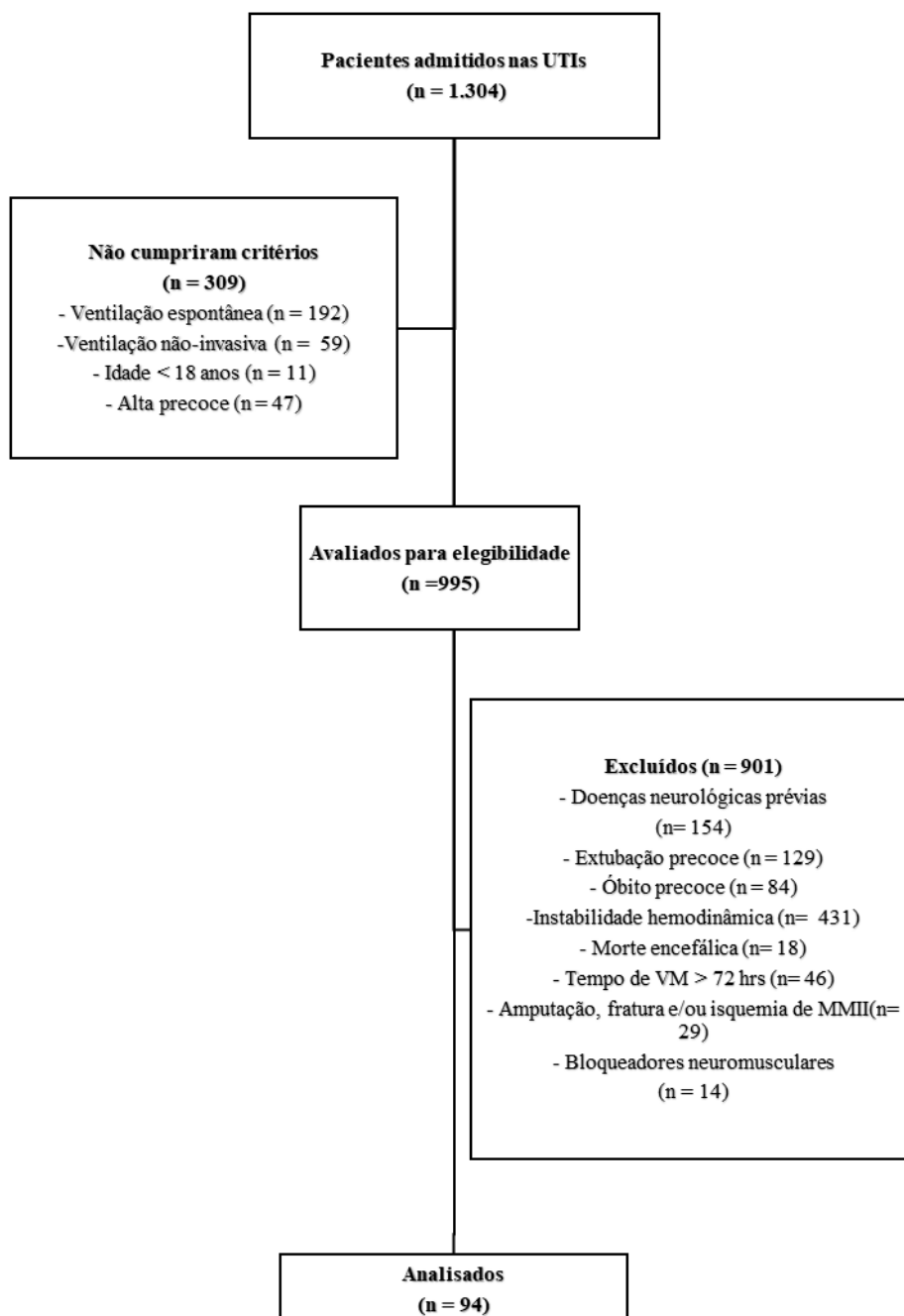


Figura 1. Fluxograma do estudo

Tabela 1. Caracterização da amostra

Variáveis	Agudo (n=48)	Subagudo (n=31)	Crônico (n=17)	p
Idade (anos) – média ± DP	62,1 ± 17,6	67,4 ± 11,9	65,4 ± 15,3	0,319
Sexo – n(%)				0,439
Masculino	24 (50,0)	20 (64,5)	9 (52,9)	
Feminino	24 (50,0)	11 (35,5)	8 (47,1)	
Profissão – n(%)				0,266
Aposentado	15 (31,3)	15 (48,4)	6 (35,3)	
Agricultor	6 (12,5)	3 (9,7)	4 (23,5)	
Pedreiro	1 (2,1)	3 (9,7)	1 (5,9)	
Outras	26 (54,2)	10 (32,3)	6 (35,3)	
Estado Civil – n(%)				0,271
Casado	14 (29,2)	14 (45,2)	7 (41,2)	
Divorciado	25 (52,1)	16 (51,6)	7 (41,2)	
Viúvo	8 (16,7)	0 (0,0)	3 (17,6)	
Solteiro	1 (2,1)	1 (3,2)	0 (0,0)	
Nível de escolaridade – n(%)				0,036
1º grau incompleto	17 (35,4)	21 (67,7)*	4 (23,5)	
1º grau completo	3 (6,3)	1 (3,2)	1 (5,9)	
2º grau incompleto	2 (4,2)	3 (9,7)	0 (0,0)	
2º grau completo	5 (10,4)	0 (0,0)	1 (5,9)	
Superior completo	1 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	
Não informado	20 (41,7)	6 (19,4)	11 (64,7)*	
Disfunção orgânica – n(%)				0,030
Pulmonar	17 (35,4)	13 (41,9)	5 (29,4)	
Cardiovascular	5 (10,4)	4 (12,9)	3 (17,6)	
Neurológico	13 (27,1)*	3 (9,7)	2 (11,8)	
Renal	1 (2,1)	3 (9,7)	6 (35,3)*	
Hepático	5 (10,4)	4 (12,9)	0 (0,0)	
Hematológico	1 (2,1)	2 (6,5)	0 (0,0)	
Outros	6 (12,5)	2 (6,5)	1 (5,9)	
Comorbidades – n(%)				

Sem comorbidades	12 (25,0)*	2 (6,5)	0 (0,0)	0,012
Pulmonar	11 (22,9)	13 (41,9)	6 (35,3)	0,189
Cardiovascular	14 (29,2)	12 (38,7)	3 (17,6)	0,307
Neurológico	6 (12,5)	3 (9,7)	1 (5,9)	0,907
Renal	3 (6,3)	1 (3,2)	4 (23,5)*	0,039
Hepático	2 (4,2)	4 (12,9)	0 (0,0)	0,147
Hematológico	1 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	1,000
Outros	1 (2,1)	2 (6,5)	1 (5,9)	0,591
Sepse	1 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	1,000
Diabetes Mellitus	9 (18,8)	1 (3,2)	7 (41,2)*	0,004
Sistema urinário	1 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	1,000

* associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância; utilizado teste Qui-Quadrado;

A tabela 2 apresenta dados relacionados a internação atual e condição clínica dos pacientes, onde não se obteve um comportamento linear entre as variáveis e os grupos.

Tabela 2 – Dados da internação

Variáveis [#]	Agudo (n=48)	Subagudo (n=31)	Crônico (n=17)	p
Tempo de internação na UTI (dias)	8 (5 a 13)	9 (6 a 14)	10 (5 a 15)	0,716
Dias antes de internar na UTI	1 (0 a 4)	1 (0 a 5)	2 (0 a 8)	0,697
Tempo de internação total (dias)	14 (8 a 28)	18 (10 a 27)	22 (12 a 36)	0,124
SAPS III	65,6 ± 15,2 ^a	73,9 ± 13,3 ^b	74,2 ± 15,8 ^{ab}	0,023
SOFA	5,81 ± 2,26 ^a	8,71 ± 3,11 ^b	9,88 ± 3,04 ^b	<0,001
Glicemia	140 (105 a 197)	152 (109 a 291)	130 (110 a 140)	0,500
RASS	-5 (-5 a -3,3)	-5 (-5 a -4)	-5 (-5 a -2)	0,572
ECG	3 (3 a 6)	7 (3 a 8)	4 (3 a 6)	0,289
PAS	115,6 ± 24,8	119,5 ± 18,5	114,8 ± 23,1	0,702
PAD	59,3 ± 11,6	63,9 ± 12,9	57,8 ± 13,5	0,172
PAM	78,0 ± 16,6	79,8 ± 11,8	76,6 ± 18,4	0,783
FC	86,4 ± 22,3	93,7 ± 18,0	97,1 ± 21,3	0,123

FR	17,8 ± 4,1	18,8 ± 3,9	18,1 ± 2,8	0,544
SAT	96,9 ± 2,4	96,4 ± 2,6	97,1 ± 2,8	0,555
TEMP	36,6 ± 0,8	36,6 ± 1,1	36,7 ± 0,7	0,953
Sedat/Analg				
Não utilizou	7 (14,6)	6 (19,4)	0 (0,0)	0,165
Fentanil	33 (68,8)	22 (71,0)	14 (82,4)	0,558
Midazolam	20 (41,7)	17 (54,8)	14 (82,4)*	0,015
Propofol	5 (10,4)	0 (0,0)	1 (5,9)	0,174
DVA				0,028
Não utilizou	17 (35,4)	12 (38,7)	3 (17,6)	
Noradrenalina	29 (60,4)	13 (41,9)	10 (58,8)	
Vasopressina	0 (0,0)	3 (9,7)*	0 (0,0)	
Nora + vasopressina	2 (4,2)	3 (9,7)	4 (23,5)*	
Antibióticos				0,007
Não utilizou	25 (52,1)	15 (48,4)	5 (31,3)	
Clindamicina	8 (16,7)	9 (29,0)	1 (6,3)	
Vancomicina	3 (6,3)	4 (12,9)	7 (43,8)*	
Cefepime	6 (12,5)	3 (9,7)	1 (6,3)	
Meropenem	2 (4,2)	0 (0,0)	2 (12,5)	
Amoxicilina	4 (8,3)*	0 (0,0)	0 (0,0)	
PH	7,37 ± 0,10	7,36 ± 0,09	7,39 ± 0,12	0,596
PACO ₂	39,2 ± 10,7 ^{ab}	43,1 ± 12,1 ^b	32,2 ± 6,8 ^a	0,005
HCO ₃	22,5 ± 4,8 ^{ab}	24,2 ± 8,0 ^b	19,6 ± 4,5 ^a	0,042
BE	-1,84 ± 6,06	-1,04 ± 7,60	-4,05 ± 6,31	0,321
PAO ₂	127,8 ± 60,9	109,3 ± 48,1	139,4 ± 44,8	0,151
Lactato	1,65 (1,3 a 2,65)	2,2 (1,5 a 7)	1,2 (0,8 a 1,7)	0,041
Leucócitos	4251 (935 a 11000)	1449 (677 a 2516)	10380 (1879 a 17300)	0,006
Creatinina	1,51 (0,91 a 2,09)	1,57 (1,08 a 2,86)	2,41 (1,18 a 3,19)	0,098
Plaquetas	155 (94 a 227)	216 (108 a 248)	303 (139 a 380)	0,120

variáveis descritas por média ± desvio padrão, mediana (percentis 25-75) ou n(%); * associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância; ^{a,b} Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ou Dunn a 5% de significância. Realizado análise por ANOVA e teste de Tukey. SAPS III: Simplified Acute Physiology Score; SOFA: Sepsis-related Organ Failure

Assessment; RASS: Richmond Agitation-Sedation Scale; ECG: Escala Coma Glasgow; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; FC: Frequencia Cardíaca; FR: frequência respiratória; SAT: saturação de oxigênio; TEMP: temperatura; DVA: drogas vasoativas; PH: potencial hidrogenionico; PACO2: pressão arterial de dióxido de carbono; HCO3: bicarbonato; BE: base excesso; PAO2: pressão arterial de oxigênio.

Tabela 2 – Continuação

Variáveis [#]	Agudo (n=48)	Subagudo (n=31)	Crônico (n=17)	p
Tipo de VM				0,598
PC	38 (79,2)	25 (80,6)	15 (88,2)	
PSV	3 (6,3)	4 (12,9)	1 (5,9)	
CPAP	3 (6,3)	0 (0,0)	1 (5,9)	
VC	4 (8,3)	2 (6,5)	0 (0,0)	
Volume corrente	454,1 ± 113,1	484,7 ± 95,1	441,8 ± 83,1	0,297
FIO2	38,7 ± 13,2 ^a	49,2 ± 18,8 ^b	38,9 ± 14,2 ^{ab}	0,010
PEEP	6,4 ± 1,6	6,9 ± 1,5	6,8 ± 1,3	0,351
PPICO	20,4 ± 4,5	22,4 ± 6,3	20,2 ± 3,1	0,188
PMédia	14,6 ± 5,9	16,9 ± 6,2	13,1 ± 4,2	0,103
CD	33,8 ± 11,2	35,3 ± 13,9	37,3 ± 6,4	0,552
Volmin	8,2 (6,8 a 9,7)	8,0 (7,5 a 10,5)	7,6 (7,3 a 8,3)	0,254
Wob	1,1 (1,0 a 1,7) ^a	1,6 (1,2 a 2,3) ^b	1,0 (1,0 a 1,6) ^{ab}	0,014
Total MRC	50,3 ± 7,3	46,2 ± 9,8	41,1 ± 15,0	0,126

[#] variáveis descritas por média ± desvio padrão, mediana (percentis 25-75) ou n(%); * associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância; ^{a,b} Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ou Dunn a 5% de significância; Realizado análise por ANOVA e teste de Tukey. PC: pressão controlada; PSV: pressão de suporte; CPAP: pressão positiva contínua na via aérea; VC: volume controlado; FIO2: fração inspirada de oxigênio; PEEP: pressão positiva expiratória final; Ppico: pressão de pico; PMédia: pressão média; CD: complacência dinâmica; Volmin: volume minuto; Wob: trabalho; MRC: *Medical research council*

Já na tabela 3 são apresentados os dados relacionados ao TED, onde houve diferença estatisticamente significativa entre o grupo agudo e subagudo e entre o grupo subagudo e crônico. Para cronaxia não se observou diferenças importantes, porém quando analisada a Curva I/T, o grupo subagudo apresentou, na maior parte das larguras de pulso, necessidades de intensidades mais elevadas para promoção de contração muscular.

Tabela 3 – Dados do TED

Variáveis [#]	Agudo	Subagudo	Crônico	p
------------------------	-------	----------	---------	---

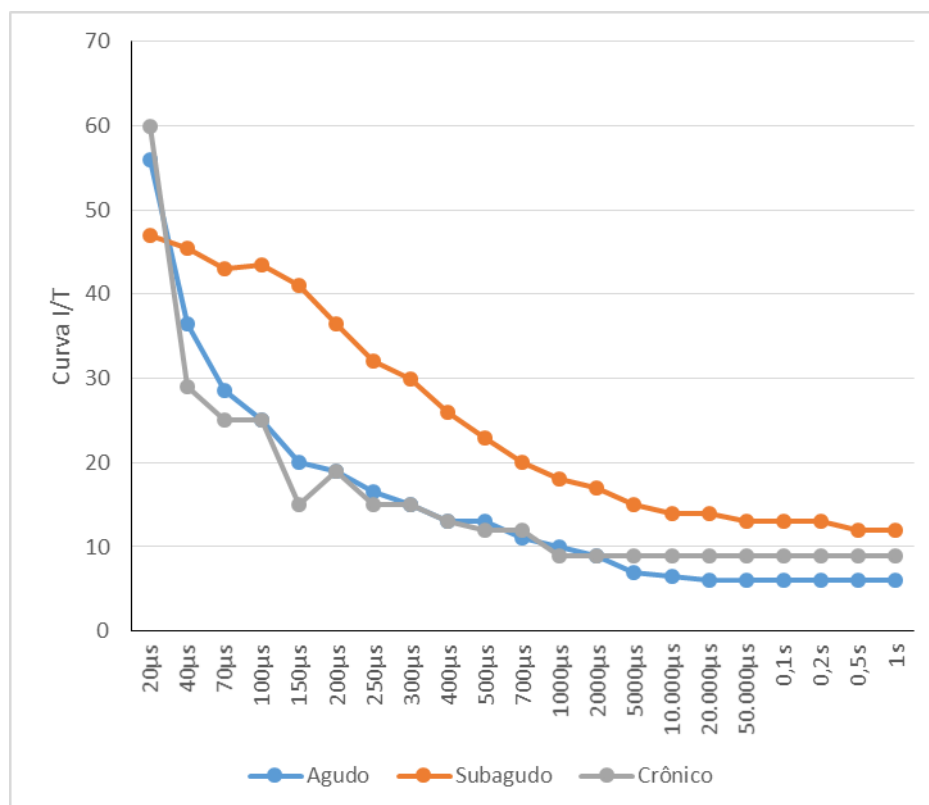
	(n=48)	(n=31)	(n=17)	
Reobase	5,5 (4 a 12) ^a	14 (8 a 18) ^b	9 (3 a 13) ^a	0,003
Cronaxia	400 (300 - 5000)	500 (400 -5000)	400 (300 – 10.000)	0,740
Curva I/T				
20µs	56 (41 a 69)	47 (41 a 69)	60 (42 a 61)	0,976
40µs	36,5 (25,3 a 49,3)	45,5 (30,3 a 58)	29 (26,5 a 53)	0,317
70µs	28,5 (19,8 a 46,3)	43 (30 a 60,3)	25 (19 a 45,5)	0,206
100µs	25 (16 a 49,8)	43,5 (27,8 a 59,5)	25 (14,8 a 46,5)	0,140
150µs	20 (13 a 39) ^{ab}	41 (21 a 55) ^b	15 (10 a 36) ^a	0,019
200µs	19 (11 a 37) ^a	36,5 (18,5 a 48,8) ^b	19 (9 a 35) ^{ab}	0,026
250µs	16,5 (10 a 32,8) ^a	32 (16 a 44,8) ^b	15 (8 a 29) ^{ab}	0,022
300µs	15 (9 a 33) ^a	30 (16 a 42) ^b	15 (8 a 27) ^{ab}	0,022
400µs	13 (8 a 29) ^a	26 (14,5 a 36,5) ^b	13 (7 a 26) ^{ab}	0,029
500µs	13 (7 a 26) ^a	23 (13 a 34,5) ^b	12 (7 a 25) ^{ab}	0,034
700µs	11 (7 a 24) ^a	20 (11,5 a 31,5) ^b	12 (6 a 21) ^{ab}	0,035
1.000µs	10 (6 a 21) ^a	18 (10,5 a 28,5) ^b	9 (5 a 16) ^a	0,034
2.000µs	9 (5 a 19)	17 (9 a 24)	9 (4 a 15)	0,057
5.000µs	7 (5 a 18)	15 (7,5 a 21)	9 (4 a 15)	0,054
10.000µs	6,5 (4 a 16) ^a	14 (7,5 a 19) ^b	9 (4 a 14) ^{ab}	0,038
20.000µs	6 (4 a 14) ^a	14 (7,5 a 18) ^b	9 (4 a 13) ^{ab}	0,008
50.000µs	6 (4 a 13) ^a	13 (7,5 a 18) ^b	9 (4 a 13) ^{ab}	0,011
100.000µs	6 (4 a 13) ^a	13 (7,5 a 18) ^b	9 (4 a 13) ^{ab}	0,008
200.000µs	6 (4 a 13) ^a	13 (7,5 a 17,5) ^b	9 (4 a 13) ^{ab}	0,008
500.000µs	6 (4 a 12) ^a	12 (7,5 a 17,5) ^b	9 (4 a 13) ^{ab}	0,011
1s	6 (4 a 12) ^a	12 (7,5 a 17,5) ^b	9 (4 a 13) ^{ab}	0,010

variáveis descritas por média ± desvio padrão, mediana (percentis 25-75) ou n(%); ^{a,b} Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ou Dunn a 5% de significância

Quando analisada a cronaxia, observa-se que não há diferença significativa entre os grupos, porém nos crônicos o valor máximo encontrado foi mais alto (10.000µs) do que nos demais grupos (5000µs). Ainda, quando analisada a amostra completa, 26,6% apresentaram lesão neuromuscular (cronaxia > 1000µs). Quando extratificados por grupo, o agudo foi o que mostrou maior percentual (29,2%).

Na análise da curva de excitabilidade, analisando intensidade de contração versus a largura de pulso utilizada, observa-se que o grupo sub-agudo teve uma apresentação diferente dos demais, não demonstrando variação acentuada entre 20 μ s e 100 μ s, porém após essa largura de pulso, segue a linearidade dos demais grupos, contudo mantendo sempre valores de intensidade mais elevados (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Curva/T



Curva I/T: curva intensidade de corrente (I) para geração de contração muscular versus a largura de pulso (T) necessária para promover a contração.

DISCUSSÃO

A amostra do presente estudo foi composta majoritariamente por homens idosos e aposentados. A frequência de casados e aposentados foi maior e também possuem primeiro grau incompleto, tendo relação direta com a idade e com a região interiorana onde a pesquisa foi realizada. A literatura em geral concorda com a informação encontrada no presente estudo quanto a idade e o sexo, sendo este resultado explicado pela baixa procura por prevenção entre os homens (Freitas 2010; Oliveira, 2009; Favarin, 2012; Oliveira EG et al, 2018; García-Gigorro et al., 2017). Para Rodriguez e cols (2016) mediante as iniciativas do governo em se trabalhar junto ao sexo masculino

a prevenção de doenças, quando acontece a adesão por parte deles, muitas vezes a gravidade já está estabelecida.

A principal disfunção orgânica presente na amostra foi a de origem pulmonar seguida de neurológica, não diferindo entre os grupos. Silva e cols (2015) encontraram como maior causa de internação na UTI aquelas de origem cardiorrespiratórias, concordando com o presente resultado. Já Ferretti-Rebustini e cols (2019) as principais condições que motivaram a admissão na UTI foram: trauma, doenças relacionadas ao sistema cardiovascular e neurológico. Já no presente estudo, as principais comorbidades apresentadas foram as de ordem pulmonar e cardíaca. Um dado que chama atenção é que a maior frequência de pacientes sem co-morbidades ocorreu no grupo agudo e, todos os pacientes do grupo crônico apresentaram pelo menos uma doença associada, o que caracteriza que quanto mais tempo de acometimento maior a chance de agregar outras subcondições.

O tempo de permanência na UTI mostrou-se semelhante entre os grupos, sendo este um pouco mais do que uma semana e, os pacientes permaneceram um curto tempo no hospital (em torno de 1 a 2 dias) antes da admissão na unidade crítica. Já a totalidade dos dias de internação foi menor no grupo agudo e maior no grupo crônico, demonstrando que quanto mais tempo de doença, maior o período de tratamento hospitalar. Rodriguez e cols (2016) encontraram um tempo de permanência muito próximo, sendo esse de 6 dias. Não há consenso na literatura relativo ao número de dias de internação; de acordo com os autores, essa ausência de consenso pode estar relacionada ao fato de que a maioria dos estudos foi realizada em unidades com população mista (clínica e cirúrgica) (Oliveira et al 2010).

O grupo de pacientes crônicos apresentou pontuações mais elevadas nos escores prognósticos SAPS III e SOFA na admissão na UTI, caracterizando maior gravidade para este grupo, porém com relação aos sinais vitais, os dados foram muito próximos para toda a amostra e mostraram estabilidade, apesar da gravidade no momento da entrada. Alvear-Veja e colaboradores (2018), encontraram em seu estudo valores de SAPS III na admissão bem próximos aos do presente estudo, indicando mau prognóstico. Já com relação ao SOFA, os valores encontrados indicam gravidade e predição de mortalidade, pois, segundo Hissa e cols (2013) em sua pesquisa, 75% dos pacientes que foram a óbito possuíam pontuação acima de 8 no SOFA e 75% dos pacientes que tiveram alta tinham escores abaixo de 7 pontos. Em nosso estudo a taxa

de mortalidade não foi analisada, porém pode-se inferir através da literatura que os valores encontrados para ambos os escores indicam gravidade dos casos em geral.

A maior parte dos pacientes não utilizaram antibiótico nas primeiras 72 horas de unidade crítica e, curiosamente o grupo crônico apresentou a menor taxa na comparação com os demais. Não foram encontrados na literatura atual dados relacionados a utilização de antibiótico em diferentes grupos de pacientes críticos, porém pode-se pensar que os pacientes crônicos já vem em tratamento sequencial com outras medicações de controle quando admitidos na UTI, já os pacientes agudos e subagudos pela condição atual necessitam mais aporte profilático ou por demanda.

Na presente pesquisa foram incluídos somente pacientes ventilados mecanicamente, sendo que a maior parte da amostra foram ventilados por pressão controlada e volume corrente médio de 400ml. Diferentemente, Melo EM e colaboradores (2017) tiveram a maior parte de seus pacientes ventilados a volume (72,9) e somente 27,1% a pressão. Porém, concordando com nossos resultados, Stella TM, Eickhoff HM (2015) encontraram maior frequência de ventilação a pressão por modo controlado.

Quando realizado o TED na admissão do paciente, os valores de reobase (menor intensidade necessária para gerar contração muscular efetiva com duração de pulso retangular de 1 segundo e intervalo de descanso de 2 segundos), foram significativamente diferentes: os pacientes dos grupos subagudo e crônico apresentaram valores de intensidade mais elevados quando comparados ao grupo agudo, porém curiosamente, os pacientes subagudos foram os que necessitaram valores mais altos. Já o comportamento da cronaxia, foi semelhante entre os grupos, significando que os valores mínimos de largura de pulso necessária para gerar contração muscular com o dobro da intensidade da reobase estiveram pareados para os pacientes com agravos de menor ou maior tempo de duração. Não existem até o presente momento na literatura estudos apontando valores de TED para diferentes grupos de pacientes críticos, apenas um estudo (Silva PE et al, 2016) indicando parâmetros de EENM através do TED, mas em uma amostra única de pacientes críticos. No entanto, a reobase diferente entre os grupos pode ser explicada por características individuais como presença de edema, sensibilidade e nível de sedação. Já a cronaxia, que seria o fator indicativo de alteração excitável, manteve valores próximos entre os grupos provando que mesmo em condições diferentes de internação em unidade crítica é possível indicar um protocolo

base para a maior parte dos pacientes, respeitando sempre, situações diferenciadas como quadros neurológicos onde já é esperado valores mais elevados. Em casos de ordem neurológica há a necessidade de avaliação mais individualizada, como mostrado no estudo de Lee e colaboradores (2013) onde ele comparou um lado parético com outro não parético em pacientes que sofreram acidente vascular cerebral e observou valores significativamente mais elevados no lado parético.

No presente estudo, 25% da amostra total apresentou lesão neuromuscular (cronaxia $> 1000\mu\text{s}$), já Silva e cols (2017) realizaram um estudo para basear a aplicação de EENM em pacientes críticos através do TED e, não observaram em sua amostra alteração da excitabilidade neuromuscular, no entanto, alguns pacientes obtiveram cronaxias de até $700\mu\text{s}$, mostrando valores superiores a $400\mu\text{s}$ frequentemente usados nos estudos publicados (Poulsen et al, 2011; Karatzanos et al, 2012; Zanotti et al, 2003; Kho et al, 2015; Fisher et al, 2016; Abdellaoui et al, 2011; Gerovasili V et al, 2009; Gruther W et al, 2010). Uma diferença importante, é que no estudo de Silva e cols (2017), a amostra era de pacientes agudos, em sua maioria por trauma, diferentemente desta, onde a característica é de receber pacientes mistos, de todas as especialidades e condições, fato que pode explicar a diferença nos resultados. A curva Intensidade/tempo, que relacionada a intensidade de corrente e a largura de pulso, foi realizada na amostra total observando que os grupos agudo e crônico seguem um comportamento linear, quanto menor a largura de pulso maior a intensidade necessária para atingir pico de contração visível ou palpável. O grupo que destoou foi o subagudo, onde para todas as larguras de pulso a intensidade foi mais alta do que para os demais.

Reitera-se que o presente estudo analisou o TED para avaliar excitabilidade neuromuscular somente no musculo TA, devido a importância deste para a funcionalidade, o mesmo realizado por Pinheiro-Dardis and Russo (2017). Porém outros estudos nacionais e internacionais utilizaram vários grupos musculares de forma concomitante para uma avaliação mais completa tanto da excitabilidade quanto para proposição de um protocolo de EENM (Lee DK,2013; Silva PE, 2017).

A EENM é um método conhecido e eficaz para melhorar a função motora e é usado atualmente em muitas formas para facilitar mudanças na ação e desempenho muscular (Doucet BM 2012). Além disso, tem sido usada como forma de prevenção de fraqueza muscular adquirida na UTI e associada a ventilação mecânica (Routsis C ,

2010; Rodriguez PO, 2011). No entanto, tem havido poucos estudos que se concentraram em utilizar a terapia física baseada em valores de reobase e cronaxia, a qual deveria ser aplicada de forma diferente com base nessa avaliação (Lee DK, 2013). Pela dificuldade em eletroestimular pacientes com músculos desnervados, a maioria dos estudos que utilizaram TED foram realizados para essas condições (Pinheiro-Dardis and Russo, 2017; Kern H, 2004), porém para qualquer paciente em situação de inércia, os níveis de excitabilidade podem estar alterados, mesmo que não haja lesão, sendo portanto necessários protocolos mais direcionados e específicos para obtenção dos resultados esperados.

Considerando o exposto acima, não há até o presente momento, um consenso sobre os melhores parâmetros NMES a serem utilizados, tais como carga total, localização do ponto motor e limiar de excitabilidade neuromuscular (Maffiuletti NA, 2011). A carga total é considerada o produto da largura de pulso e frequência de pulso (Maffiuletti NA, 2011), sendo que isso influenciaria diretamente a eficiência da EENM, uma vez que a carga do músculo tem relação direta com o pico de força evocado (Gregory CM, 2007). Já estimular no local exato do ponto motor também mostra-se relevante, pois o limiar de excitabilidade é maior e, como o eletrodo ativo é colocado nesse ponto a intensidade necessária para gerar contração é menor (Botter A, 2011) e existe uma relação direta entre a intensidade de pulso e sensação de dor já descrita (Medeiros FVA, 2015). Ainda, o ponto motor deve ser encontrado para reduzir a dor durante a aplicação da EENM (Silva PE, 2017), considerando este um fator limitante para aceitação da terapia.

Todos esses dados são facilmente detectados durante o TED (Botter A, 2011; Paternostro-Sluga T, 2002), corroborando a informação de que utilizar a TED para protocolar a EENM é de grande valia na prática clínica. Entende-se que a cronaxia tem um papel fundamental (Pieber K, 2015; Fernandes LFRM, 2016), sendo ela a largura de pulso mais curta para produzir uma contração muscular mínima com intensidade igual duas vezes a reobase (Paternostro-Sluga T, 2002). Já a reobase é a intensidade mínima necessária para atingir o limiar da excitabilidade neuromuscular com largura de pulso infinita [Lapicque L, 1909]. A literatura aponta valores entre 60 e 1000 μ s (Paternostro-Sluga T, 2002; Recoskie BJ, 2009) como uma faixa típica de cronaxia, entendendo que protocolos de EENM como larguras de pulso menores geram estimulação insuficiente e produzem picos de torque reduzidos. Ainda assim, até o momento, todos os estudos em

UTI utilizaram protocolos de EENM sem preocupação com a excitabilidade neuromuscular ou carga total [Routsis, 2010; Rodriguez PO, 2011; Pieber K, 2015; Abdellaoui A, 2011; Gerovasili V, 2009; Zanotti E, 2003; Kho ME, 2015; Fischer A, 2016; Gruther W, 2010; Poulsen JB, 2010; Karatzanos E, 2012). Embora alguns estudos tenham encontrado resultados favoráveis com a utilização da EENM, outros não conseguiram demonstrar os mesmos resultados (Williams N, 2013; Parry SM, 2013; Maffiuletti NA, 2013). Esse dado pode estar relacionado aos diferentes protocolos utilizados e a falta de avaliações de excitabilidade neuromuscular (Silva PE, 2017), sendo que as larguras de pulso usadas nesses estudos variaram de 250 a 500 μ s, o que pode ter sido insuficiente para gerar torque para pacientes com distúrbios eletrofisiológicos neuromusculares (Segers J, 2014; Gruther W, 2010; Poulsen JB, 2011).

Na presente pesquisa entendemos como limitação a avaliação pontual dentro do período de 24 até 72 horas da admissão não sendo realizado o seguimento do paciente ao longo da internação para mensurar as alterações de excitabilidade neuromuscular com o passar dos dias, além disso com esse acompanhamento poderíamos afirmar se a proposição de protocolo de EENM inicial se manteria. Outro fator está relacionado a avaliação somente do musculo TA, embora seja um musculo importante, existem outros de maior tamanho e força como por exemplo, o reto femoral.

Para complementar a análise, avaliar a ecografia do musculo ao longo dos dias também teria um impacto importante, imaginando a correlação entre a perda de volume e massa com a alteração da capacidade excitável, o que não foi possível de ser mensurado nesse.

CONCLUSÃO

Nesse estudo os pacientes com características clinicas agudas, subagudas e crônicas apresentaram níveis semelhantes de excitabilidade neuromuscular quando admitidos na UTI, porém não foram acompanhados ao longo da internação, mas sim avaliados de forma transversal dentro das primeiras 72 horas de estadia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdellaoui A, Préfaut C, Gouzi F, Couillard A, Coisy-Quivy M, Hugon G, et al. Skeletal muscle effects of electrostimulation after COPD exacerbation: a pilot study. *Eur Respir J* 2011;38:781–8.
- Arts, I.M.P.; Pillen, S.; et al. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve*, v. 41, n. 1, p. 32–41, 2010.
- B. De Jonghe, T. Sharshar, J. P. Lefaucheur et al., “Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study,” *JAMA*, vol. 288, no. 22, pp. 2859–2867, 2002.
- B. De Jonghe, G. S. Bastuji, M. C. Durand et al., “Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness,” *Critical Care Medicine*, vol. 35, no. 9, pp. 2007–2015, 2007.
- Botter A, Oprandi G, Lanfranco F, Allasia S, Maffiuletti NA, Minetto MA. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2461–71.
- Clara Maria Pinheiro-Dardis, PhD, and Thiago Luiz Russo, PhD. Electrical Stimulation Based on Chronaxie Increases Fibrosis and Modulates TWEAK/Fn14, TGF- β /Myostatin, and MMP Pathways in Denervated Muscles. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* • Volume 96, Number 4, April 2017.
- Dall’acqua AM; Sachetti A; Santos LJ; Lemos FA; Bianchi T; Naue Ws; Dias AS; Sbruzzi G; Vieira SRR. Use of neuromuscular electrical stimulation to preserve the thickness of abdominal and chest muscles of critically ill patients: a randomized clinical trial. *J Rehabil Med* 2017; 49: 40–48
- Doucet BM, Lam A, Griffin L: Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale J Biol Med*, 2012, 85: 201–215. [Medline]
- Dorsch S, Ada L, Canning CG, Al-Zharani M, Dean C. The strength of the ankle dorsiflexors has a significant contribution to walking speed in people who can walk independently after stroke: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:1072–6.
- Fernández AM. Electrodiagnosis and electrostimulation of denerved muscles. *Fisioterapia*. 2001;23:23–35.
- Fernandes LFRM, Oliveira NML, Pelet DCS, Cunha AFS, Grecco MAS, Souza LAPS. Stimulus electrodiagnosis and motor and functional evaluations during ulnar nerve recovery. *Braz J Phys Ther* 2016. doi:10.1590/bjpt-rbf.2014.0138.

Fischer A, Spiegl M, Altmann K, Winkler A, Salamon A, Themessl-Huber M, et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? The Catastim 2 randomized controlled trial. *Crit Care* 2016;20:30. doi:10.1186/s13054-016-1199-3.

Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care* 2009;13:R161.

Gregory CM, Dixon W, Bickel CS. Impact of varying pulse frequency and duration on muscle torque production and fatigue. *Muscle Nerve* 2007;35:504–9. doi:10.1002/mus.20710.

Gruther W, Kainberger F, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Spiss C, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil Med* 2010;42:593–7.

Itoh S, Kubota K, Ogata K, Tsuji T. Exercise system for eccentric tibialis anterior contraction to improve ambulatory function. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2016;2016:5845–8. doi:10.1109/EMBC.2016.7592057.

J. Khan, T. B. Harrison, and M. M. Rich, “Mechanisms of neuromuscular dysfunction in critical illness,” *Critical Care Clinics*, vol. 24, no. 1, pp. 165–167, 2008.

Karatzanos E, Gerovasili V, Zervakis D, Tripodaki E-S, Apostolou K, Vasileiadis I, et al. Electrical muscle stimulation: an effective form of exercise and early mobilization to preserve muscle strength in critically ill patients. *Crit Care Res Pr* 2012;2012:432752. doi:10.1155/2012/432752

Keegan MT, Soares M. What every intensivist should know about prognostic scoring systems and risk-adjusted mortality. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2016;28(3):264–9.

Kern H, Boncompagni S, Rossini K, et al: Long-term denervation in humans causes degeneration of both contractile and excitation-contraction coupling apparatus, which is reversible by functional electrical stimulation (FES): a role for myofiber regeneration? *J Neuropathol Exp Neurol* 2004;63:919–31

Kho ME, Truong AD, Zanni JM, Ciesla ND, Brower RG, Palmer JB, et al. Neuromuscular electrical stimulation in mechanically ventilated patients: a randomized, sham-controlled pilot trial with blinded outcome assessment. *J Crit Care* 2015;30:32–9. doi:10.1016/j.jcrc.2014.09.014.

Leite MA; Osaku EF; Albert j; Costa CRLM; Garcia AM; Czapięsvski FN; Ogasawara SM; Bertolini GRF; Jorge AC; Duarte PAD. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Quadriceps and Diaphragm in Critically Ill Patients: A Pilot Study. *Critical Care Research and Practice*; v1, 2018. Pag 1-8.

Lapicque L. Définition expérimentale de l'excitabilité. *Comptes Rendus Soc Biol* 1909;77:280–3.

Lee WD; Ju-Hyun Kim JH; Lee JU; Kim MY; Lee LK; Yang SM; Jeon HJ; Lee TH; Kim J. Differences in Rheobase and Chronaxie between the Paretic and Non-Paretic Sides of Hemiplegic Stroke Patients: a Pilot Study. *J. Phys. Ther. Sci* 25: 717–719, 2013
Poulsen JB, Møller K, Jensen C V, Weisdorf S, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med* 2011;39:456–61.

Machado FR, Assunção MSC de, Cavalcanti AB, Japiassú AM, Azevedo LCP de, Oliveira MC. Getting a consensus: advantages and disadvantages of Sepsis 3 in the context of middle-income settings. *Rev Bras Ter Intensiva*. 18 2016;28(4):361–5.

Maffiuletti NA, Minetto MA, Farina D, Bottinelli R. Electrical stimulation for neuromuscular testing and training: state-of-the art and unresolved issues. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2391–7. doi:10.1007/s00421-011-2133-7.

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 Med* 2013;11:137.

Medeiros FVA, Vieira A, Carregaro RL, Bottaro M, Maffiuletti NA, Durigan JLQ. Skinfold thickness affects the isometric knee extension torque evoked by Neuromuscular Electrical Stimulation. *Braz J Phys Ther* 2015;19:466–72. doi:10.1590/bjpt-rbf.2014.0114

Parry SM, Berney S, Granger CL, Koopman R, El-Ansary D, Denehy L. Electrical muscle stimulation in the intensive care setting: a systematic review. *Crit Care Med* 2013;41:2406–18. doi:10.1097/CCM.0b013e3182923642.

Paternostro-Sluga T, Schuhfried O, Vacariu G, Lang T, Fialka-Moser V. Chronaxie and accommodation index in the diagnosis of muscle denervation. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81:253–60.

Patsaki I, Gerovasili V, Sidiras G, Karatzanos E, Mitsiou G, Papadopoulos E, Christakou A, Routsis C, Kotanidou A, Nanas S. Effect of neuromuscular stimulation

and individualized rehabilitation on muscle strength in intensive care unit survivors: a randomized trial. *Journal of Critical Care* 2017 Aug;40:76-82

Pieber K, Herceg M, Paternostro-Sluga T, Schuhfried O. Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: a cross-sectional study. *J Neuroeng Rehabil* 2015;12:51. doi:10.1186/s12984-015-0046-0.

Poulsen JB, Møller K, Jensen C V, Weisdorf S, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med* 2011;39:456–61.

R. D. Stevens, S. A. Marshall, D. R. Cornblath et al., “A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness,” *Critical Care Medicine*, vol. 37, no. 10, pp. 299–308, 2009.

Recoskie BJ, Scholl TJ, Chronik BA. The discrepancy between human peripheral nerve chronaxie times as measured using magnetic and electric field stimuli: the relevance to MRI gradient coil safety. *Phys Med Biol* 2009;54:5965–79.

Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, et al. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: Protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *J Crit Care* 2011;27:1–8.

Routsi C, Gerovasili V, Vasileiadis I, Karatzanos E, Pitsolis T, Tripodaki E, et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Crit Care* 2010;14:R74.

Sachetti, Amanda, Dal’Acqua, Ana Maria, de Aguiar Lemos, Fernando, da Silva Naue, Wagner, Jurema dos Santos, Laura, Bianchi, Tanara, Simões Dias, Alexandre, Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular sobre a mobilidade diafragmática de pacientes críticos: ensaio clínico randomizado. *ConScientiae Saúde* [en línea] 2017, 16 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92953318008>> ISSN 1677-1028

Sachetti A, Carpes MF, Dias AS, Sbruzzi G. Segurança no uso da eletroestimulação neuromuscular em pacientes graves: revisão sistemática. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2018;30(2):219-225

Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *J Crit Care* 2014;29:1082–8.

Seymour, J.M.; Ward, K.; et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. *Thorax*, v. 64, n. 5, p. 418–23, 2009.

Silva PE, Babault N, Mazullo JB, de Oliveira TP, Lemos BL, Carvalho VO, et al. Safety and feasibility of a neuromuscular electrical stimulation chronaxie-based protocol in critical ill patients: A prospective observational study. *J Crit Care*. 2017;37:141–8.

Silva PE, Maldaner V, Vieira L, de Carvalho KL, Gomes H, Melo P, Babault N, Cipriano G Jr, Durigan JL 2018 Neuromuscular electrophysiological disorders and muscle atrophy in mechanically-ventilated traumatic brain injury patients: New insights from a prospective observational study. *Journal of Critical Care* 44: 87–94.

Silva Junior JM, Malbouisson LMS, Nuevo HL, Barbosa LGT, Marubayashi LY, Teixeira IC, et al. Aplicabilidade do escore fisiológico agudo simplificado (SAPS 3) em hospitais brasileiros. *Rev Bras Anesthesiol*. 2010 Feb;60(1):20–31.

Stella TM, Eickhoff HM. Ventilação mecânica invasiva: a realidade da unidade de terapia intensiva adulta do Hospital de Caridade de Ijuí. *Revista contexto & saúde* [Internet]. 2009 [cited 2015 Feb 11];8(16):137-40.

Williams N, Flynn M. A review of the efficacy of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Physiother Theory Pr* 2014;30:6–11. Doi:10.3109/09593985.2013.811567.

Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation. *Chest* 2003;124:292–6.

PRODUÇÃO 12 – CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao analisar que os pacientes portadores de afecções agudas críticas estão sob efeito de agentes pró inflamatórios por todo o período de permanência na UTI, apresentando marcadores agudos de fadiga sistêmica e periférica como o lactato sanguíneo. Para tanto, o presente artigo tem como objetivo avaliar os valores de lactato no sangue de pacientes críticos ventilados mecanicamente e correlacionar esse marcador com as alterações de excitabilidade neuromuscular presentes.

NIVEIS MENORES DE EXCITABILIDADE NEUROMUSCULAR TEM RELAÇÃO DIRETA COM VALORES DE LACTATO SANGUINEO ARTERIAL EM PACIENTES VENTILADOS MECANICAMENTE

Amanda Sachetti

João Durigan

Paulo Eugênio da Silva

Janaína Pilau

Alexandre Simões Dias

RESUMO

Objetivo: Avaliar se as concentrações de lactato arterial estão associadas com valores elevados de cronaxia e presença de Distúrbios Neuromusculares Eletrofisiológicos (DNE) em pacientes ventilados mecanicamente na Unidade de Terapia Intensiva(UTI).

Métodos: Estudo transversal com pacientes ventilados mecanicamente na UTI de um hospital do norte do estado do Rio Grande do Sul (RS). Os valores de cronaxia foram analisados por meio do Teste Eletrodiagnóstico (TED) no musculo tibial anterior entre 24 e 72 horas de ventilação mecânica invasiva e os valores de lactato sanguíneo arterial através da análise do sangue periférico, avaliado logo antes da realização do TED. Os pacientes foram estratificados em três grupos de acordo com os valores de cronaxia (GC1: até 499; GC2 de 500 a 999 e GC3 acima de 1000 μ s). **Resultados:** Foram avaliados 94 pacientes com idade média de 64 \pm 15 anos. O GC3, com alterações na excitabilidade neuromuscular, apresentou aumento nos valores de lactato arterial quando comparado ao grupo com excitabilidade neuromuscular normal (GC1), (2,4 \pm 2,5 mmol/L vs 1,4 \pm 0,7 mmol/L; $P < 0,05$), respectivamente. Já o grupo GC2 quando analisado com o GC1 também apresentou índice mais elevado de lactato, porém não

estatisticamente significativo. As alterações de cronaxia e os valores de lactato sanguíneo não foram mostraram relação com os escores de gravidade SAPS III e SOFA. Conclusão: Estes resultados sugerem que há relação entre as alterações de capacidade excitável do musculo e os niveis de lactato sanguíneo, um importante indicador de fadiga local ou sistêmica, porém sem mostrar relação com os escores de gravidade. Com relação a presença de DNE a amostra pontou um percentual de 22%.

Palavras-Chave: Unidade de Terapia Intensiva; Lactato; Cronaxia; Eletrodiagnóstico.

ABSTRACT

Objective: To evaluate whether arterial lactate concentrations are associated with high chronolytic rates and the presence of Neuromuscular Electrophysiological Disorders (DNE) in mechanically ventilated patients in the Intensive Care Unit (ICU). **Methods:** Cross-sectional study with mechanically ventilated patients in the ICU of a hospital in the northern state of Rio Grande do Sul (RS). Chronaxia values were analyzed by means of the Electrodiagnostic Test (TED) in the anterior tibial muscle between 24 and 72 hours of invasive mechanical ventilation and the values of arterial blood lactate through the analysis of the peripheral blood, evaluated just prior to TED. Patients were stratified into three groups according to chronaxia values (GC1: up to 499, GC2 of 500 to 999 and GC3 above 1000 μ s). **Results:** A total of 94 patients with a mean age of 64 ± 15 years were evaluated. GC3, with changes in neuromuscular excitability, presented an increase in arterial lactate values when compared to the group with normal neuromuscular excitability (GC1), (2.4 ± 2.5 mmol / L vs 1.4 ± 0.7 mmol / L ; $P < 0.05$), respectively. However, the GC2 group when analyzed with GC1 also had a higher lactate index, but not statistically significant. Chronaxia changes and blood lactate values were not correlated with SAPS III and SOFA severity scores. **CONCLUSION:** These results suggest that there is a relationship between changes in muscle excitability and blood lactate levels, an important indicator of local or systemic fatigue, but without relation to severity scores. Regarding the presence of DNE, the sample showed a percentage of 22%.

Keywords: Intensive care unit; Lactate; Chronaxia; Electrodiagnosis.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a taxa de sobrevivência de pacientes críticos aumentou significativamente, em decorrência de avanços tecnológicos no cuidado intensivo^(1,2). Nos Estados Unidos da América (EUA), mais de um milhão de pessoas são internadas por ano em Unidades de Terapia Intensiva (UTI)⁽³⁾, porém pacientes críticos internados por longos períodos na UTI podem desenvolver os efeitos deletérios do imobilismo no leito⁽¹⁾. O uso de Ventilação Mecânica Invasiva (VMI) ocorre em 55% dos pacientes internados em UTI⁽³⁾ e a manutenção desta por vários dias gera aumento do tempo de internação em unidades críticas, levando conseqüentemente ao desenvolvimento de uma condição chamada de Fraqueza Muscular Adquirida na UTI (FMA-UTI)^(4,5).

Vários fatores de risco influenciam o desenvolvimento de FMA-UTI incluindo alterações da microcirculação devido a sepse e a síndrome da resposta inflamatória sistêmica, bloqueio neuromuscular e sedação profunda^(2,5,6), estes fatores atrasam o despertar do paciente e têm aumentado os índices de mortalidade de doentes ventilados mecanicamente⁽⁷⁾. Quanto maior o período de repouso no leito, mais severa será a disfunção contrátil tanto da musculatura esquelética quanto da musculatura respiratória. Fatores fisiopatológicos como a hipoperfusão tissular podem influenciar no acúmulo de lactato sérico, variável que deve ser considerada no diagnóstico e no prognóstico desfavorável de pacientes graves⁽⁸⁻¹¹⁾.

Estudos demonstraram que a FMA-UTI está presente em pacientes com atrofia muscular e Distúrbios Neuromusculares Eletrofisiológicos (DNE)^(11,12). Um método de diagnóstico diferencial é a utilização de critérios eletrofisiológicos, como o Teste de Eletrodiagnóstico (TED), que avalia a excitabilidade neuromuscular (reobase e cronaxia) através de estímulos elétricos transcutâneos localizando cuidadosamente o ponto motor, ou seja, área mais excitável do músculo periférico^(11,13-15).

A cronaxia é padrão ouro para avaliar a excitabilidade neuromuscular eletrofisiológica, um parâmetro sensível e útil na determinação de duração de impulso elétrico utilizado, tem papel fundamental no tratamento com Eletroestimulação Neuromuscular (EENM) seguros e eficaz em pacientes com DNE^(15,16). A duração de impulso muito pequena pode ser insuficiente para produzir resposta muscular, por outro lado, uma duração de impulso muito grande pode ser desconfortável ao paciente⁽¹⁷⁾.

Níveis elevados de lactato sérico (entre 2,0 e 3,9mmol/L) tem-se associado com altos índices de mortalidade, geralmente originado pela diminuição do fornecimento de oxigênio aos tecidos e hipoperfusão tissular^(9,18). Há uma série de razões pelas quais

pacientes com sepse possam ter níveis elevados de lactato, e a hipoperfusão tissular é a causa mais provável⁽¹⁰⁾, contribuindo para um estado hipermetabólico no músculo esquelético⁽⁶⁾. Recentemente, um estudo com pacientes cirúrgicos admitidos na UTI investigou as concentrações de lactato sobre o risco de mortalidade ⁽¹⁹⁾. Estes autores relataram que os níveis de lactato superiores a 2 mmol/L foram preditores independentes de mortalidade em 28 dias ⁽¹⁹⁾.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar se as concentrações de lactato estão associadas com DNE identificados pelos valores de cronaxia em pacientes ventilados mecanicamente na UTI.

MATERIAIS E MÉTODO

Desenho de pesquisa

Estudo transversal, realizado no período de julho de 2017 a dezembro de 2018 na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) adulto do Hospital de Clínicas de Passo Fundo (HCPF). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa institucional e local sob N°2.305.619. Em se tratando de uma pesquisa com seres humanos, o termo de consentimento para inclusão no estudo foi assinado pelos responsáveis dos mesmos.

A população do estudo foi composta por pacientes internados na referida UTI dentro do período estipulado para coleta de dados, sendo que para seleção destes foram utilizados como critérios de inclusão: idade acima de 18 anos, ambos os sexos, sob ventilação mecânica a partir de 24 e até 72 horas, internados na UTI sem limitar data de admissão. Foram excluídos os pacientes que apresentaram instabilidade hemodinâmica, portadores de doenças neuromusculares, grávidas, pacientes com fratura, lesões de pele ou incisões cirúrgicas recentes na região da perna a ser avaliada, além daqueles que estivessem em uso de bloqueador neuromuscular no momento da avaliação.

Avaliação do paciente

Uma busca diária de indivíduos elegíveis para o estudo através do sistema informatizado do hospital foi necessária, por meio do prontuário eletrônico foram coletados os dados de identificação do mesmo, diagnóstico médico e condições clínicas atuais a fim de confirmar a possibilidade de inclusão deste no estudo. Após completar as 24 horas de ventilação mecânica necessárias para estar efetivamente incluso no estudo,

uma ficha de dados clínicos teve de ser preenchida, onde constavam os dados de identificação do paciente e histórico da internação.

A gravidade do paciente foi avaliada pelo Escore *SAPS (Simplified Acute Physiology Score 3)* um sistema prognóstico que incluem medidas exclusivamente das primeiras 24 horas na UTI considerando-a para a triagem de admissão na UTI, é representada por escore fisiológico agudo e avaliação do estado prévio, visando estabelecer índice preditivo de mortalidade para pacientes admitidos em UTI⁽²⁰⁾, validado no Brasil em 2010, indica pacientes graves e determinar maiores cuidados no grupo que apresenta pontuação elevada, o menor valor atribuído pelo escore é 16 e o maior é 217 pontos⁽²¹⁾.

Ainda, o escore *SOFA (Sequential Organ Failure Assessment)* foi calculado a fim de descrever individualmente a disfunção/falência orgânica do paciente, nele analisa-se seis sistemas orgânicos, que são: Respiratório, Hematológico, Hepático, Renal, Cardiovascular e Neurológico⁽²⁰⁾. Cada sistema é avaliado a partir de variáveis simples, objetivas, disponíveis por rotina em todas as UTI's, específicas para o órgão em questão⁽²²⁾, cada subitem é pontuado de 1 a 4 e quanto maior a nota, maior é a falência do órgão ou sistema avaliado, escore elevado durante as primeiras 96 horas se associa com maior risco de óbito⁽²⁰⁾.

Já o teste eletrodiagnóstico (TED) pode ser realizado por meio de um gerador de pulso universal *Dualpex 071* (Quark Medical LTDA, Piracicaba, Brasil). O músculo escolhido para avaliação foi o Tibial Anterior (TA) do lado dominante do paciente, por ter um papel importante na deambulação, na independência e na velocidade em pacientes com deficiência (Itoh S, Kubota K, Ogata K, Tsuji T, 2016; Dorsch S et al, 2012) sendo possível sugerir que o tratamento desse músculo fornece mais funcionalidade para pacientes após a alta da UTI (Silva PE et al, 2017).

A identificação do ponto motor deu-se pela varredura da superfície da pele com um eletrodo caneta de estimulação e correspondeu à localização em que um pulso elétrico evocou uma contração muscular claramente visível com a menor corrente necessária (Irnich W, 2010), os locais de colocação dos eletrodos foram determinados baseado em áreas de maior excitabilidade conforme descrito anteriormente. Os eletrodos foram colocados no músculo Tibial Anterior (TA) em seu plano longitudinal, com um eletrodo positivo no ponto motor e outro eletrodo, negativo, na extremidade distal do ventre muscular (Pieber K et al, 2015).

Para a medição da reobase, a corrente foi aumentada de 0 para 69 mA(miliampères) em incrementos de 1 mA até que ocorresse uma ligeira, mas claramente visível, contração muscular (Fernández AM, 2001). Essa estimulação foi realizada com duração de pulso retangular de 1 segundo e intervalo de descanso de 2 segundos. Para a medição da cronaxia, a largura de pulso foi aumentada a partir de 20 μ s(microssegundos) para 1 segundo, de 100 μ s em 100 μ s até 1000 μ s, a partir deste, realizados incrementos de 1000 μ s até observar uma contração visível ou então palpável. O valor da intensidade para avaliação da cronaxia foi sempre o dobro da reobase (Paternostro-Sluga T et al, 2002).

Para a realização do TED definiu-se o prazo entre 24 e 72 horas da admissão na UTI, devido a literatura trazer esse período como referência para a produção de maior dano muscular (Silva PE et al, 2017).

A medida do lactato sanguíneo deu-se imediatamente antes de iniciar o TED, através do aparelho Accutrend Plus Roche®, por meio de uma coleta sanguínea do polegar de qualquer uma das mãos, em fita de medição, e o resultado sairá imediatamente na tela do aparelho sendo considerado como referência o valor de 2 mmol/L⁽¹⁹⁾.

Os pacientes foram divididos para análise em 3 subgrupos, de acordo com a cronaxia, sendo eles: Grupo Cronaxia 1 (inferior ou igual à 499 μ s) (GC1), Grupo Cronaxia 2 (de 500 à 999 μ s) (GC2) e Grupo Cronaxia 3 (superior ou igual à 1000 μ s) (GC3). Indivíduos saudáveis apresentam variação de cronaxia entre 60 à 200 μ s (27) enquanto outros autores referem que disfunções neuromusculares eletrofisiológicas são diagnosticadas quando a cronaxia é superior à 1000 μ s⁽²⁸⁾.

Análise estatística

Para determinar o tamanho amostral foi realizado o cálculo através do programa WinPEPI (*Programs for Epidemiologists for Windows*) versão 11.43 e baseado em um estudo piloto com 15 pacientes, 5 em cada grupo. Considerando um nível de significância de 5%, poder de 80% e um tamanho de efeito mínimo de 0,7 desvios padrão entre os grupos para a reobase, obteve-se um total mínimo de 31 pacientes por grupo, totalizando 93 pacientes.

A estatística descritiva foi realizada com média e desvio-padrão para as variáveis quantitativas e frequências absolutas e relativas para as variáveis categóricas. O teste de

Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. Nas comparações entre os grupos foi utilizado a Análise de Variância (ANOVA) seguido pelo teste *post-hoc* de *Tukey* ou o teste de *Kruskal-Wallis* seguido pelo teste *post-hoc* de *Dunn*. Foram considerados significativos valores de $P < 0,05$.

RESULTADOS

A amostra total foi de 1.304 pacientes, sendo que houveram exclusões em todas as etapas, totalizando ao final 94 participantes, conforme diagrama de fluxo (Figura 1). As características da amostra geral estão descritas na Tabela 1.

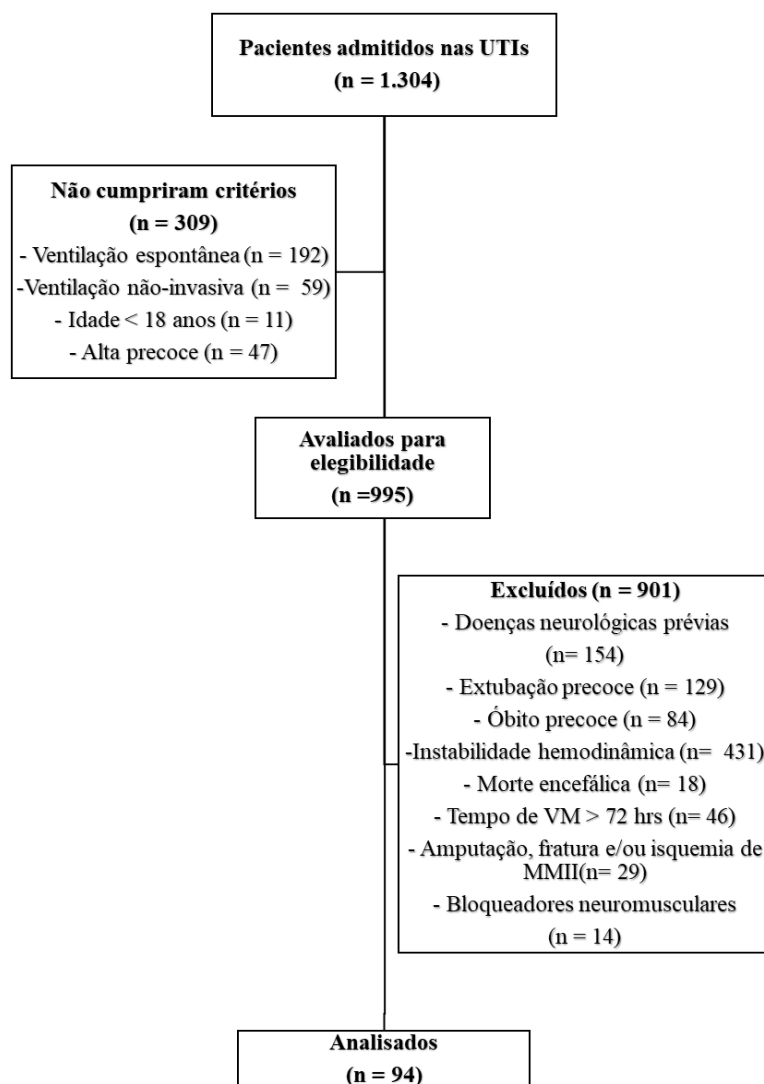


Figura 1. Diagrama de fluxo.

Tabela 1 - Características gerais da amostra

Característica	Sujeitos (n=94)
Gênero Masculino n (%)	49 (52,1)
Idade, em anos (\pm DP)	64 (15,8)
SAPS (\pm DP)	70 (15,4)
Drogas de bloqueio neuromuscular (\pm DP)	0
Drogas costicoesteróides (\pm DP)	0
Drogas de sedação n (%)	
Fentanil	17 (18,1)
Midazolam	8 (8,5)
Ambos	40 (42,6)
Sem sedação	29 (30,8)
RASS (\pm DP)	-4 (1,9)
Dias de internação na UTI (\pm DP)	12 (7,5)
Dias de internação TOTAL (\pm DP)	22 (15,6)
Desfecho clínico n (%)	
Alta	43 (45,7)
Óbito	51 (54,3)
Disfunção orgânica n (%)	
Pulmonar	33 (35,1)
Cardiovascular	12 (12,8)
Neurológico	18 (19,1)
Renal	10 (10,6)
Hepático	9 (9,6)
Hematológico	3 (3,2)
Outros	9 (9,6)

⁻SAPS – Simplified Acute Physiology Score (16 à 217 pontos); RASS – Richmond Agitation-Sedation Scale (5 à -5). Caracterização descritiva da amostra analisada.

A Tabela 2 mostra os valores médios de cronaxia nos grupos estudados. O GC1 foi composto por 44 indivíduos e a cronaxia média foi de $301 \pm 91\mu\text{s}$; GC2 foi composto por 25 indivíduos e cronaxia média de $604 \pm 102\mu\text{s}$; e o GC3 foi composto

por 21 indivíduos e a cronaxia média concentrou-se em $2810 \pm 1965\mu\text{s}$. O tempo de internação na UTI, escore de SAPS, e escore de SOFA não mostraram diferenças significativas entre os grupos (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparações das variáveis clínicas e dias de permanência na UTI entre os grupos estratificados pelos valores da cronaxia.

	GC1 (n=44)	GC2 (n=25)	GC3 (n=21)	P
Cronaxia (μs)	301 ± 91	604 ± 102	2810 ± 1965	0,001*
Reobase (mA)	9 ± 5	11 ± 7	12 ± 6	0,300
Dias de UTI	9 ± 5	12 ± 7	12 ± 7	0,300
SOFA	8 ± 3	8 ± 3	9 ± 2	0,400
SAPS	70 ± 13	69 ± 12	71 ± 16	0,900

Dados em média e desvio-padrão. SOFA - Sequential Organ Failure Assessment (0 à 24 pontos); SAPS – Simplified Acute Physiology Score (16 à 217 pontos). *Teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

A Figura 2 mostra os valores de lactato sanguíneo nos grupos estratificados pela cronaxia. O teste de *Kruskal-Wallis* revelou diferenças entre os grupos ($P = 0,04$) e o *post hoc* de *Dunn* indicou que os valores de lactato do GC3 foram superiores aos do GC1 ($2,4 \pm 2,5\text{mmol/L}$ vs $1,4 \pm 0,7\text{mmol/L}$; $P < 0,05$), respectivamente.

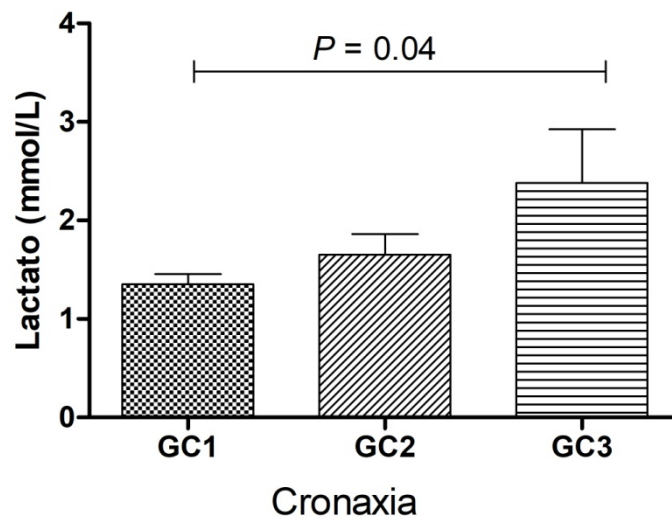


Figura 2. Cronaxia e lactato sanguíneo. GC1: Grupo Cronaxia 1 ($301 \pm 91\mu\text{s}$); GC2: Grupo Cronaxia 2 ($604 \pm 102\mu\text{s}$); GC3: Grupo Cronaxia 3 ($2810 \pm 1965\mu\text{s}$). Teste de *Kruskal-wallis*.

DISCUSSÃO

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar se as concentrações de lactato estão associadas com DNE identificados pelos valores de cronaxia em pacientes ventilados mecanicamente na UTI. O principal resultado mostrou que pacientes com valores de cronaxia superior à 1000 μ s apresentavam as maiores concentrações de lactato arterial, sendo os pacientes deste grupo considerado como portadores de DNE^(25,28). Nos pacientes em VM, este achado pode estar relacionado a lesão microvascular, disfunção mitocondrial neural e degeneração axonal⁽²⁹⁾. Recentemente um estudo relatou que o tempo de permanência na UTI promoveu aumento nos valores de cronaxia, de 400 μ s na admissão para 1500 μ s no 14º dia ⁽¹¹⁾. Os altos valores de cronaxia estavam associados com atrofia do músculo TA, desencadeados pela permanência na UTI⁽¹¹⁾.

Nossos resultados revelaram que 22% dos pacientes avaliados possuíam alterações na excitabilidade neuromuscular. O TED é um método confiável e não invasivo de monitorização das condições neuromusculares⁽³⁰⁾, e pode avaliar a evolução de DNE⁽¹⁷⁾, garantindo aos fisioterapeutas, eficácia nas terapêuticas para evitar FMA-UTI. Para esta, a EENM vem sendo considerada como uma boa estratégia, porém não há consensos sobre os melhores parâmetros a serem utilizados. Vários estudos que utilizaram EENM na UTI não realizaram o TED, prescrevendo larguras de pulso insuficientes no tratamento de DNE presentes no paciente crítico^(6,11).

Afim de confirmar a viabilidade e segurança de aplicação de ENM um estudo contou com 11 indivíduos do sexo masculino ventilados mecanicamente onde mensurou a cronaxia no músculo TA, encontrando uma média de 550 μ s (\pm 150), usando uma reobase elevada (média 57mA), porém não houve variação significativa ao longo dos dias⁽¹⁵⁾.

No presente estudo utilizou-se a cronaxia para avaliar a excitabilidade neuromuscular, um parâmetro sensível e útil na determinação de duração de impulso elétrico ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾. Cronaxia mensurada pela primeira vez há mais de 100 anos⁽²³⁾, os pioneiros descobriram que ela fornece uma medida de limiar de excitabilidade elétrica neuromuscular, a qual contribui para achados de lesões nervosas. Desde então, vários pesquisadores estudam este parâmetro a fim de associar as alterações com o tipo e gravidade das lesões nervosas periféricas⁽¹⁷⁾. Valores de cronaxia em um músculo

normalmente inervado são menores que 1000 μ s, e valores acima de 1000 μ s indicam denervação parcial, grave ou total⁽¹⁶⁾. Outros estudos afirmam que em indivíduos saudáveis a variação é de 60 à 200 μ s⁽²⁷⁾, e DNE são diagnosticadas quando a cronaxia é superior à 1000 μ s^(25,28).

Níveis elevados de lactato arterial (> 2 mmol/L) estão associados a pior prognóstico em pacientes criticamente enfermos^(9,18). A hipoperfusão tecidual é a causa mais frequente de hiperlactatemia, embora outros mecanismos também possam originar aumento nos níveis de lactato⁽³²⁾. Recentemente, Vellinga⁽³²⁾ relataram que valores de lactato acima de 1,5 mmol/L estavam associados a anormalidades do fluxo sanguíneo da microcirculação em pacientes admitidos na UTI. Nossos resultados acrescentam a ideia que a hiperlactatemia pode estar associada a diminuição na excitabilidade neuromuscular. Neste contexto, o aporte sanguíneo para os nervos pode estar prejudicado e explicar em partes a redução na excitabilidade neuromuscular⁽²⁹⁾.

Recentemente, um estudo com 1404 admissões cirúrgicas não programadas e avaliou o nível elevado de lactato em pacientes cirúrgicos em UTI associando a probabilidade de mortalidade, foram estratificados em três grupos (baixo, 0,1-1,9 mmol/L; intermediário, 2,0-3,9 mmol/L; e alto, $\geq 4,0$ mmol/L), os pesquisadores confirmaram que a hiperlactatemia pode ser usada para identificar pacientes de alto risco em todas as admissões cirúrgicas não programadas na UTI, pois os níveis de lactato arterial intermediário e alto no momento aproximado da admissão na UTI foram preditores independentes de mortalidade em 28 dias⁽¹⁹⁾.

Cicarelli, Vieira e Benzenõr⁽³³⁾ investigaram a associação de lactato com disfunção orgânica e mortalidade em pacientes com síndrome de resposta inflamatória sistêmica. O escore de SOFA não foi diferente entre os grupos de lactato elevado (≥ 2 mmol/L) e normal (< 2 mmol/L). No presente estudo, também não encontramos diferenças nos escores de SOFA entre os grupos estratificados pela cronaxia.

Como limitação os autores entendem que a avaliação visual da contração muscular como preditivo para cronaxia pode ser pouco sensível e que apenas uma medida de lactato em uma análise do TED pode ser pouco para comprovar a ligação entre ambos durante todo o período de internação na UTI. Para tanto, sugere-se estudos futuros para acompanhar os pacientes ao longo do tempo de ventilação mecânica e mensurar os valores de cronaxia diariamente.

CONCLUSÃO

Com base nos achados, constatou-se que valores elevados de cronaxia, indicativos de DNE em pacientes ventilados mecanicamente podem ter relação direta com o acúmulo de lactato sanguíneo arterial, sendo este um dados relacionado a gravidade do quadro e presença de fadiga local ou sistemática, embora nesses resultados não tenha havido ligação entre os valores de lactato, cronaxia e escores de gravidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Needham DM, Davidson J, Cohen H, Hopkins RO, Weinert C, Wunsch H, et al. Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit. *Crit Care Med*. 2012 Feb;40(2):502–9.
2. Parry SM, Puthuchery ZA. The impact of extended bed rest on the musculoskeletal system in the critical care environment. *Extrem Physiol Med*. 2015;4(16):1–8.
3. Damasceno MPCD, David CMN, Souza PCSP, Chiavone PA, Cardoso LTQ, Amaral JLG. Ventilação Mecânica no Brasil. Aspectos Epidemiológicos. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2006;18(3):219–28.
4. Bloch S, Polkey MI, Griffiths M, Kemp P. Molecular mechanisms of intensive care unit-acquired weakness. *Eur Respir J*. 2012 Apr;39(4):1000–11.
5. Latronico N, Gosselink R. A guided approach to diagnose severe muscle weakness in the intensive care unit. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015;27 (3): 19.
6. Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, et al. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest Crit Care Med*. 2009;136(5):1249–56.
7. Tanaka LM, Azevedo LC, Park M, Schettino G, Nassar AP, Réa-Neto A, et al. Early sedation and clinical outcomes of mechanically ventilated patients: a prospective multicenter cohort study. *Crit Care*. 2014;18:R156(4):1–10.
8. Rocha LL, Pessoa CMS, Corrêa TD, Pereira AJ, de Assunção MSC, Silva E. Conceitos atuais sobre suporte hemodinâmico e terapia em choque séptico. Vol. 65, *Braz J of Anesthesiology*. 2015. p. 395–402.

9. Casserly B, Phillips GS, Schorr C, Dellinger RP, Townsend SR, Osborn TM, et al. Lactate Measurements in Sepsis-Induced Tissue Hypoperfusion. *Crit Care Med*. 2015 Mar;43(3):567–73.
10. Bakker J. Lactate is the target for early resuscitation in sepsis. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2017;29(2):124–7.
11. Silva PE, Maldaner V, Vieira L, de Carvalho KL, Gomes H, Melo P, et al. Neuromuscular electrophysiological disorders and muscle atrophy in mechanically-ventilated traumatic brain injury patients: New insights from a prospective observational study. *J Crit Care*. 2018;44:87–94.
12. Stevens RD, Marshall SA, Cornblath DR, Hoke A, Needham DM, de Jonghe B, et al. A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med*. 2009 Oct;37(10 Suppl):S299–308.
13. Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *J Crit Care*. 2014;29(6):1082–8.
14. Peviani SM, Russo TL, Durigan JLQ, Vieira BS, Pinheiro CM, Galassi MS, et al. Stretching and electrical stimulation regulate the metalloproteinase-2 in rat denervated skeletal muscle. *Neurol Res*. 2010 Oct 19;32(8):891–6.
15. Silva PE, Babault N, Mazullo JB, de Oliveira TP, Lemos BL, Carvalho VO, et al. Safety and feasibility of a neuromuscular electrical stimulation chronaxie-based protocol in critical ill patients: A prospective observational study. *J Crit Care*. 2017;37:141–8.
16. Fernández AM. Electrodiagnosis and electrostimulation of denerved muscles. *Fisioterapia*. 2001;23:23–35.
17. Fernandes LFRM, Oliveira NML, Pelet DCS. Stimulus electrodiagnosis and motor and functional evaluations during ulnar nerve recovery. *J Brazilian Phys Ther*. 2016;20(2):126–32.
18. Almeida SLS, Amendola CP, Horta VM, Sousa É, Gusmão CAB, Silva Júnior JM, et al. Hiperlactatemia à admissão na UTI é um determinante de morbimortalidade em intervenções cirúrgicas não cardíacas de alto risco. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2006;18(4):360–5.

19. Huang M-H, Lai C-H, Lin P-I, Lai W-W. Arterial lactate level is associated with mortality rate in unscheduled surgical intensive care admissions. *Form J Surg*. 2017;50(1):21.
20. Keegan MT, Soares M. What every intensivist should know about prognostic scoring systems and risk-adjusted mortality. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2016;28(3):264–9.
21. Silva Junior JM, Malbouisson LMS, Nuevo HL, Barbosa LGT, Marubayashi LY, Teixeira IC, et al. Aplicabilidade do escore fisiológico agudo simplificado (SAPS 3) em hospitais brasileiros. *Rev Bras Anesthesiol*. 2010 Feb;60(1):20–31.
22. Machado FR, Assunção MSC de, Cavalcanti AB, Japiassú AM, Azevedo LCP de, Oliveira MC. Getting a consensus: advantages and disadvantages of Sepsis 3 in the context of middle-income settings. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2016;28(4):361–5.
23. Irnich W. The Terms “ Chronaxie ” and “ Rheobase ” are 100 Years Old. 2010;33(April):491–6.
24. Botter A, Oprandi G, Lanfranco F, Allasia S, Maffiuletti NA, Minetto MA. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol*. 2011 Oct 28;111(10):2461–71.
25. Pieber K, Herceg M, Paternostro-Sluga T, Schuhfried O. Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: a cross-sectional study. *J Neuroeng Rehabil*. 2015 Dec 7;12(1):51.
26. Paternostro-Sluga T, Schuhfried O, Vacariu G, Lang T, Fialka-Moser V. Chronaxie and Accommodation Index in the Diagnosis of Muscle Denervation. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002 Apr;81(4):253–60.
27. Patrick Reilly J. Comments on “The discrepancy between human peripheral nerve chronaxie times as measured using magnetic and electric field stimuli: the relevance to MRI gradient coil safety.” *Phys Med Biol*. 2010 Feb 21;55(4):L5–8.
28. Schuhfried O, Vacariu G, Paternostro-Sluga T. Reliability of Chronaxie and Accommodation Index in the Diagnosis of Muscle Denervation. *Phys Medizin, Rehabil Kurortmedizin*. 2005 Jun;15(3):174–8.
29. Bolton CF. Neuromuscular manifestations of critical illness. *Muscle and Nerve*. 2005;32(2):140–63.

30. Sachetti A, Carpes MF, Dias AS, Sbruzzi G. Safety of neuromuscular electrical stimulation among critically ill patients: Systematic review. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2018;30(2):219–25.
31. Fink MP, Evans TW. Mechanisms of organ dysfunction in critical illness: Report from a Round table Conference held in Brussels. *Intensive Care Med*. 2002 Mar 18;28(3):369–75.
32. Vellinga NAR, Boerma EC, Koopmans M, Donati A, Dubin A, Shapiro NI, et al. Mildly elevated lactate levels are associated with microcirculatory flow abnormalities and increased mortality : a microSOAP post hoc analysis. *Crit Care Med*. 2017;21(255):1–9.
33. Cicarelli DD, Vieira JE, Benseñor FEM. Lactato como prognóstico de mortalidade e falência orgânica em pacientes com síndrome da resposta inflamatória sistêmica. *Rev Bras Anesthesiol*. 2007;57(6):630–8.