



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS**

**IMPACTO DA INTERVENÇÃO PRECOCE COM CICLOERGOMETRIA PASSIVA
E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR NA ESPESSURA MUSCULAR
DE PACIENTES CRÍTICOS: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO DE TRÊS
BRAÇOS, SIMPLES-CEGO E DE CENTRO ÚNICO**

ALINE HERRMANN SANTOS

**CHAPECÓ-SC
2025**

ALINE HERRMANN SANTOS

**IMPACTO DA INTERVENÇÃO PRECOCE COM CICLOERGOMETRIA PASSIVA
E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR NA ESPESSURA MUSCULAR
DE PACIENTES CRÍTICOS: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO DE TRÊS
BRAÇOS, SIMPLES-CEGO E DE CENTRO ÚNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas, da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Henrique Manfredi
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Daniela Zanini

CHAPECÓ-SC
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

Av. Fernando Machado, 108 E

Centro, Chapecó, SC - Brasil

Caixa Postal 181

CEP 89802-112

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Herrmann, Aline

IMPACTO DA INTERVENÇÃO PRECOCE COM CICLOERGOMETRIA PASSIVA E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR NA ESPESSURA MUSCULAR DE PACIENTES CRÍTICOS: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO DE TRÊS BRAÇOS, SIMPLES-CEGO E DE CENTRO ÚNICO / Aline Herrmann. -- 2025.

69 f.:il.

Orientador: Dr Leandro Henrique Manfredi

Co-orientadora: Dr^a Daniela Zanini

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas, Chapecó, SC, 2025.

1. Cicloergometria Passiva no Doente Crítico. 2. Importância da Fisioterapia na Reabilitação do Doente Crítico- Avaliação por Ultrassonografia Muscular. I. Manfredi, Leandro Henrique, orient. II. , Daniela Zanini, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ALINE HERRMANN SANTOS

**IMPACTO DA INTERVENÇÃO PRECOCE COM CICLOERGOMETRIA PASSIVA
E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR NA ESPESSURA MUSCULAR
DE PACIENTES CRÍTICOS: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO DE TRÊS
BRAÇOS, SIMPLES-CEGO E DE CENTRO ÚNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas, da
Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, para obtenção do título de Mestre em Ciências
Biomédicas, defendido em Banca Examinadora em 04/02/2025

Aprovado em: 04/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leandro Henrique Manfredi - UFFS
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br DANIELA ZANINI
DATA: 04/02/2025 22:08:39 -0300
verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof.ª Dr.ª Daniela Zanini - UFFS
(Co-orientadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br PAULA ZENI
DATA: 10/02/2025 15:12:09 -0300
verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof.ª Dr.ª Paula Zeni - Unochapecó
(Avaliador - Membro externo)

Documento assinado digitalmente
gov.br DÉBORA TAVARES DE REZENDE E SILVA
DATA: 11/02/2025 08:42:01 -0300
verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof.ª Dr.ª Débora Tavares - UFFS
(Avaliador - Membro interno)

Chapecó/SC, Fevereiro de 2025.

Ao meu marido querido, Iury, por ser meu porto seguro.
E à minha equipe de pesquisa, por compartilhar dessa paixão
e ajudar a tornar possível."

*"O talento vence jogos, mas só o trabalho em equipe ganha
campeonatos."*
Michael Jordan

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de exercer a profissão que tanto amo, e por me permitir viver e concluir este momento tão importante e intenso em minha vida.

Agradeço imensamente ao meu marido Iury, presente de Deus em minha vida, por toda a paciência, carinho e apoio durante essa fase, por compreender minha ausência e estresse em vários momentos devido a rotina corrida, onde estive tentando equilibrar trabalho, docência, pesquisa e vida. Saiba que você é muito importante em minha vida e me dá forças para seguir todos os dias.

Agradeço também aos meus amigos e colegas de profissão, juntos formamos uma equipe e tanto, sem a ajuda de vocês nada seria possível, gratidão por me apoiarem e abraçarem a causa, por toda a paciência que tiveram comigo neste período, sei que não foi fácil, mas conseguimos, essa pesquisa é nossa.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Leandro Henrique Manfredi pela orientação, por acreditar em mim quando por vezes eu mesma não acreditei, gratidão por todos os ensinamentos, és um pesquisador admirável.

Agradeço à minha co-orientadora Professora Dr.^a Daniela Zanini, que chegou como uma luz no fim do túnel, quando eu já estava querendo desistir de tudo e me deu forças e muito apoio para continuar, gratidão por ter cruzado meu caminho, tens toda a minha admiração pessoal e profissional.

Agradeço a todos os professores do programa de Mestrado em Ciências Biomédicas da UFFS pelos ensinamentos e trocas de experiências e a UFFS pela oportunidade.

Agradeço aos pacientes e seus familiares, que me oportunizaram realizar esta pesquisa, ao Hospital Regional do Oeste, e a todas as demais pessoas envolvidas que contribuíram para a realização deste estudo.

RESUMO

A hospitalização de pacientes críticos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) frequentemente resulta em complicações respiratórias e funcionais devido ao uso prolongado de ventilação mecânica, causando perda de força muscular, hipotrofia e descondicionamento físico. Este estudo visa avaliar a eficácia de dois protocolos de tratamento: eletroestimulação neuromuscular (EENM) isolada e EENM associada à cicloergometria passiva (CP), comparados à terapia convencional, para minimizar perda de massa muscular em pacientes críticos na UTI, verificando seus efeitos nos músculos quadríceps e reto abdominal. Trata-se de um estudo randomizado controlado, realizado na UTI geral de um hospital público do município de Chapecó- SC. Os pacientes foram randomizados na forma 1:1:1, distribuídos em três grupos: CG (fisioterapia convencional), EENM e EENM+CP. Os protocolos de tratamento foram aplicados por 7 dias. Entre 293 pacientes elegíveis, 65 foram randomizados para análise por intenção de tratar, destes, 35 participantes tiveram a terapia interrompida, portanto, 30 pacientes completaram o estudo e foram incluídos na análise por protocolo. Foram coletados dados clínicos dos pacientes e avaliados parâmetros de espessura dos músculos reto abdominal, reto femoral, diafragma e vasto lateral e força muscular primária. Complementarmente, foram mensuradas a pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima e a força periférica através do escore *Medical Research* pós protocolo. Dos 30 pacientes estudados, o CG foi composto por 10 indivíduos (n=10), sendo 7 femininos e 3 masculinos; o EENM (n=11) foi composto por 2 femininos e 9 masculinos e o grupo EENM+CP (n=9) foi composto por 3 femininos e 6 masculinos. Sobre a média de idade dos participantes, foi de 58,67 anos (DP±15,02) e o motivo de admissão de maior prevalência foi por condições neurológicas e insuficiência respiratória aguda. O grupo EENM+CP apresentou aumento significativo na espessura muscular do reto abdominal em comparação ao grupo CG. Em relação à força muscular respiratória, o grupo que recebeu EENM isolada apresentou maior força do que o grupo CG e EENM+CP. O grupo que recebeu EENM + CP apresentou maior oscilação no controle hemodinâmico do que o CG e EENM isolada. Em contrapartida, todos os grupos apresentaram melhoria significativa na saturação periférica de oxigênio. Não houve diferença significativa na taxa de mortalidade entre os grupos. Através da análise dos dados concluímos que a EENM isolada pode oferecer vantagens na preservação da massa muscular e estabilidade hemodinâmica de pacientes críticos internados na UTI.

Palavras-chave: Ventilação Mecânica; Fisioterapia; Reabilitação.

ABSTRACT

The hospitalization of critical patients in the Intensive Care Unit (ICU) often results in respiratory and functional complications due to prolonged use of mechanical ventilation, causing loss of muscle strength, hypotrophy and physical deconditioning. This study aimed to evaluate the effectiveness of two treatment protocols: isolated neuromuscular electrostimulation (NMES) and NMES associated with passive cycloergometry (CP), compared to conventional therapy, to minimize muscle mass loss in critical patients in the checking its effects on quadriceps and rectus abdominis muscles. This is a randomized controlled study, conducted in the general ICU of a public hospital in the city of Chapecó-SC. Patients were randomized in the 1:1:1 form, distributed into three groups: GC (conventional physiotherapy), NMES and NMES+CP. Treatment protocols were applied for 7 days. Among 293 eligible patients, 65 were randomized for analysis by intention to treat, of these, 35 participants had therapy discontinued, therefore, 30 patients completed the study and were included in the analysis by protocol. Clinical data were collected from patients and evaluated parameters of thickness of the muscles rectus abdominis, rectus femoral, diaphragm and vast lateral and primary muscle strength. Additionally, the maximum inspiratory pressure and expiratory pressure and peripheral strength were measured through the post-protocol Medical Research score. Of the 30 patients studied, the GC was composed by 10 individuals (n=10), 7 female and 3 male; the NMES (n=11) was composed by 2 female and 9 male and the NMES+CP group (n=9) was composed by 3 female and 6 male. The mean age of participants was 58.67 years (SD 15.02) and the reason for admission was higher prevalence was neurological conditions and acute respiratory failure. The ENEM+CP group showed a significant increase in muscle thickness of the rectus abdominis compared to the CG group. In relation to respiratory muscle strength, the group that received isolated NMES showed greater strength than the GC and NMES+CP groups. The group that received ENEM + CP presented greater oscillation in hemodynamic control than the GC and ENEM alone. In contrast, all groups showed significant improvement in peripheral oxygen saturation. There was no significant difference in mortality rate between the groups. Through the analysis of data we concluded that isolated NMES can offer advantages in muscle mass preservation and hemodynamic stability of critical patients admitted to the ICU.

Keywords: Mechanical Ventilation; Physiotherapy; Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

FIGURA 1- Lesão pulmonar associada à ventilação mecânica (VILI).....	20
FIGURA 2 A- Localização anatômica Quadríceps- RF.....	22
FIGURA 2 B- Localização anatômica de R. ABD.....	22
FIGURA 3 - Fluxo de pacientes do estudo.....	26
FIGURA 4 - Apresenta a fixação dos eletrodos para realizar EENM.....	28
FIGURA 5 - Avaliação diafragmática com USG.....	33
FIGURA 6- Avaliação R. ABD e Tecido Subcutâneo com USG.....	33
FIGURA 7- Avaliação AST- RF com USG.....	33
FIGURA 8- Avaliação AP-VL com USG.....	33
GRÁFICO 1- Espessura muscular do reto abdominal x Tecido subcutâneo.....	38
GRÁFICO 2- Ângulo de penetração nos momentos da avaliação com USG.....	39
GRÁFICO 3- Área de secção transversa de reto femoral nos momentos da avaliação com USG	40
GRÁFICO 4- Avaliação do MRC pós terapia entre grupos.....	41
GRÁFICO 5- Espessura muscular diafragmática nos momentos da avaliação com USG	42
GRÁFICO 6- Avaliação das pressões respiratórias após término da sedação	42
GRÁFICO 7- Curva de sobrevida entre grupos.....	46

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Protocolo proposto para EENM	28
QUADRO 2 - Dados coletados e momentos de coleta.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características basais.....	36
TABELA 2 - Análise descritiva de normalidade entre grupos em relação ao IMC e idade.....	37
TABELA 3 - Medidas de desfecho secundário avaliados na UTI.....	43
TABELA 4 - Análise de sobrevida entre grupos.....	45
TABELA 4 - Percentual de variação dos parâmetros mensurados após 7 sessões de terapia.....	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa

CP - Cicloergometria Passiva

DC - Débito Cardíaco

DD - Disfunção Diafragmática

DVA - Droga Vasoativa

EENM - Estimulação Elétrica Neuromuscular

ET - Espessura Total

FAUTI - Fraqueza Adquirida na UTI

FC - Frequência Cardíaca

FES - Estimulação Elétrica Funcional

FR - Frequência Respiratória

GC - Grupo Controle

EENM+CP- Grupo Eletroestimulação Neuromuscular + Cicloergometria Passiva

HDA - História da Doença Atual

HRO - Hospital Regional do Oeste

IC - Intervalo de Confiança

IMC - Índice de Massa Muscular

IOT - Intubação Orotraqueal

IRpA- Insuficiência Respiratória Aguda

LPP - Lesões por Pressão

MMII - Membros Inferiores

MP - Mobilização Precoce

MRC - *Medical Research Council*

PAD - Pressão Arterial Diastólica

PAM - Pressão Arterial Média

PAS - Pressão Arterial Sistólica

PAV - Pneumonia Associada à Ventilação

QV - Qualidade de Vida

RASS - Escala de Agitação e Sedação de *Richmond*

ROI - Região de Interesse

SPO₂- Saturação Periférica de Oxigênio

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TQT - Traqueostomia

TVP - Trombose Venosa Profunda

UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul

USG - Ultrassonografia

UTI - Unidade de Terapia Intensiva

VCe - Volume Corrente Expiratório

VCi - Volume Corrente Inspiratório

VM - Ventilação Mecânica

VO₂ - Consumo de Oxigênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 FRAQUEZA ADQUIRIDA NA UTI SOB O PRISMA DA MUSCULATURA ESQUELÉTICA	17
3.2 O IMPACTO DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NA MUSCULATURA ESQUELÉTICA	19
3.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOFUNCIONAL DO QUADRÍCEPS E MÚSCULOS ABDOMINAIS	21
3.4 IMPORTÂNCIA DA FISIOTERAPIA NA REABILITAÇÃO, MELHORA DO PROGNÓSTICO E REDUÇÃO DO TEMPO DE INTERNAÇÃO DE PACIENTES EM VM	22
3.5 ELETROESTIMULAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE PACIENTES CRÍTICOS	23
3.6 CICLOERGOMETRIA EM PACIENTES CRÍTICOS	24
4 METODOLOGIA	25
4.1 DESENHO DO ESTUDO	25
4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	26
4.2.1 Amostra, Randomização e Cálculo Amostral	26
4.2.2 Intervenção	27
4.2.3 Coleta de dados	29
4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	30
4.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	31
4.5 ANÁLISE DE PARÂMETROS MUSCULARES	31
4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
5 RESULTADOS	35
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	35
5.2 AVALIAÇÃO MUSCULAR PERIFÉRICA	37
5.3 AVALIAÇÃO MUSCULAR RESPIRATÓRIA E ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA	41
6 DISCUSSÃO	47
7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	50
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	60
APÊNDICE B- Termo de Consentimento para uso de imagem e/ou voz	65
APÊNDICE C- Planilha para coleta de dados diários	66
ANEXO A- Escala para avaliação da qualidade das contrações musculares durante a eletroestimulação	67
ANEXO B- Pontuação somatória do Conselho de Investigação Médica (MRC)	68
ANEXO C- Versão Brasileira da Escala Behavioural Pain Scale (BPS)	69

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o processo de hospitalização de pacientes críticos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) decorreu de diversas causas clínicas, sendo as mais comumente verificadas na literatura aquelas que acometem principalmente o sistema respiratório, como a insuficiência respiratória aguda (IRpA) (Damasceno *et al.*, 2006). Esses eventos geram maior necessidade do uso de ventilação mecânica (VM), em decorrência da dificuldade respiratória, levando o paciente a uma série de complicações respiratórias e funcionais, associadas ao uso prolongado destes dispositivos para suporte de vida (Feijó *et al.*, 2006; Mesquita; Gardenghi, 2016).

A perda de força muscular é considerada uma das maiores limitações dentro da UTI, responsável por favorecer a presença de hipotrofia e gerar descondicionalismo físico, isso atribuído à imobilização prolongada no leito devido às condições clínicas desfavoráveis do paciente crítico (Pinto *et al.*, 2019). Para minimizar as perdas funcionais, a terapia com mobilização precoce (MP) vem sendo amplamente citada atualmente, sendo considerada um recurso fisioterapêutico seguro e de baixo custo, além de contar com abordagem multiprofissional, visando diminuir os efeitos físicos e psicológicos decorrentes da imobilidade durante o tempo de internação (Coelho; Mendes, 2021).

O exercício terapêutico é considerado um elemento central na maioria dos planos de assistência da fisioterapia. Inclui uma ampla gama de atividades que previnem complicações como encurtamento muscular, fraqueza periférica global e deformidades osteoarticulares, além de proporcionar a redução na utilização dos recursos da assistência de saúde durante a hospitalização, fato que contribui para a melhora dos prognósticos (Ferreira *et al.*, 2013; Zayed *et al.*, 2020). Entre as terapias indicadas para esse perfil de pacientes está a eletroestimulação neuromuscular (EENM), que é reconhecida, clinicamente, como um método capaz de induzir o crescimento muscular, além de aumentar a força e a capacidade de resistência dos pacientes, ainda, incapazes de realizar exercícios ativos (Silva; Maynard; Cruz, 2010).

A cicloergometria passiva (CP) também é um recurso promissor para a reabilitação de pacientes críticos, terapia definida como um aparelho estacionário cíclico, com funcionamento mecânico ou elétrico, que permite exercícios passivos, ativos e resistidos com os pacientes (Fossat *et al.*, 2018). Estudos relatam que o uso precoce desse dispositivo pode ser capaz de aumentar a força muscular, sendo associado a melhora da capacidade funcional

dos indivíduos, além de diminuir a incidência de delirium, aumentando a autonomia funcional (Fossat *et al.*, 2018; Muniz, 2023).

Diante das comorbidades associadas à internação e exposição prolongada à ventilação mecânica (VM), torna-se essencial investigar técnicas de reabilitação eficazes para melhorar a funcionalidade de pacientes hospitalizados. Este estudo busca responder: A combinação de exercícios de ciclismo de pernas no leito, estimulação elétrica dos músculos quadríceps e reabilitação precoce padronizada melhora a função muscular em pacientes adultos gravemente enfermos na alta da UTI?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de dois protocolos de tratamento em relação à terapia convencional com recursos manuais e de posicionamento passivo, onde um protocolo utiliza a EENM isolada de quadríceps e reto femoral, e o outro utiliza a terapia de EENM de quadríceps e reto femoral associando a CP de pernas, buscando investigar se o ciclismo de pernas precoce na cama, mais a estimulação elétrica dos músculos quadríceps, somados à reabilitação precoce padronizada, resultam em minimizar a perda de massa muscular avaliada através da espessura dos músculos reto femoral, reto abdominal em pacientes críticos na UTI Adulto do Hospital Regional do Oeste (HRO).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar os efeitos do protocolo de EENM realizado nos músculos quadríceps e reto abdominal na prevenção de perda muscular avaliada por ultrassonografia, utilizando a espessura muscular do reto femoral utilizando a área de secção transversa (AST), espessura de reto abdominal e o ângulo de penetração de vasto lateral comparado ao protocolo de EENM associado à CP em relação ao grupo controle;
- Avaliar se os protocolos propostos têm interferência direta na força muscular diafragmática avaliada através da espessura do diafragma - fase expiratória;
- Avaliar se os protocolos propostos têm interferência direta na força muscular respiratória avaliada através da manovacuometria e na força periférica avaliada através do MRC, pós protocolo com comparação entre grupos;

- Verificar se há ou não superioridade nas técnicas de CP combinada com o protocolo de EENM, em comparação a técnica de EENM isolada em pacientes críticos na preservação da massa muscular avaliados através da espessura muscular dos grupos tratados, levando em consideração o maior percentual de preservação da espessura;
- Verificar se os protocolos propostos garantem segurança hemodinâmica e pulmonar aos pacientes tratados, observados através dos parâmetros vitais e ventilatórios durante as sessões;
- Realizar caracterização clínica utilizando IMC, faixa etária, comorbidades e motivos de internação, para analisar se há interferência nos desfechos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 FRAQUEZA ADQUIRIDA NA UTI SOB O PRISMA DA MUSCULATURA ESQUELÉTICA

A Fraqueza Adquirida na UTI (FAUTI) é definida como uma condição clínica multifatorial prevalente, onde a presença de fraqueza detectável em pacientes que não possuem nenhuma doença de base que corrobora com a clínica de perda de força, além da doença crítica. A perda de massa muscular, em algumas situações clínicas de intenso catabolismo, pode chegar até 1 kg por dia, o que pode prolongar o tempo de reabilitação destes pacientes em até 5 anos (Martinez *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2021).

A avaliação da força muscular periférica é realizada através de testes específicos para definir o grau de força muscular do paciente, sendo as formas mais utilizadas para mensuração: a escala manual de *Medical Research Council* (MRC) (Anexo B), por ser simples e sem custo (Martinez *et al.*, 2015). Outra forma de avaliação periférica considerada na literatura é a dinamometria, que avalia força através de um pequeno dispositivo de preensão palmar (Viera *et al.*, 2018), tendo boa correlação com o estado geral funcional do indivíduo (Santos *et al.*, 2021). Os valores de corte para preensão foram propostos como inferiores a 11 kg para os homens e 7 kg para mulheres (Latronico *et al.*, 2015).

Tradicionalmente, o MRC é realizado em 3 grupos musculares em cada extremidade bilateralmente, onde a pontuação total pode variar de 0 - 60 pontos, sendo considerado FAUTI pontuações abaixo de 48 (Nelliot *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2019), contudo, aplicação destes testes depende da colaboração do paciente, o que pode ser um fator limitante levando em consideração o perfil dos indivíduos estudados.

Sendo assim, para este estudo, abordamos a avaliação muscular baseada, principalmente nos parâmetros musculares obtidos pela ultrassonografia (USG), avaliando a

espessura muscular dos músculos reto abdominal (R.ABD), área de secção transversa de reto femoral (AST-RF) e também através do ângulo de penação de vasto lateral (AP-VL), pois segundo estudos publicados (Formenti *et al.*, 2019; Strasser *et al.*, 2013; Gruther *et al.*, 2008), estas medidas estão diretamente relacionadas a força muscular e trazem essa proposta como atual e de fácil manuseio beira leito, evidenciando que a perda da espessura do músculo está intimamente relacionada a sua força e ao maior tempo de permanência na UTI ($p < 0,01$). Já o AP-VL, refere-se ao ângulo de inserção das fibras musculares na aponeurose e está relacionado a força muscular: quanto maior o ângulo, maior o número de sarcômeros, mais material contrátil e por inferência, maior é a capacidade de gerar força (Formenti *et al.*, 2019), desta forma trazendo maior segurança nos resultados e clareza para as análises finais.

Outro ponto importante que está fortemente ligada a FAUTI é a fraqueza dos músculos respiratórios e o desmame difícil/ tardio da VM, bem como aumento da mortalidade, devido ao maior tempo de internação hospitalar e exposição do paciente a diferentes microrganismos o que pode levar a piora clínica e óbito (Van Wagenberg *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2019).

Estima-se que, aproximadamente, 20-25% dos pacientes críticos internados em UTI têm dificuldades na saída da VM, em virtude das complicações musculares e respiratórias causadas pela imobilização, culminando com a disfunção diafragmática (DD), observada pela perda parcial ou completa da força muscular, levando à diminuição da capacidade inspiratória e da resistência dos músculos respiratórios (Damuth *et al.*, 2015; Kahn *et al.*, 2015; Herridge *et al.*, 2016; Béduneau *et al.*, 2017; Goligher *et al.*, 2018).

Esses pacientes acamados ainda apresentam notória atrofia muscular esquelética devido ao desuso, e os mecanismos podem estar relacionados a alterações neuromusculares primárias que desencadeiam a necessidade de cuidados intensivos, ou também por fatores secundários, onde os pacientes estão sendo tratados por outras condições clínicas, resultando no imobilismo (Hussain *et al.*, 2010; Jaber *et al.*, 2011).

A atrofia é caracterizada pelo desbalanço da homeostase do metabolismo de proteínas no músculo, alterando os processos de síntese e/ou degradação (proteólise) neste tecido. A rápida atrofia das fibras que ocorre nos músculos inspiratórios (por exemplo, diafragma) durante a ventilação mecânica se dá nas primeiras 12 a 18 horas de suporte ventilatório; portanto, essa rápida taxa de atrofia muscular é claramente dominada pela proteólise acelerada, relacionada diretamente à imobilização muscular durante a VM. (Hudson *et al.*, 2012; Van Wagenberg *et al.*, 2020).

Uma das formas para avaliar a atrofia muscular na UTI é utilizando a USG, através de duas modalidades de avaliação, sendo elas: a avaliação quantitativa que é capaz de diferenciar

o tecido muscular do tecido fibroso e da gordura intramuscular; isso é feito utilizando um recurso do aparelho de ultrassonografia chamado ecogenicidade (Cartwright *et al.*, 2012). Na avaliação quantitativa, pode-se utilizar as seguintes modalidades: espessura muscular, área de secção transversal e ângulo de penação (Strasser *et al.*, 2013), preconizada no presente estudo. Ambas as medidas são aplicadas com facilidade à beira leito, dispensam radiação e são altamente reprodutíveis interavaliadores e intra-avaliadores, sendo consideradas confiáveis, favorecendo uma avaliação mais ampla e detalhada (Machado *et al.*, 2021).

3.2 O IMPACTO DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NA MUSCULATURA ESQUELÉTICA

Esta pesquisa visa tratar pacientes críticos na UTI, sob dependência da VM, por mais de 24h, como já citado nos tópicos anteriores, o desuso da musculatura respiratória acarreta problemas funcionais severos aos pacientes submetidos a essa terapia de suporte de vida, sendo o músculo diafragma o mais prejudicado em situações de exposição prolongada, nesta seção abordaremos de forma mais ampla os achados literários sobre o tema.

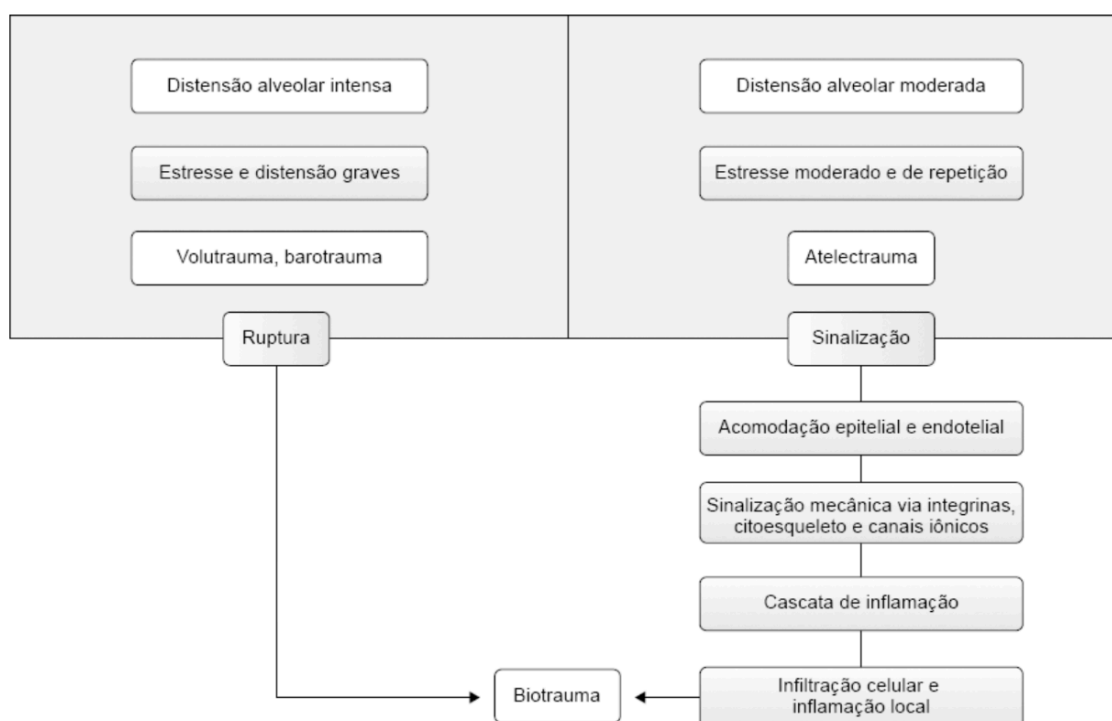
O músculo esquelético é alimentado pelo movimento voluntário, incluindo fala e respiração, além da funcionalidade física geral. O desuso durante o repouso no leito causa perda de massa muscular por mecanismos celulares ativos. Isso representa um problema grave nos pacientes mecanicamente ventilados (Burgess *et al.*, 2021). Em condições normais, o ser humano realiza a ventilação pulmonar através de pressão negativa, a partir da geração de um fluxo de gases, dirigido pela diferença entre a pressão atmosférica e a pressão alveolar. Uma vez comprometida a mecânica respiratória, se faz necessário a intervenção por diversos meios, um deles é a VM que se dá através do uso de ventiladores artificiais (Burgess *et al.*, 2021; Cerqueira *et al.*, 2022).

Atualmente sabemos que a VM é um dos principais fatores na promoção da atrofia, fraqueza e alterações funcionais do sistema locomotor, também está fortemente associada à disfunção diafragmática (DD), devido à perda de fibras musculares, podendo ocasionar lesão pulmonar mesmo em pulmões previamente normais (Slutsky, 2015). Isso ocorre, porque durante os ciclos artificiais, o pulmão é submetido a forças mecânicas não fisiológicas; estudos em humanos e animais sugerem que a deformação celular provocada pela ventilação artificial proporciona liberação de citocinas e quimioquinas responsáveis por extravasamento, recrutamento e ativação de leucócitos, gerando assim a lesão pulmonar induzida pelo VM- denominada “*VILI*” (do inglês, *ventilator induced lung injury*),

demonstrada de forma mais clara na figura 1 (Waters; Roan; Navajas, 2012; Gattinoni *et al.*, 2012; Tonetti *et al.*, 2017).

O mecanismo pelo qual ocorrem tais lesões sucede de ativação de canais iônicos, vias extracelulares entre a matriz, as integrinas e o citoesqueleto, além de mudanças nas junções intercelulares, gerando transdução mecânica da lesão ventilatória. A sinalização intracelular por mecanismos de segundo mensageiro com amplificação do sinal e cascatas enzimáticas, bem como modulação genética, também estão envolvidas (Gattinoni *et al.*, 2012; Liu; Summer, 2018).

Figura 1- Lesão pulmonar associada à ventilação mecânica (VILI).



Fonte: Da Luz *et al.* (2022, p. 54).

Estas questões vêm sendo amplamente estudadas, pois sua repercussão afeta diretamente a recuperação dos pacientes, levando à deterioração da musculatura periférica e respiratória pela imobilidade, condições essas, que dificultam o desmame ventilatório, a recuperação funcional e, assim, piorando o prognóstico bem como, causando o aumentando da taxa de mortalidade (Zambon *et al.*, 2017; Molina *et al.*, 2020; Tocalini *et al.*, 2021).

Nesse contexto, estudos com animais em laboratório já mostraram atrofia significativa no primeiro dia de VM, apresentando redução importante da capacidade funcional. Os fatores que mais contribuíram para a perda funcional são o tempo de internação e a baixa habilidade de realizar contração muscular ativa, desta forma tornando indispensável a aplicação de

terapias voltadas para a redução do tempo de imobilidade, favorecendo a recuperação funcional precoce (Faria, 2013; Schepens *et al.*, 2015; Dot *et al.*, 2017).

3.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOFUNCIONAL DO QUADRÍCEPS E MÚSCULOS ABDOMINAIS

O quadríceps femoral é considerado o músculo mais forte do corpo humano, localizado na coxa anterior, seu nome se dá devido sua composição de quatro músculos distintos de membros inferiores (MMII), sendo eles: reto femoral, vasto medial, vasto lateral e vasto intermédio. De todos os quatro músculos, somente o reto femoral cruza tanto a articulação do quadril, como a do joelho (Figura 2A). A função do quadríceps femoral é estender a perna na articulação do joelho e fletir a coxa na articulação do quadril. Sua ativação nervosa se dá pelo nervo femoral entre L2-L4 (Kenyon; Kenyon, 2010).

Os músculos abdominais (Figura 2B) desempenham papel fundamental na formação da parede abdominal, realizando flexão e rotação do tronco e pelve, além de proporcionar estabilidade e proteção visceral. O reto abdominal, em particular, apresenta características funcionais únicas, sendo classificado como músculo longitudinal, com origem no ramo superior do púbis e ligamentos da sínfise púbica, e inserção na superfície anterior do processo xifóide e cartilagens costais (Campos *et al.*, 2022). Sua atuação é crucial na respiração, especialmente durante a expiração, aumentando a pressão intra-abdominal e otimizando essa fase (Pondofé *et al.*, 2006).

Além disso, esses músculos exercem influência significativa na manutenção do equilíbrio e postura, atuando mecanicamente nos músculos inspiratórios acessórios, quadril e tronco, ambos são músculos estriados esqueléticos compostos por fibras do tipo IIa e IIb, com capacidade de contração rápida e com alta resistência, utilizando a forma de energia oxidativa e anaeróbica, favorecendo atividades explosivas e o aumento da massa muscular. (Oliveira e Paiva, 2018; Campos *et al.*, 2022).

Figura 2. A- Localização anatômica- Quadríceps- RF.

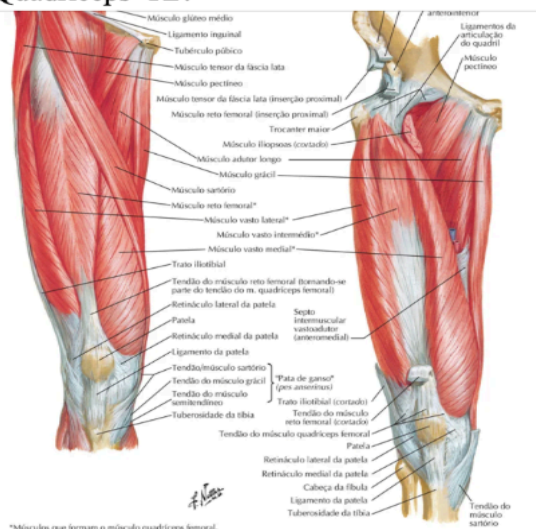
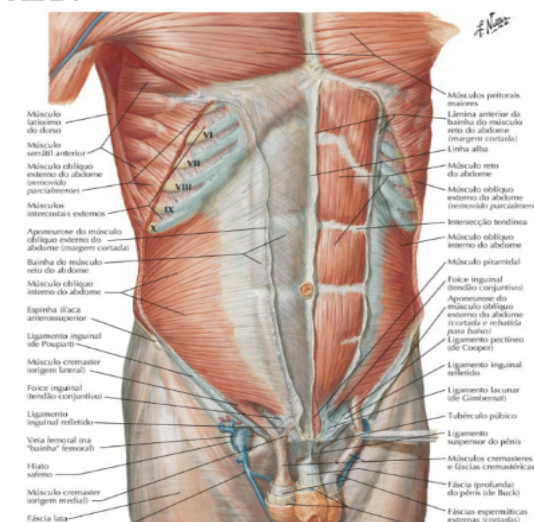


Figura 1. B- Localização anatômica- R. ABD.



Fonte: Netter, 2021.

A análise da literatura (Polônio *et al.*, 2010; Sacilotto *et al.*, 2017; Burgess *et al.*, 2021) revela uma tendência significativa na utilização da EENM para manter a massa muscular em pacientes críticos. A associação da EENM com outros grupos musculares, como quadríceps e tibial anterior, abdominais e quadríceps, demonstrou resultados promissores. No entanto, é notável que a EENM pode não ser suficiente para aumentar o volume muscular, apenas mantê-lo.

3.4 IMPORTÂNCIA DA FISIOTERAPIA NA REABILITAÇÃO, MELHORA DO PROGNÓSTICO E REDUÇÃO DO TEMPO DE INTERNAÇÃO DE PACIENTES EM VM

Nos últimos anos a fisioterapia vem crescendo amplamente no âmbito hospitalar, sendo de fundamental importância na reabilitação de doentes críticos, impactando positivamente no prognóstico, qualidade de vida (QV) e retorno das atividades funcionais. A fisioterapia é uma grande aliada e extremamente indispensável no processo de reparo e cuidados, buscando o mais precocemente, estimular os pacientes submetidos à VM, a fim de minimizar os seus efeitos deletérios. Dentre seus recursos, destaca-se a técnica de EENM, que por meio de eletrodos colocados em pontos motores, gera potenciais de ação nervosos a fim de estimular as fibras esqueléticas à contração, efetivando a função do músculo tratado (Jang *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2020).

Para tornar a avaliação muscular mais efetiva, atualmente tem se empregado o uso de ultrassonografia cinesiológica (USC), sendo útil para avaliar a anatomia e função muscular,

tanto dos músculos periféricos quanto respiratórios, além de promover uma avaliação em tempo real de diversas condições clínicas. A avaliação da espessura total (ET), eointensidade e taxa de espessamento do músculo são essenciais para obter uma análise da efetividade das terapias propostas para funcionalidade, desta forma, favorecendo a visualização em tempo real beira leito da contração muscular durante a realização da EENM (Toledo *et al.*, 2017; Moura, 2022).

Para a avaliação muscular periférica utilizam-se apenas as medidas de eointensidade e ET, que pode ser avaliada em dois momentos, no repouso e durante a contração, a fim de verificar efetividade da contração muscular, onde, quanto menor o valor obtido para a contração, menor é capacidade contrátil deste músculo, evidenciando baixo potencial e alto déficit motor. Para quantificar os resultados de maneira objetiva, é indicado avaliar pelo menos três imagens e calcular a média dos valores, além de padronizar o local muscular a ser avaliado, através de marcações e medidas (Medrinal *et al.*, 2017; Toledo *et al.*, 2017; De Lima *et al.*, 2020; Campanholi, 2022; Carvalho, 2022).

No contexto da reabilitação na UTI, a MP tem ganhado espaço nos últimos anos e está diretamente relacionada à melhora da funcionalidade e redução do tempo de internação. Estudos são consensuais (Moreira, 2012; Toledo *et al.*, 2017; De Lima *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020) no que diz respeito ao tempo de internação e melhora da funcionalidade, além de evidenciar que a mobilização realizada precocemente também tem efeitos benéficos sobre o retorno venoso, minimizando riscos de trombose venosa profunda (TVP) e lesões por pressão (LPP), além disso evidenciam ainda que a mobilização precoce associada a terapia com EENM é capaz de potencializar os resultados funcionais, tendo um tempo de internação significativamente menor, em comparação ao grupo que não realizou a terapia precocemente, além de melhora da força global (Zang *et al.*, 2020; Campos *et al.*, 2022).

3.5 ELETROESTIMULAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE PACIENTES CRÍTICOS

A realização de EENM com a corrente de Estimulação Elétrica Funcional (FES) tem sido amplamente utilizada e oferece vários benefícios já relatados, inclusive para pacientes cardiopatas internados nas UTI. Tal terapia é largamente empregada e conhecida por realizar estímulo nervoso sem exigir grande esforço do paciente, provocando contrações musculares usando impulsos elétricos sem a necessidade de contração voluntária, podendo ser empregada em condições de sedação e também em uso de drogas vasoativas (DVA) sem apresentar grandes repercussões hemodinâmicas (Martins; Andrade; Reis, 2020; Hardy *et al.*, 2022).

É comprovado que as contrações realizadas nos MMII são capazes de aumentar o fluxo sanguíneo da microvasculatura periférica por vasodilatação, sendo uma boa aliada para a função venosa, aumentando o retorno venoso e consequentemente melhorando o débito cardíaco (DC) (Martins; Andrade; Reis, 2020). O ganho de força proporcionado pela EENM com FES se dá por meio da hipertrofia proveniente das mudanças histológicas e bioquímicas dos músculos, o que causa aumento da densidade capilar e nos níveis de enzimas oxidativas que estão associadas às transformações nas fibras musculares. Os impulsos elétricos são transmitidos por via transcutânea, gerando potenciais de ação nas fibras musculares que normalmente seriam transmitidos pelos neurônios motores para causar contração muscular voluntária (Medeiros; Chalegre; Carvalho, 2007; Breen *et al.*, 2012).

Em terapia intensiva foi demonstrado que o uso de EENM é capaz de causar aumento na fosforilação do alvo da rapamicina (mTOR) em mamíferos, sugerindo uma capacidade de ativar as vias de sinalização celular associadas à síntese de proteínas musculares. Em uma metanálise (Liu *et al.*, 2020) foi verificado que a aplicação de EENM de forma precocemente em pacientes criticamente enfermos é capaz de otimizar a força muscular, reduzir o tempo de VM, reduzindo também o tempo de internação hospitalar e melhorando desfechos clínicos, favorecendo a melhora da funcionalidade (Liu *et al.*, 2020; Hardy *et al.*, 2022).

É importante ressaltar que devido à limitação terapêutica de pacientes criticamente enfermos, o uso de EENM com FES pode ser prescrito como terapia complementar na reabilitação do doente crítico, e pode ter potencial anti-inflamatório sistêmico, oferecendo reabilitação segura e eficaz, mantendo o trofismo muscular e prevenindo evolução para FAUTI severa. Além disso, o consumo de oxigênio (VO_2) tem se mostrado aumentado durante a estimulação elétrica, apontando para resposta sistêmica favorável e com possibilidade de preservação das vias aeróbicas musculares nos pacientes graves (Godoy *et al.*, 2015; Gomes Neto *et al.*, 2016; Arias-Fernández *et al.*, 2018;).

3.6 CICLOERGOMETRIA EM PACIENTES CRÍTICOS

A CP é uma das técnicas frequentemente usadas na UTI, porém, ainda existem controvérsias em relação ao seu uso e seus efeitos na preservação da funcionalidade e da força muscular. Vários estudos nesta área vem abordando a efetividade da terapia. O estudo de Silva e colaboradores (2020) objetivou avaliar o impacto dessa terapia em pacientes sob VM, através de um protocolo de 20 minutos de CP com pacientes sedados, com uma frequência de 30 rotações por minuto, cada participante recebeu apenas uma intervenção, totalizando 8

participantes, entre os resultados obtidos não houve alterações hemodinâmicas importantes, porém, foi possível perceber assincronias ventilatórias em alguns períodos da terapia, principalmente de disparo ineficaz, sendo considerado com baixo potencial lesivo (Coutinho *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2020).

Sugere-se ainda que a CP é eficaz e está associada à melhora da capacidade funcional na alta hospitalar e, também, na recuperação da força muscular. O tempo de terapia descrito nos estudos varia de 15 a 30 minutos/dia, sendo ainda incerta essa variável nos desfechos vistos na literatura. Contudo, é consensual que a terapia com CP é considerada segura e viável aos pacientes críticos em terapia intensiva, e vem sendo associada a preservação muscular e redução no tempo de internação (Burtin *et al.*, 2009; Machado *et al.*, 2017).

A maior interrogativa ainda fica a cargo da preservação da massa muscular, pois todos os estudos afirmam que a realização de ciclismo passivo é segura, apresentando mínimas repercussões hemodinâmicas, porém, mais estudos precisam ser realizados para melhor compreensão dos impactos clínicos, a respeito dos ganhos de força muscular e/ou a minimização da atrofia (Fossat *et al.*, 2018; Laterre; Hickmann; Castanares-Zapatero, 2019).

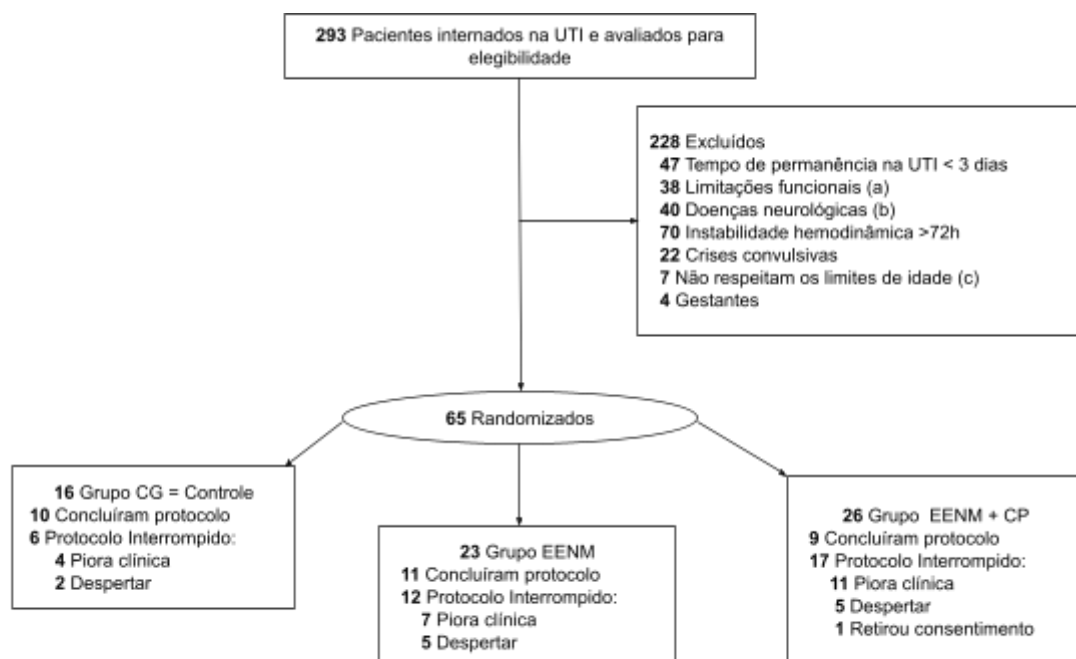
4 METODOLOGIA

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), sob protocolo número: 74225123.6.0000.5564.

O estudo foi conduzido em uma UTI Geral de 20 leitos do Hospital Regional do Oeste (HRO), município de Chapecó-SC. Este Ensaio Clínico Randomizado de centro único e 3 grupos paralelos teve uma proporção de alocação de intervenção de 1:1:1 e avaliação da medida de desfecho primário por um avaliador cego à intervenção do estudo (Figura 1). O período de inscrição foi de dezembro de 2023 a dezembro de 2024.

Os protocolos foram iniciados após 24h de internação na UTI, com tempo máximo da primeira sessão de até 72h e perduraram durante 7 dias, sendo considerado o tempo mínimo de terapia de 5 dias.

Figura 3 - Fluxo de pacientes no estudo

Legenda: (a) Pacientes com fraturas de MMII e coluna; prótese de quadril e joelho recente; amputação de MMII; lesões nervosas prévias (paraplegia/ tetraplegia). (b) Acidente vascular encefálico (AVE) com comprometimento funcional prévio; Traumatismo Cranioencefálico (TCE); Doenças Neurodegenerativas; Epilepsia; Síndromes Neurológicas. (c) Idade inferior a 18 anos ou superior a 80 anos.

4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

4.2.1 Amostra, Randomização e Cálculo Amostral

A seleção dos participantes ocorreu na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), onde a equipe de pesquisa entrou em contato diretamente com os responsáveis legais dos pacientes inconscientes. A abordagem foi realizada de forma respeitosa e humanizada, fornecendo informações claras sobre objetivos, benefícios, riscos e procedimentos da pesquisa. Dúvidas foram esclarecidas, garantindo total compreensão.

O cálculo amostral foi realizado utilizando o software G*Power (versão 3.1.9.7), considerando diferença mínima significativa de 10%, nível de confiança de 95%, poder estatístico de 80% e significância assumida quando $p < 0,05$ (Faul *et al.*, 2007). O resultado indicou uma amostra de 192 participantes. Após obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os participantes foram randomizados (1:1:1) em três grupos, mediante sorteio numérico aleatório simples.

4.2.2 Intervenção

As sessões referentes aos protocolos de tratamento e a manipulação manual do grupo controle foram realizadas entre às 8h e 22h, com intervalo de 12h entre as sessões, diariamente durante o tempo de duração da VM, até óbito ou alta da UTI. Os protocolos estipulados tiveram duração de 7 dias, sendo o paciente acompanhado até alta da UTI, para posterior avaliação da força muscular periférica e respiratória.

Os pacientes elegíveis foram submetidos a randomização e posteriormente alocados em um dos três grupos de pesquisa, descritos a seguir:

Grupo CG: (Controle) - Fisioterapia convencional. Neste grupo os participantes receberam todo o suporte necessário e a reabilitação convencional, que incluiu exercícios passivos manuais (mobilidade multiarticular de ombros, cotovelos, punhos, quadril, joelho e tornozelos), posicionamento funcional e manobras respiratórias de acordo com a necessidade clínica, sem o uso de EENM e/ou CP.

Grupo EENM: Neste grupo os participantes receberam o protocolo de EENM (Spector *et al.*, 2016) na região de quadríceps e reto abdominal, conforme proposto no Quadro 1, além de técnicas de reabilitação convencional, como descrita no grupo CG.

Grupo EENM+CP: Neste grupo os participantes realizaram um protocolo combinado utilizando a EENM proposta no grupo de EENM isolada mais o ciclismo de pernas, onde a terapia com CP foi associada a estimulação de forma sequencial, abrangendo os mesmos grupos musculares, além de técnicas de reabilitação convencional como descrita no grupo CG..

Para a realização do protocolo de EENM foi utilizado o aparelho Dualpex 071 da Quark®, com canais independentes, que possibilita o ajuste da intensidade de forma individualizada; foram utilizados seis eletrodos de silicone-carbono, sendo quatro com dimensão de 5x5 cm para EENM em reto abdominal (Oliveira e Paiva, 2018) e dois eletrodos 5x15 cm para EENM em quadríceps, a técnica preconizada foi por meio de estimulação sob o ponto motor (Sacilotto *et al.*, 2017).

Antes da fixação dos eletrodos foi realizada a higienização com clorexidina alcoólica, para retirada de possíveis microrganismos da superfície e para melhor aderência à pele, em seguida foi aplicado gel condutor, para melhor condução dos impulsos elétricos sob toda a superfície do eletrodo, que foi fixado a pele com fita tipo micropore.

Os eletrodos foram fixados bilateralmente em quadríceps na diagonal visando abranger todas as fibras musculares (Figura 2), e no reto abdominal paralelos bilateralmente

na região do ventre muscular (Figura 2), a efetividade da contração muscular foi avaliada através da Escala de Avaliação da Efetividade de Contrações Evocadas, que varia de 1 a 5, sendo considerada para este estudo a pontuação 3 - 5, que é capaz de gerar contração visível. (Anexo A)

Figura 4- Posicionamento dos eletrodos para realizar da EENM.

Fixação dos eletrodos em quadríceps femoral

(OBS: A fixação dos eletrodos pode variar de acordo com a localização do ponto motor de cada região tratada)

Fixação dos eletrodos em reto abdominal



Fonte: Acervo pessoal do autor (2024).

Devido à deterioração precoce da função muscular na UTI e o aumento de FAUTI, muitos pacientes podem apresentar redução importante da sensibilidade, o que leva a prejuízos na contração muscular visível, desta forma, pensando no conforto e segurança do paciente a escala comportamental de dor *Behavioral Pain Scale* (BPS), ferramenta usada para a avaliação da dor em pacientes sedados e não comunicativos (Anexo C).

Para o protocolo de CP foi utilizado o cicloergômetro elétrico modelo *Fleximotor* da Cajumoro®, com display digital que possibilita ajustar a velocidade e tempo de terapia. O protocolo de CP foi realizado uma vez ao dia com duração de 60 minutos, na velocidade ajustada em 10, correspondente a 20 rotações por minuto dos MMII.

Quadro 1- Protocolo proposto para EENM (Adaptado de SPECTOR *et al.*, 2016)

Parâmetro	Ajuste
Tipo de Corrente	Bifásica
Modo de Corrente	Eletroestimulação Funcional (FES)
Frequência (F)	80 Hz
Largura de Pulso	400 μ s
Tempo de Contração (TOnn)	10 s
Tempo de Repouso (TOff)	30 s
Rise/ Decay	2 s
Intensidade	Mínima ajustada até evocar contração visível (mA)
Tempo total da terapia diária	60 min / 1x ao dia
Fonte: Protocolo adaptado pelos autores (2024)	

O posicionamento dos participantes também foi um fator importante rotineiramente observado durante a realização da terapia, mantendo decúbito dorsal com a cabeceira elevada à 45°, para a realização da EENM em quadríceps sendo mantida uma leve flexão de quadril e joelhos, apoiados com coxins abaixo dos joelhos, proporcionando uma alavanca movimento maior para melhor contração de quadríceps (Sacilotto *et al.*, 2017). Para a realização da CP, foi mantida a cabeceira elevada, sem elevação das pernas, para evitar atrito do aparelho contra a cama, os MMII serão fixados nos pedais, respeitando o ângulo de 90° para quadril e joelho. As terapias foram realizadas por uma equipe de fisioterapeutas experientes na realização das técnicas que passaram por treinamento prévio, a fim de uniformizar todas as condutas.

Durante toda a fisioterapia o paciente foi rigorosamente monitorizado, sendo o exercício interrompido se os doentes apresentassem resposta fisiológica anormal como elevação da FC 70% do máximo previsto ou uma diminuição de 20%, PAS 180 mmHg,

diminuição de 20% da PAS ou PAD, $SpO_2 \leq 90\%$, sinais clínicos e/ou (?) sintomas de aflição cardiorrespiratória.

4.2.3 Coleta de dados

Os dados basais, bem como os sinais vitais e respiratórios foram monitorizados continuamente durante o exercício e anotadas em uma planilha de controle diário no início e fim das sessões de fisioterapia (Apêndice C), outros dados importantes coletados para compor as análises finais estão dispostas no Quadro 2.

Quadro 2 - Dados coletados e momentos de coleta

Dados coletados	Momento a ser coletado
Sinais vitais (FC/PAM/ SpO_2 / Temperatura corporal)	Diariamente pré e pós intervenção
Parâmetros ventilatórios e mecânica ventilatória	Diariamente pré e pós intervenção
Peso corporal (kg)	No início e término do protocolo
Gasometria arterial	Diariamente conforme coletas de rotina
Exames laboratoriais de rotina (Hemograma; PCR; Ca; K; Creatinina; Uréia)	Diariamente durante a realização do protocolo
Eventos adversos	Quando houver

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para a obtenção de histórico de doenças pregressas, foram coletadas informações por meio do prontuário eletrônico após assinatura do TCLE.

1. Dados sociodemográfico;
2. História da Doença Atual (HDA) e Exame Físico;
3. Altura;
4. Data de hospitalização e tempo total de internação;
5. Antecedentes patológicos, em especial as seguintes doenças crônicas:
 - (a) Câncer metastático (comprovado por cirurgia, tomografia computadorizada ou outro método documentado);
 - (b) Malignidade hematológica (linfoma, leucemia aguda ou mieloma múltiplo);
 - (c) HIV + com complicações (pneumonia por PCP, sarcoma de Kaposi, linfoma, tuberculose ou toxoplasmose);

4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- Pacientes admitidos na UTI de ambos os sexos, com idade entre 18 e 80 anos;
- Procedimento de IOT ou traqueostomia (TQT) no período de 24h - 48h ou após estabilidade hemodinâmica não ultrapassando 72h do início da VM;
- Pacientes sedados, com pontuação de -5 na escala de agitação e sedação de Richmond (RASS);
- Uso de VM na modalidade de ventilação controlada.

4.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

- Hemodinamicamente instáveis ou aqueles que estão mais de 72 horas da IOT;
- Pacientes sob uso de bloqueador neuromuscular;
- Presença de marca-passo;
- Hipertermia (temperatura $> 38^{\circ}\text{C}$);
- Doenças neurodegenerativas, quadros de infecção sistêmica não controlada;
- Histórico de epilepsia e quadro convulsivo não tratado e/ou não controlado;
- Edema generalizado (Grau IV/ 4+/4+);
- Presença de lesão cutânea na área de intervenção terapêutica;
- Obesos mórbidos ($\text{IMC} > 40$);
- Pacientes que apresentem limitações articulares de MMII com angulação coxofemoral $< 90^{\circ}$;
- Presença de cateter central na região inguinal (em posição que gere obstrução quando flexão de 90°);
- Gestantes e amputados de MMII;
- Anemia grave (hemoglobina $< 7 \text{ g/dL}$);
- Doenças psiquiátricas ou neurológicas graves;
- Pacientes que apresentarem piora clínica com a presença de qualquer um dos requisitos citados e/ou que permanecem com um período de internação previsto menor que 7 dias também serão excluídos do estudo.

4.5 ANÁLISE DE PARÂMETROS MUSCULARES

A avaliação muscular foi realizada por meio de ultrassonografia utilizando o aparelho de ultrassom com carrinho modelo *SonoSite Edje (Fujifilm®)*, com um transdutor linear de 5

a 10,0 MHz, com base na espessura total (ET), sendo considerada a região de interesse (ROI) a região mais volumosa do músculo, esta avaliação foi realizada em todos os participantes da pesquisa, sendo captadas as imagens e salvas no disco rígido do aparelho, posteriormente transferidas para um computador de análise conforme sugerido por estudo recente (De Lima *et al.*, 2020) e as medições conferidas pelo software ImageJ® (Versão 14.29.41). Além disso, imagens do tecido subcutâneo também foram coletadas na região abdominal e quadríceps, para correlação de gordura com a análise muscular.

O desfecho primário foi a espessura muscular dos músculos quadríceps e reto abdominal combinados com a avaliação de tecido subcutâneo utilizando USG. Seguindo trabalhos anteriores, foi considerado clinicamente efetivo a manutenção da massa em até 10% de seu valor inicial.

Para a realização de USG é necessário padronizar o local de coleta da imagem, desta forma, após encontrada a ROI, foi realizada a marcação com caneta cirúrgica, garantindo uma reavaliação mais segura. Cada musculatura foi avaliada conforme melhor ponto anatômico:

- Diafragma: Avaliação da espessura muscular, por meio da colocação do transdutor linear sobre a zona de aposição (ZA) no nono espaço intercostal, entre as linhas axilar anterior e axilar média, conforme sugerido por Santana *et al.* (2020). (Figura 5)
- Quadríceps: A avaliação da AST- RF, será realizada no ponto de 2/3 da borda superior da patela, conforme sugerido por Toledo *et al.* (2017), nesta mesma imagem será coletada a espessura do tecido subcutâneo nesta região. A avaliação do ângulo de penação, será realizada em vasto lateral, no ponto de ½ da coxa, realizada entre os fascículos musculares e o eixo do tendão, conforme sugerido por Looijaard *et al.* (2018). (Figura 6)
- Ângulo de Penação de Vasto Lateral (AP-VL): A variável AP se refere à angulação das fibras em relação à linha de ação de força do músculo. Se este for penado, como o músculo VL, contém um maior número de fibras em paralelo e, consequentemente, mais material contrátil, fato que o torna adequado para produzir força. O AP foi avaliado pela angulação formada entre uma fibra muscular e a aponeurose profunda (Figura 7) (Lima e Oliveira, 2013).
- Reto Abdominal: Avaliação da espessura muscular, medida na ROI, aproximadamente 2 cm acima do umbigo, conforme sugerido por Dall'Acqua (2015). Neste ponto, utilizando da mesma imagem será coletada a espessura do tecido subcutâneo desta região. (Figura 8)

Figura 5- Avaliação diafragmática com USC.

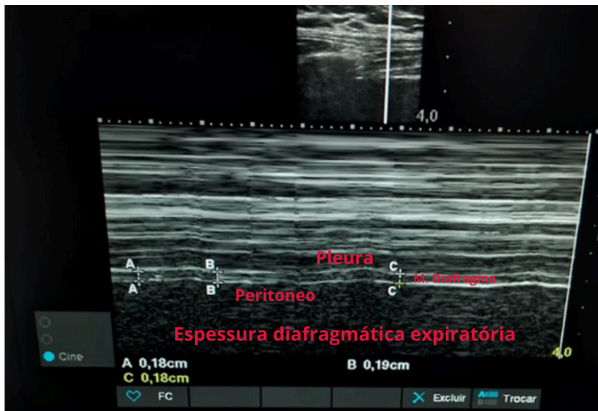


Figura 6- Avaliação R. ABD e Tecido Subcutâneo abdominal com USG.

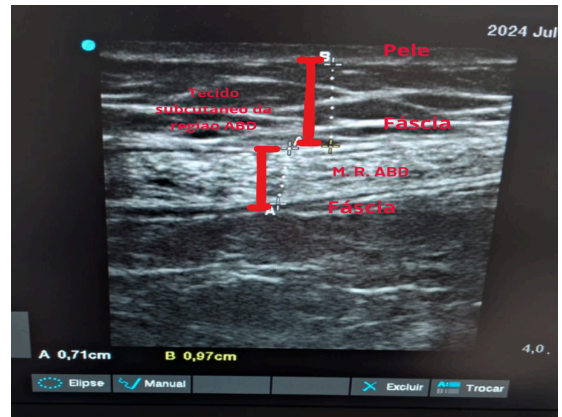


Figura 7- Avaliação AST-RF com USC.

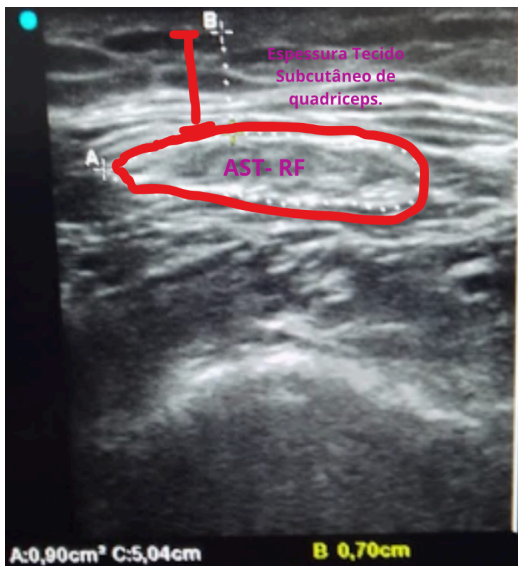


Figura 8- Avaliação do AP-VL com USG



Fonte Imagens: Acervo pessoal do autor (2025)

A perda da espessura do músculo está intimamente relacionada a sua força e ao maior tempo de permanência na UTI ($p < 0,01$) (Formenti *et al.*, 2019; Gruther *et al.*, 2008). Já o ângulo de penação, refere-se ao ângulo de inserção das fibras musculares na aponeurose e está relacionado a força muscular: quanto maior o ângulo, maior o número de sarcômeros, mais material contrátil e por inferência, maior é a capacidade de gerar força (Formenti *et al.*, 2019).

A espessura do diafragma, principal músculo da respiração, foi mensurada a fim de verificar alterações potenciais nos grupos de terapia, pois essa medida tem sido utilizada especialmente para avaliar perda de massa muscular diafragmática, sendo a menor espessura indicativo de maior risco de disfunção diafragmática, ou até mesmo atrofia do diafragma (Boon *et al.*, 2013).

A força muscular periférica e respiratória foi avaliada após despertar dos pacientes na UTI, quando os mesmos tivessem condições clínicas e cognitivas para a realização dos testes de força. Para a avaliação da força periférica foi empregada a utilização da escala MRC (Anexo B), um exame que avalia 3 movimentos para cada extremidade e classifica de 0 (contração não muscular) a 5 (força normal). Esta pontuação atinge um total de 60 pontos quando a força é normal e o limite patológico consensual para diagnosticar a FAUTI clinicamente é inferior ou igual a 48 pontos. A variação entre avaliadores tem sido relatada como mínima quando um avaliador treinado aplica a pontuação (Vanhoutte *et al.*, 2012).

A força muscular respiratória foi avaliada através do manovacuômetro analógico, dispositivo usado para obter os valores de pressões máximas inspiratórias (PIMáx) e expiratórias (PEMáx), a fim de verificar se estas musculaturas sofrem algum impacto das terapias propostas (Passarelli *et al.*, 2011). A fraqueza muscular dos membros está correlacionada com escores respiratórios deficientes e associada a fracos desfechos como a ventilação prolongada, processo de desmame mais longo e readmissão da UTI (Opazo; Elizabeth, 2017).

Embora os testes citados sejam acessíveis e de simples aplicação, sua eficácia é limitada pela necessidade de colaboração ativa do paciente. Isso torna sua utilização impraticável em situações como sedação, *delirium*, doenças críticas em estado inicial e condições neurológicas que afetam a compreensão do indivíduo, o que foi a maior limitação para avaliação da força muscular neste estudo.

Salientamos que as terapias propostas não apresentam riscos potenciais diretos à saúde e ao bem-estar do paciente, bem como as técnicas de avaliação. Atualmente, esta abordagem vem sendo amplamente empregada na reabilitação, para a preservação da massa muscular e função muscular durante períodos prolongados de imobilização, promovendo recuperação funcional (Maffiuletti, 2010; Meesen *et al.*, 2010).

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Este estudo foi realizado de acordo com os critérios CONSORT (2010). Os dados foram analisados por um pesquisador qualificado que não teve informações dos grupos os quais cada dado se reporta. A análise pretendida inicialmente foi realizada utilizando como base a intenção de tratar, que incluiu todos os participantes randomizados, para compor os resultados finais uma análise exploratória “por protocolo” foi realizada para avaliar o efeito das intervenções nos participantes que concluíram as terapias propostas.

Os dados normalmente distribuídos estão expressos como médias (desvio padrão) e os dados não normalmente distribuídos estão expressos em medianas (IQR). A análise estatística foi realizada utilizando o software *GraphPad Prism*® (versão 10.4.1) e *Jamovi*® (versão 2.4.12.0).

A distribuição dos dados foi verificada pelo Teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, realizamos ANOVA Two-way para comparar as médias entre os grupos pré e pós terapias. Para ajustar variáveis covariáveis (avaliação de USG muscular pré terapias e gravidade da condição clínica), utilizamos ANCOVA. O Teste de Tukey post-hoc identificou diferenças significativas. Valores ausentes foram tratados com imputação múltipla (5) utilizando o método de regressão linear múltipla.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Entre 293 pacientes elegíveis, 65 foram randomizados para análise por intenção de tratar, destes, 35 dos participantes, tiveram a terapia interrompida por piora clínica (n=22), por despertar precoce (n=12) e recusa de TCLE (n=1), impedindo coleta dos dados para o desfecho primário após aplicação, portanto, 30 pacientes completaram o estudo e foram incluídos na análise por protocolo, onde no grupo CG 3 evoluíram a óbito, seguido por 4 óbitos nos grupos EENM e EENM + CP. As características basais dos pacientes que concluíram o protocolo e seus grupos de alocação estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características basais

	CG (n = 10)	EENM (n = 11)	EENM + CP (n = 9)
<i>Idade</i>			
Média (DP)	51 ($\pm$ 16,46)	61 ($\pm$ 16,24)	59 ($\pm$ 14,84)
<i>Sexo</i>			
Feminino, n° (%)	7 (70%)	2 (18%)	3 (33%)
Masculino, n° (%)	3 (30%)	9 (82%)	6 (66%)
<i>Tipo de Comorbidade, n° (%)</i>			
Tabagismo	1 (10%)	3 (27,3%)	1 (14,3%)
Alcoolismo	1 (10%)	4 (36,4%)	1 (14,3%)
Diabetes tipo 2	1 (10%)	7 (63,6%)	3 (33,3%)
Hipertensão arterial	4 (40%)	7 (63,6%)	5 (55,6%)
Doença cardiovascular	0 (0%)	5 (45,5%)	1 (11,1%)
<i>Motivo da admissão, n° (%)</i>			
Condições respiratórias	3 (30%)	3 (27,3%)	1 (11,1%)
Condições neurológicas	7 (70%)	5 (45,5%)	6 (66,7%)
Pós-operatório	0 (0%)	3 (27,3%)	2 (22,2%)
<i>SAPS III</i>			
Média (DP)	68 ($\pm$ 22,96)	81 ($\pm$ 22,42)	74 ($\pm$ 25,71)
<i>IMC</i>			
Mediana (IQR)	26 (22,5- 28,5)	28 (23,5- 34)	29 (24- 32)
Condições respiratórias abrangem insuficiência respiratória aguda ou crônica, doença pulmonar obstrutiva. Condições neurológicas abrangem traumatismo cranioencefálico, acidente vascular encefálico, hematoma subdural e aracnóide, rebaixamento do nível de consciência. Pós-operatório abrange laparotomia exploratória e descompressão medular.			

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Em relação à idade e ao IMC dos participantes desta pesquisa, é possível verificar que não há diferenças significativas entre grupos, e os valores de análise possuem uma distribuição normal, como exposto na Tabela 2, que também expressa os valores mínimos e máximos destas variáveis entre grupos.

Tabela 2- Análise descritiva de normalidade entre grupos em relação ao IMC e idade.

					Shapiro-Wilk	
	Grupo	DP	Min	Máx	W	P
Idade (Anos)	CG	16,46	27	78	0,966	0,855
	EENM	16,24	30	75	0,907	0,223
	EENM + CP	14,84	34	73	0,882	0,166
IMC	GC	3,24	21	30	0,929	0,442
	EENM	6,15	20	38	0,947	0,603
	EENM = CP	4,91	24	40	0,947	0,662

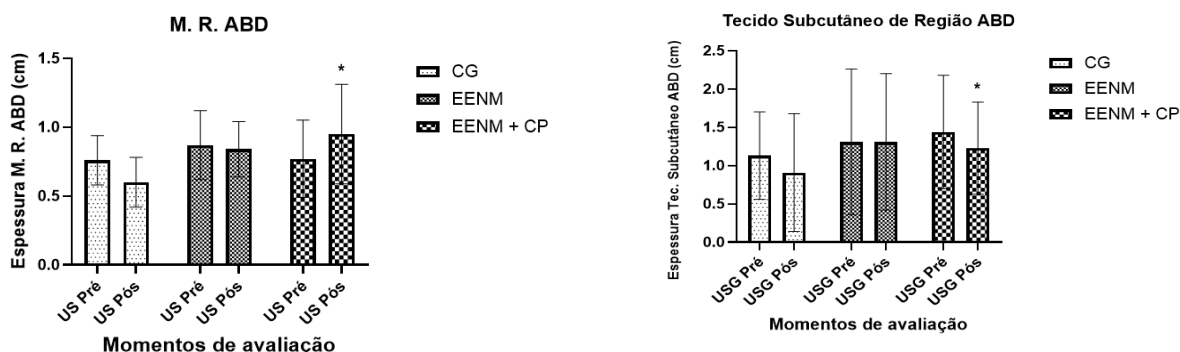
DP- Desvio padrão. Min- Mínimo. Máx- Máximo. GC- grupo controle. EENM- grupo eletroestimulação neuromuscular. EENM + CP- grupo eletroestimulação neuromuscular + cicloergometria passiva. IMC- índice de massa corporal. Não houve diferença estatisticamente significativa entre grupos em relação ao IMC x idade (*Jamovi*®).

5.2 AVALIAÇÃO MUSCULAR PERIFÉRICA

Para compor os resultados primários foram avaliadas a espessura de reto femoral e AST de quadríceps, e o ângulo de penação de vasto lateral, medidas essas propostas na literatura para avaliação da preservação de massa muscular em doentes críticos, relacionando a redução de espessura a desfechos desfavoráveis, bem como a redução do ângulo de penação, onde quanto maior o ângulo, maior a capacidade de gerar força (Formenti *et al.*, 2019; Gruther *et al.*, 2008).

Podemos observar pelos gráficos abaixo (Gráfico 1), que houve aumento da espessura muscular de reto abdominal (0,77 para 0,95) e redução do tecido subcutâneo da região abdominal (1,13 para 0,91) nos participantes que integraram o grupo EENM + CP, apresentando uma mudança percentual significativa entre os momentos de avaliação ($> 10\%$; $p = 0,0386$), em comparação aos grupos GC e EENM, que não apresentaram mudanças estatisticamente significativas, salientamos que os pacientes que integraram o grupo CG tiveram redução na espessura de massa muscular e do tecido subcutâneo de 0,76 para 0,60 e 1,13 para 0,91 respectivamente, e os integrantes do grupo EENM tiveram manutenção dos valores de espessura muscular e de tecido subcutâneo, sendo elas 0,87 para 0,84 e 1,31 para 1,31, respectivamente. Evidenciando potencial melhora no grupo que realizou EENM associada a CP por sete dias contínuos.

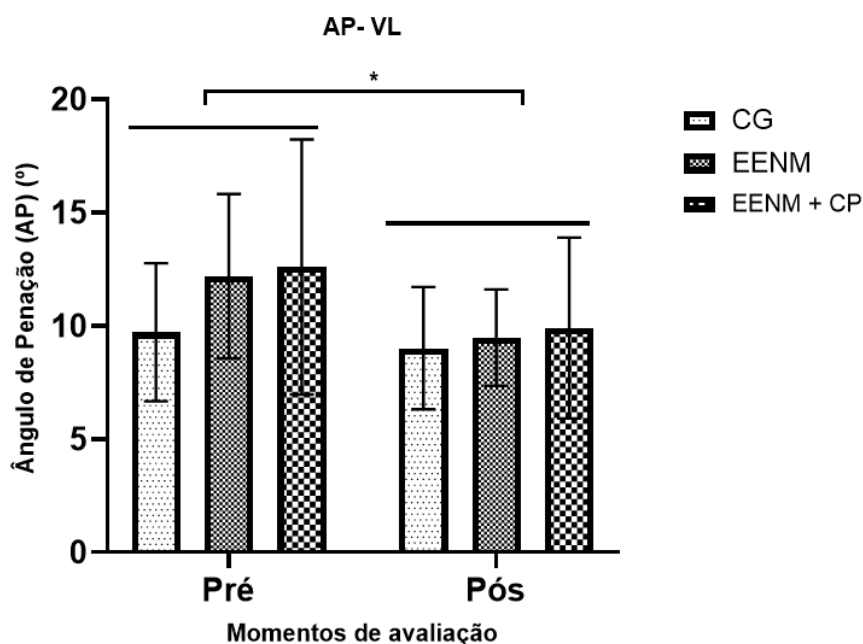
Gráfico 1- Análise da espessura do Músculo Reto Abdominal e Tecido Subcutâneo Abdominal



* Indica significância $p < 0,05$ ($p = 0,0386$). Os valores foram expressos em média e desvio padrão, sendo a unidade de medida avaliada em cm para os valores de espessura do músculo reto ABD e tecido subcutâneo da mesma região, respectivamente, apresentados por grupo: **CG**: ($0,76 \pm 0,18$ para $0,60 \pm 0,18$) | ($1,13 \pm 0,57$ para $0,91 \pm 0,77$) | **EENM**: ($0,87 \pm 0,25$ para $0,84 \pm 0,20$) | ($1,31 \pm 0,95$ para $1,31 \pm 0,89$) | **EENM + CP**: ($0,77 \pm 0,28$ para $0,95 \pm 0,36$) | ($1,44 \pm 0,74$ para $1,23 \pm 0,60$).

Já, na análise direta de força muscular avaliada através do ângulo de penetração (AP) do músculo vasto lateral (VL), onde quanto maior seu ângulo, melhor sua capacidade de geração de força, a análise de variância não apresentou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados, entretanto, os momentos de terapia tiveram influência direta na perda do AP- VL, onde todos os grupos tiveram redução geral significativa ($p = 0,0192$), observados mais detalhadamente na Gráfico 2. Em comparação as terapias propostas entre grupos não houve diferença estatisticamente significativa, sendo que o grupo GC apresentou menor perda no ângulo de penetração (7,23%), sugerindo uma melhor manutenção da preservação destas fibras em comparação aos grupo EENM e EENM + CP que tiveram perdas percentuais similares, 22,23% e 21,43%, respectivamente.

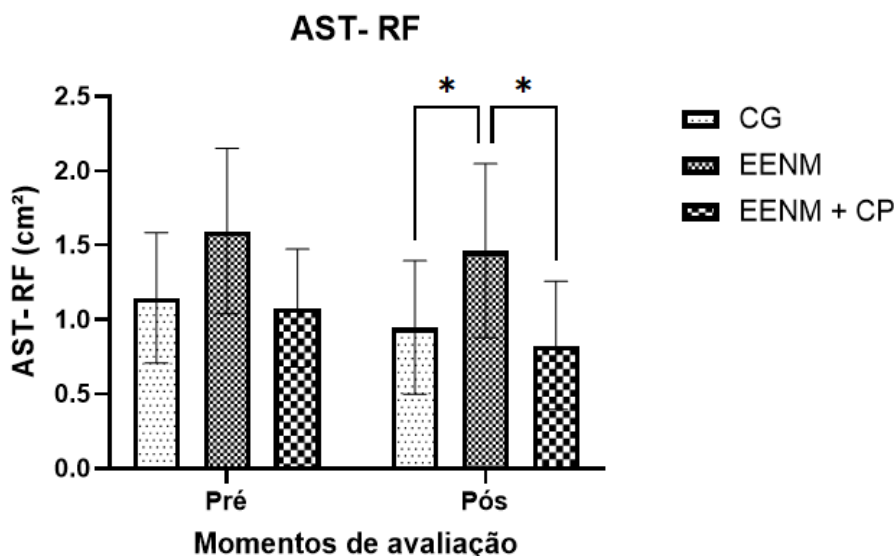
Gráfico 2- Análise do ângulo de penação do músculo vasto lateral nos dois momentos de avaliação com USG.



* Indica significância $p < 0,05$ nos momentos da avaliação ($p = 0,0192$). Os valores foram analisados por ANOVA two-way e confirmados por Teste de Tukey com múltiplas comparações. Sendo a unidade de medida avaliada em (°) para os valores de ângulo de penação de vasto lateral. Apresentando significância em relação aos momentos da avaliação em todos os grupos, $p = 0,0192$. Já em relação às terapias propostas não houve diferenças significativas, sendo os valores de variação geral apresentados por cada grupo no momento pré e pós terapias- **CG**: Redução de 7,23% ($9,717^\circ - 9,014^\circ$) $p = 0,6222$ | **EENM**: Redução de 22,23% ($12,1909^\circ - 9,481^\circ$) $p = 0,0540$ | **EENM + CP**: Redução de 21,43% ($12,597^\circ - 9,906^\circ$) $p = 0,0814$.

Na análise da AST- RF, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os momentos de terapia individualmente (Gráfico 3), embora a variabilidade individual sugira influência nos resultados ($p = 0,0553$). O grupo de EENM mostrou melhor manutenção, com redução de apenas 8,2%, enquanto os grupos CG e EENM + CP apresentaram reduções de 17,6% e 23,3%, respectivamente ($p < 0,005$). Esses resultados sugerem que a EENM isolada é mais eficaz em minimizar a perda de massa muscular da AST de RF, especialmente em comparação às terapias convencionais ($p = 0,0053$).

Gráfico 3- Análise da AST- RF nos dois momentos de avaliação com USG comparada entre grupos.



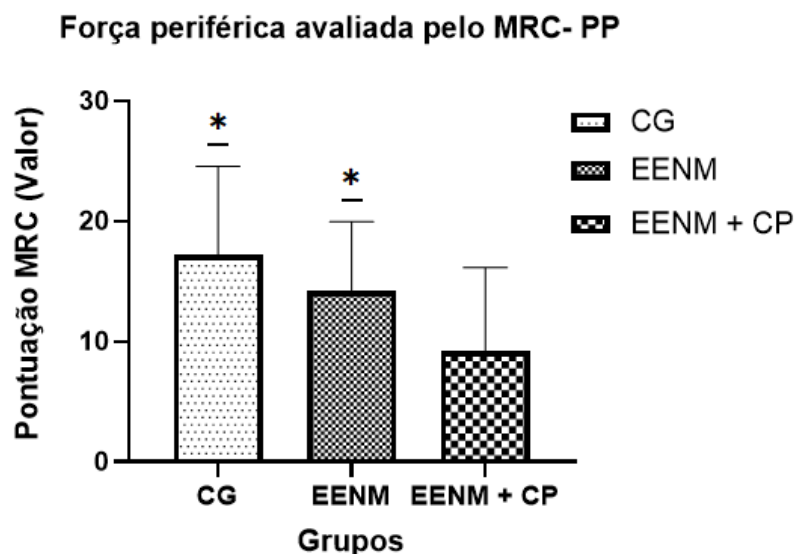
* Indica significância $p < 0,05$ ($p = 0,0053$). AST- RF: Área de secção transversa do músculo reto femoral. Os valores foram analisados por ANOVA two-way e confirmados por Teste de Tukey com múltiplas comparações. Sendo a unidade de medida avaliada em cm^2 para os valores de AST de reto femoral. Sendo os valores de variação geral apresentados por cada grupo no momento pré e pós-terapias- **CG**: Redução de 17,6% ($1,146 \text{ cm}^2 - 0,948 \text{ cm}^2$) $p = 0,2857$ | **EENM**: Redução de 8,2% ($1,594 \text{ cm}^2 - 1,4627 \text{ cm}^2$) $p = 0,4535$ | **EENM + CP**: Redução de 23,3% ($1,077 \text{ cm}^2 - 0,826 \text{ cm}^2$) $p = 0,2011$.

Em uma visão geral, é possível observar uma melhora importante na espessura de R. ABD dos participantes que integraram o grupo de EENM associado à CP, seguido do grupo que realizou EENM isolada, em comparação às terapias convencionais, em uma avaliação global, o grupo EENM+CP também apresentou a redução do percentual de gordura observado na avaliação de tecido subcutâneo, podendo ser um preditor de melhora muscular, corroborando a diminuição do tecido subcutâneo com o aumento da massa muscular.

Em contrapartida, a força muscular de MMII mensuradas pelo AP- VL e AST- RF, os resultados indicam que a terapia com EENM foi capaz de promover melhor manutenção da AST- RT em comparação aos demais grupos, mas observados diferença, favorecendo melhores resultados no grupo EENM, devido oferecer uma melhor padronização de manutenção distribuída entre as musculaturas avaliadas.

Em relação à avaliação de força muscular ativa pós protocolo, o grupo CG e EENM tiveram diferença estatisticamente significativa ($p = 0,043$) em comparação ao grupo EENM+CP, sendo os participantes que realizaram o controle apresentaram melhor grau de força periférica ao término dos protocolos (Gráfico 4).

Gráfico 4- Avaliação do MRC pós terapia entre grupos.

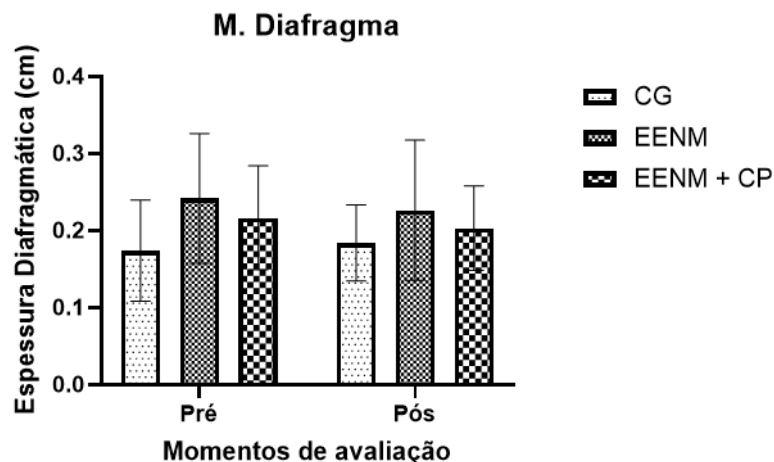


* Indica significância $p < 0,05$. PP: Pós protocolo. Os valores foram expressos em média e desvio padrão, comparados com Teste t, sendo eles: **CG** 17,2 ($\pm 23,3$) | **EENM** 14,2 ($\pm 19,1$) | **EENM + CP** 9,2 ($\pm 20,8$). Houve diferença significativa no MRC dos integrantes do CG ($p=0,0444$) e EENM ($p=0,0333$). Levando em consideração o DP, podemos considerar melhor eficiência no grupo que realizou EENM isolada.

5.3 AVALIAÇÃO MUSCULAR RESPIRATÓRIA E ANÁLISE DE SOBREVIDA

Para compor a análise muscular respiratória, tivemos como base a avaliação da espessura muscular do diafragma, principal músculo respiratório, avaliado em repouso, na fase expiratória. A análise de variância não revelou diferenças significativas entre grupos em relação a esta medida ($p = 0,1308$). Além disso, não houve diferença significativa nos momentos da avaliação pré e pós terapia ($p = 0,7353$), indicando baixa influência dos protocolos propostos em relação à terapia de controle, sendo o grupo CG apresentando o melhor resultado na espessura com $> 5,88\%$ (Gráfico 5).

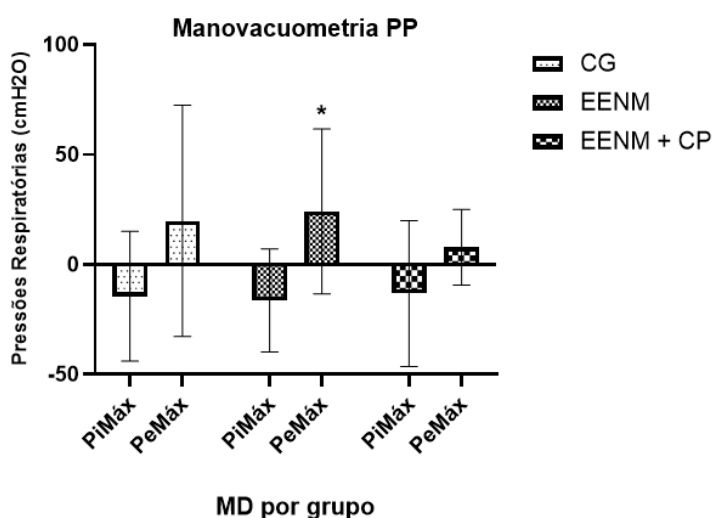
Gráfico 5- Variação da espessura muscular diafragmática nos dois momentos de avaliação com USG comparada entre grupos.



Os valores foram analisados por ANOVA two-way e confirmados por Teste de Tukey com múltiplas comparações, onde não apresentou variação significativa. Sendo a unidade de medida avaliada em cm. **CG:** Aumento de 5,88% na espessura diafragmática (0,17- 0,18 cm) | **EENM:** Redução de 8,33% na espessura diafragmática (0,24- 0,22 cm) | **EENM+CP:** Redução de 4,76% na espessura diafragmática (0,21- 0,20 cm).

A força muscular respiratória ativa, foi avaliada pós protocolo (PP), quando os pacientes acordaram da sedação, sendo mensurada pela manovacuometria, usando o efeito de comparação entre grupos, onde o grupo EENM que realizou a EENM isolada apresentou melhor força tanto inspiratória (PIMáx -16,4 cmH₂O), quanto expiratória (PEMáx 24,1 cmH₂O), em comparação aos grupo CG e EENM+CP, conforme ilustrado no Gráfico 6.

Gráfico 6- Avaliação das pressões respiratórias após término da sedação.



* Indica significância $p < 0,05$ ($p = 0,012$). MD: Média; PP: Pós protocolo. Os valores foram analisados por ANOVA two-way utilizando MD e DP, com IC 95% [-49,7- 14,1]; onde não apresentou variação significativa. Sendo a unidade de medida avaliada em cmH₂O por se tratar de avaliação pressórica. **CG:** PIMáx -14,5 cmH₂O/ PEMáx 19,7 cmH₂O | **EENM:** PIMáx -16,4 cmH₂O/ PEMáx 24,1 cmH₂O | **EENM+CP:** PIMáx

-13,3 cmH₂O/ PEMáx 7,78 cmH₂O.

Estes dados apresentados na avaliação da manovacuometria PP evidencia que o grupo EENM teve superioridade na força respiratória dos pacientes estudados, com uma diferença estatisticamente significativa na PEMáx em relação ao CG e EENM+CP ($p=0,012$), o que também pode estar fortemente associado a força de Reto ABD visto que apresentou melhor força muscular ativa com pequeno % de perda.

A análise secundária avaliou possíveis repercussões hemodinâmicas e ventilatórias durante a realização dos protocolos nos pacientes que concluíram o estudo, estes dados estão apresentados na Tabela 3, contendo valores médios (MD), DP e IC 95% por grupo, bem como o valor de P atribuído à média geral por 3 grupos.

Tabela 3- Medidas de desfecho secundário avaliados na UTI.

Variação das medidas ventilatórios e hemodinâmicas por protocolo					
	CG (n= 10)	EENM (n= 11)	EENM+CP (n= 9)	Diferença entre grupos- MD (IC 95%)	Valor P
VC (mL) Média (DP) [IC 95%]	523,51 (233,49) [463,19 - 583,83]	552,91 (204,11) [496,53-609,2 9]	544,79 (191,49) [486,39-603, 19]	540,38 (517,38 - 563,37)	0,082
PEEP (cmh ₂ O) Média (DP) [IC 95%]	6,25 (1,23) [6- 6,5]	6,13 (1,15) [5,93 - 6,33]	6,04 (1,01) [5,82 - 6,26]	6,14 [6,00 - 6,28]	0,683
FR (ipm) Média (DP) [IC 95%]	20,45 (5,21) [19,73 - 21,17]	19,55 (5,41) [18,63 - 20,47]	19,75 (4,85) [19,04 - 20,46]	19,92 [19,43 - 20,41]	0,583
CEst (mL/cmH ₂ O) Média (DP) [IC 95%]	59,3 (14,71) [49,5-58,3]	46,6 (15,75) [40,4-52,8]	50,75 (16,65) [45,6-55,9]	50,42 [46,3-54,5]	0,067
P.Plat. (cmH ₂ O) Média (DP) [IC 95%]	17,3 (3,51) [16,3-18,3]	18,1 (3,93) [16,8-19,4]	17,4 (3,64) [16,4-18,4]	17,6 [16,8-18,4]	0,543
PAM (mmHg) MD (DP) [IC 95%]	86,1 (13,4) [82,5-89,7]	90,3 (15,1) [85,5-95,1]	93,4 (15,4) [89,3-97,5]	89,9 [86,5-93,3]	0,013*

FC (bpm)	77,4 (13,5)	82,1 (15,4)	90,3 (17,1)	83,3	0,001*
MD (DP) [IC 95%]	[74,2-80,6]	[78,3-85,9]	[85,4-95,2]	[80,8-85,8]	
SpO ₂ (%)	94,5% (2,2)	95,1 (2,3)	95,5% (2,6)	95	0,01*
MD (DP) [IC 95%]	[93,7-95,3]	[94,2-96,0]	[94,4-96,6]	[94,4-95,6]	

Relação entre dias de IOT e internação total entre grupos por protocolo
--

Tempo de Internação na UTI - MD (DP) [IC 95%]	17,8 (8,37)	15,5 (6,87)	13,4 (5,51)	15,6 (7,3)	0,141
	[13,1- 22,6]	[12,2-18,8]	[10,6- 16,2]	[14,1- 17,1]	
Dias de IOT- MD (DP) [IC 95%]	10,5 (2,58)	12,2 (4,38)	9,5 (2,88)	10,8 (3,4)	0,234
	[8,8- 12,2]	[10,3- 14,1]	[7,4- 11,6]	[9,8- 11,8]	

Legenda: *: indica significância estatística (<0,05). VC: volume corrente; PEEP: pressão positiva expiratória final; FR: frequência respiratória; CEst: complacência estática; PAM: pressão arterial média; P.Plat: Pressão de platô; FC: frequência cardíaca; SpO₂: saturação periférica de oxigênio. IOT: Intubação orotraqueal. Os valores por grupo foram expressos em médias (MD), desvio padrão (DP) utilizando IC de 95% com a média de oscilação pré e pós aplicação da terapia diária. Para calcular significância entre os grupos, foi utilizada a média geral com IC 95% para obtenção do valor P gerado por anova para significância dos resultados entre os grupos avaliados.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O teste de análise de variância não detectou diferenças estatisticamente significativas entre os parâmetros ventilatórios controlados, apresentando $p > 0,05$, bem como também não apresentou alta repercussão na mecânica ventilatória entre os grupos durante a execução das técnicas propostas, mantendo normalidade dos dados dos parâmetros basais, com pouca taxa de oscilação, o que traduz segurança em todas as técnicas, minimizando riscos deletérios ao sistema respiratório dos pacientes estudados, configurando uma adequada manutenção de ventilação protetora a nível pulmonar, como volume corrente (VC) ≤ 6 mL/kg de peso predito e pressão de platô (Pplat) ≤ 30 cmH₂O, foram associados à menor mortalidade. (Netto, *et al.*, 2021)

Ao que tange o controle dos parâmetros hemodinâmicos durante a realização das terapias, o grupo EENM+CP apresentou maior oscilação de PAM e FC, em relação ao grupo CG e EENM. Essas variações foram confirmadas pelo Teste de Tukey para FC: sendo considerado estatisticamente significativa a diferença entre grupos CG x EENM: $p = 0,012$ (significativo)/ CG x EENM+CP: $p < 0,001$ (altamente significativo) e EENM x EENM+CP:

$p < 0,001$ (altamente significativo). Em relação a PAM confirmados por Teste de Tukey: A x B: $p = 0,067$ (não significativo)/ CG x EENM: $p = 0,002$ (significativo)/ EENM x EENM+CP: $p = 0,013$ (significativo). Podendo indicar maior instabilidade hemodinâmica ou resposta mais intensa à terapia, nos participantes que receberam EENM combinada com CP.

Houve melhora significativa na saturação de oxigênio (SPO_2) pós-tratamento em todos os grupos ($p = 0,01$), indicando que todos foram eficazes em manter a oxigenação periférica, onde os grupos EENM e EENM+CP, apresentaram o melhor desempenho, com melhoria de 1,6% na SPO_2 em relação ao grupo A ($>1,4\%$), confirmados pelo Teste de Tukey: sendo considerado estatisticamente significativa a diferença entre grupos CG x EENM ($p = 0,032$) e CG x EENM+CP ($p = 0,008$), em contrapartida entre os grupos EENM x EENM+CP ($p = 0,541$), não houve diferença significativa, onde ambos grupos de terapia foram superiores em manter boa perfusão periférica em comparação ao controle.

Em relação ao tempo de internação os IC não se sobrepõem significativamente, o Grupo EENM apresentou maior variabilidade, porém, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o mesmo se aplica ao que tange ao tempo de IOT, onde o grupo CG teve como mínimo 8 dias e máximo de 16 dias, EENM 5 e 21 respectivamente e EENM+CP 8 e 15 respectivamente. Embora apresentem pouca variabilidade, é evidente que o grupo EENM+CP apresentou menor tempo de internação e menor tempo de IOT comparado aos grupos de EENM isolada e cuidados habituais, destacando aqui sua superioridade em percentual de tempo de internação (24,7%) bem como tempo de IOT (22,1%), na comparação entre grupos. (Tabela 3).

Para compor os resultados secundários realizamos a análise de sobrevida para avaliar a diferença na taxa de mortalidade entre grupos, os resultados são apresentados abaixo:

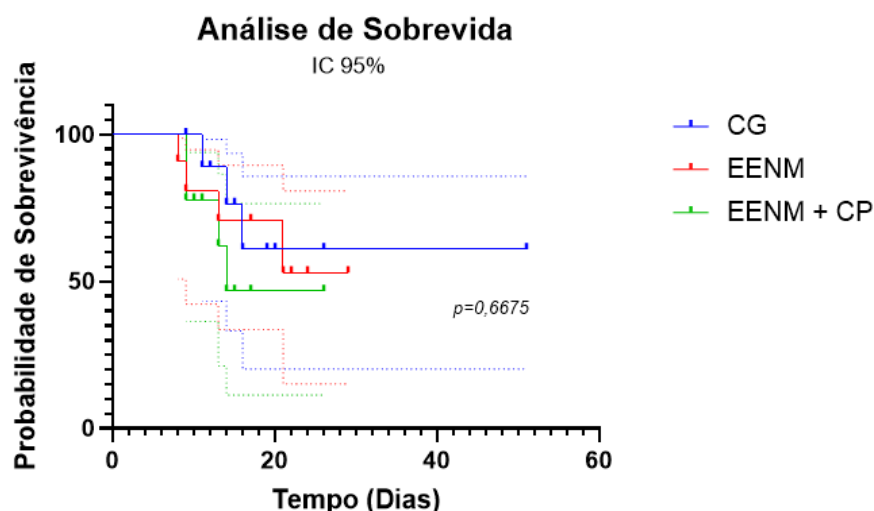
Tabela 4- Análise de sobrevida entre grupos (Teste de Mantel-Cox)

	N/%	Chi-quadrado	Graus de liberdade (dF)	P-valor
CG	N= 10 Óbitos 3 (30%)			
		0,8084	2	0,6675
EENM	N= 11 Óbitos 4 (44,4%)			
EENM + CP	N= 10 Óbitos 4 (30%)			

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Não foi observada diferença significativa entre as curvas de sobrevida (Gráfico 7), indicando que a taxa de mortalidade não variou significativamente, sugerindo que não há superioridade entre os protocolos, não havendo impacto importante entre os grupos.

Gráfico 7- Curva de sobrevida entre grupos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A Tabela 4 apresenta resumo percentual de ganhos e perdas musculares vistos pela avaliação de USG pré e pós terapias dos principais grupos musculares avaliados como desfecho primário, bem como avaliação da força muscular respiratória entre os grupos.

Tabela 5 – Percentual de variação dos parâmetros mensurados após 7 sessões de terapia referentes aos grupos

	% de variação pré e pós terapia avaliados com USG				Manovacuometria PP	
	Espessura de Reto ABD	AP-VL	AST-RF	Espessura Diafragma	PIMáx (- cmH ₂ O)	PEMáx (+ cmH ₂ O)
GG	< 21,05 %	< 7,23 %	< 17,6 %	> 5,88%	-14,5	19,7
EENM	< 3,45 %	< 22,23 %	< 8,2 %	< 8,33%	-16,4	24,1
EENM + CP	> 23,38 %	< 21,43 %	< 22,43%	< 4,76%	-13,1	7,78

Legenda: Reto ABD: Músculo reto abdominal; AP-VL: Ângulo de penetração músculo vasto lateral; AST-RF: Área de secção transversa do músculo reto femoral. PP- pós protocolo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

6 DISCUSSÃO

Apesar da randomização, a análise revelou uma distribuição equilibrada das variáveis demográficas e clínicas, como idade, IMC e fatores clínicos básicos, conferindo homogeneidade à amostra e, consequentemente, maior robustez e consistência aos resultados da avaliação dos protocolos.

Estudos recentes (Shin *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020) corroboram os resultados desta pesquisa, evidenciando a eficácia da reabilitação precoce com EENM e CP na melhoria clínica de pacientes críticos. A melhora significativa na espessura muscular (0,77 para 0,95) e redução do tecido subcutâneo (1,13 para 0,91) no grupo que realizou CP associada à EENM reflete ganhos funcionais e capacidade física. Isso é especialmente relevante, pois o músculo R. ABD desempenha papel crucial na funcionalidade global e na estabilização corpórea, além disso, destacamos sua funcionalidade nas condições respiratórias.

McCaughey *et al.* (2019) avaliaram a efetividade de um programa de treinamento com a corrente FES na musculatura abdominal de pacientes internados na UTI. Utilizando ultrassonografia para mensurar a espessura dos músculos abdominais antes e após a terapia, os autores encontraram uma redução no tempo de VM, mas não observaram alterações na espessura muscular. Esses resultados contrastam com os achados do presente estudo, que demonstraram um potencial de melhora significativo na espessura do músculo R.ABD no grupo que recebeu EENM+CP, entretanto, o grupo que recebeu EENM isolada, apresentou melhor força na PeMáx, o que está intimamente ligado a força de R. ABD, que é um músculo recrutado ativamente no processo da expiração forçada, onde sua atividade promove melhor capacidade expiratória, refletindo em proteção de vias aéreas, indispensável para pacientes em processo de desmame ventilatório na UTI (Dias e Moreira, 2018).

No estudo realizado por Moreira e colaboradores (2012), os pesquisadores compararam a efetividade de um protocolo de MP com etapas distintas a partir do nível de consciência dos participantes internados na UTI. Foram propostas distintas atividades, desde movimentos para manutenção articular até exercícios ativos com treinos de transferência e marcha, sendo realizada uma sessão diária durante sete dias, enquanto os participantes do grupo controle receberam apenas a terapia padrão, sem intervenções elaboradas. Sua amostra

contou com 134 participantes aleatorizados em dois grupos, onde ao final foi observada redução no tempo de internação, bem como nos custos hospitalares.

O protocolo proposto, com duração de 7 dias (Moreira *et al.*, 2012), apresentou resultados positivos na redução do tempo de internação, sendo semelhantes aos observados em nosso estudo, com redução no tempo de internação na UTI. O grupo EENM+CP demonstrou superioridade, com diminuição de 24,7% no tempo de internação e 22,1% no tempo de IOT, em comparação aos grupos EENM isolada e cuidados habituais. Esses resultados são encorajadores e evidenciam a superioridade das terapias combinadas em relação às terapias convencionais para a melhora dos pacientes críticos. Estando em conformidade com a metanálise de Wang *et al.* (2020), que demonstrou benefícios clínicos significativos ao verificar os efeitos da mobilização precoce nos pacientes criticamente enfermos, onde 39 estudos publicados demonstraram melhora significativa na incidência de FAUTI.

Em contrapartida, nos estudos propostos atualmente (Wang *et al.*, 2020; Fossat *et al.*, 2018) não foram observadas diferenças significativas na taxa de *delirium*, mortalidade na UTI, mortalidade hospitalar e QV relacionada à função física e à saúde mental em 2 - 6 meses após a alta hospitalar. Assim concluindo que a mobilização precoce é segura e eficaz, porém sugerem que mais estudos controlados com amostras estaticamente significativas devem ser realizados para confirmar ainda mais esses achados.

Os estudos de França *et al.* (2020) e Leite *et al.* (2018) investigaram os efeitos agudos da terapia de EENM em pacientes críticos sob uso de VM. França *et al.* (2020) avaliaram os efeitos da EENM em quadríceps (RF e VL) e CP para MMII, observando melhora da perfusão tecidual sem alterações hemodinâmicas significativas. No entanto, nossos resultados contradizem esses achados, demonstrando alterações hemodinâmicas na manutenção da FC e PAM dos pacientes submetidos à EENM e CP.

É importante notar que, embora as alterações hemodinâmicas observadas em nossa pesquisa sejam significativas, elas não apresentaram alta magnitude e foram rapidamente controladas com pausa da terapia e/ou otimização medicamentosa leve. Além disso, o estudo de Leite *et al.* (2018) utilizou corrente Aussie para estimulação diafragmática, o que pode gerar repercussões hemodinâmicas diferentes em comparação com outras correntes.

Os resultados de França *et al.* (2020) também sugerem que a estimulação em quadríceps pode ser mais promissora do que a estimulação diafragmática. Além disso, o estudo verificou que o tempo de VM foi menor em ambos os grupos submetidos à intervenção

de EENM comparado ao grupo controle, o que corrobora com a eficácia da terapia de EENM na redução do tempo de VM.

Ainda sobre a força muscular desempenhada por EENM, no estudo de Silva *et al* (2019) foi observado redução significativa da espessura muscular do tibial anterior e quadríceps do grupo controle, enquanto que dos pacientes tratados com FES tiveram a espessura muscular preservada, o estudo teve duração de 14 dias e foi avaliado por meio de USC, o que corrobora com nossos dados, onde de fato a utilização da EENM, bem como a associação com CP mostraram discreta superioridade em comparação às técnicas convencionais de mobilização passiva manual. Vale ressaltar que no estudo de Silva *et al* (2019) o foco também foram pacientes críticos, com dano cerebral extenso.

Uma pesquisa de 2018, realizou um ensaio clínico com 314 participantes, onde parte dos indivíduos foram submetidos à CP combinada com EENM de quadríceps, e outra parte realizou apenas terapia usual. O grupo de intervenção recebeu EENM por 50 minutos/dia em quadríceps e CP por 15 minutos/dia em horários distintos, ao fim não evidenciou melhora significativa entre as terapias, corroborando com resultados reportados em dois outros estudos similares (Coutinho *et al.*, 2016; Fossat *et al.*, 2018; Laterre; Hickmann; Castanares-Zapatero, 2019). Divergindo destes resultados, nosso estudo demonstrou potencial melhora da AST- RF no grupo que realizou a EENM, além de apresentar baixo percentual de perda no AP-VL, estes resultados refletem positivamente na avaliação de força periférica e respiratória, onde os pacientes que integraram o grupo EENM e o EENM+CG, apresentaram melhor vantagem funcional geral, em comparação ao GC que realizou terapias habituais.

Ainda no que tange a avaliação do músculo diafragma, a literatura não traz nenhuma padronização específica para a espessura diafragmática expiratória. Entretanto no estudo de Boon *et al* (2013) descobriram que o limite inferior da espessura normal do diafragma na expiração final ou capacidade residual funcional é de 0,15 cm, e um aumento de 20% na espessura do diafragma na inspiração (ou na CPT) é normal e esperado, corroborando com o estudo apresentado por Carrillo-Esper e colaboradores (2016) que determinaram a espessura normal do diafragma na de 0,12- 0,19 cm. O estudo de Boussuges *et al* (2021) sugere 0,13 cm para homens e 0,11 cm para mulheres como limite inferior de espessura, sendo a espessura na expiração final de > 0,33 cm considerada anormal (Boon *et al.*, 2013), corroborando com os achados neste estudo, onde os valores pré e pós terapia estão dentro dos valores considerados normais com uma média de 0,20 cm entre os momentos de avaliação.

Estudos recentes têm demonstrado a eficácia de terapias atuais no tratamento de pacientes críticos (Chen *et al.*, 2019; Mccaughey *et al.*, 2019). O que vem reforçando os

nossos resultados, onde é notável a melhora dos pacientes tratados precocemente. Esses achados sugerem a necessidade de novas pesquisas que explorem diferentes hipóteses terapêuticas (Silva *et al.*, 2020; Franca *et al.*, 2020; McCaughey *et al.*, 2019).

De forma geral, os dados sugerem que os sobreviventes da UTI podem se beneficiar da reabilitação precoce, ou mais adequadamente chamada de oportuna, aquela iniciada após estabilização do doente crítico e que pode se estender também ao tempo de internação prolongado nas enfermarias hospitalares (Morris *et al.*, 2016; Gruther *et al.*, 2017). Esses achados são consonantes com nossos resultados, visto que a maioria dos pacientes, mesmo em situações críticas, obtiveram alta da UTI em um período médio mínimo de 7 dias comparado com a média de 11 dias no estudo de Morris Peter e colaboradores (2008), evidenciando eficácia das terapias propostas no quesito redução do tempo de internação, entretanto, nossos resultados ainda são muito superficiais para garantir com clareza tal dado.

A despeito dos progressos alcançados, a literatura ainda apresenta divergências significativas sobre o momento ideal para iniciar terapias como EENM e CP. Estudos como os de Gruther (2010) e Burtin *et al.* (2009) sugerem janelas terapêuticas distintas. Essas discrepâncias evidenciam a complexidade do tema e a necessidade de pesquisas mais abrangentes e rigorosas para esclarecer questões relacionadas à segurança, eficácia e escolha de modalidades terapêuticas para pacientes críticos, considerando variáveis clínicas, patológicas e contextuais.

Em síntese, os resultados da presente pesquisa estão de acordo com estudos prévios (Gomes e Santos, 2016; Da Costa *et al.*, 2015), os quais sugerem que a combinação de EENM e CP é promissora para a melhora da força muscular em pacientes críticos, em comparação com as técnicas de fisioterapia convencional. No entanto, é fundamental considerar as limitações inerentes à avaliação periférica nesse contexto, uma vez que as condições neurológicas dos pacientes podem influenciar significativamente os resultados.

Embora limitações na avaliação da força muscular (MRC) tenham sido observadas, a análise dos dados sugere que o grupo EENM apresentou maior estabilidade e eficiência na força muscular. Esses achados reforçam a importância da prescrição de EENM como intervenção terapêutica para a manutenção ou recuperação da força muscular em pacientes críticos.

7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo apresenta algumas das principais limitações. Primeiro, em primeiro lugar, o tamanho da amostra foi inferior ao esperado devido às restrições temporais, o que pode ter comprometido a detecção de efeitos significativos nos desfechos primários. Em segundo lugar, a realização do estudo em um único centro pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos clínicos. Por fim, em terceiro lugar, a dificuldade na coleta dos valores de força muscular respiratória e periférica ativa após término das terapias, por condições neurológicas que limitaram a realização dos testes por falta de compreensão cognitiva dos pacientes avaliados. Pontuar essas dificuldades é importante para o direcionamento das pesquisas. Essas limitações sugerem direções para futuras pesquisas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este ensaio clínico piloto avaliou dois protocolos terapêuticos em pacientes críticos internados na UTI comparados a um controle. Embora os resultados não tenham mostrado impactos significativos devido às limitações metodológicas, a análise dos dados sugere que a EENM isolada pode oferecer vantagens na preservação da massa muscular e estabilidade hemodinâmica. Esses achados preliminares destacam a necessidade de futuras pesquisas mais abrangentes e rigorosas para confirmar esses resultados e avaliar os efeitos em longo prazo.

REFERÊNCIAS

ABU-KHABER, H. A.; ABOUELELA, A. M. Z.; ABDELKARIM, E. M. Effect of electrical muscle stimulation on prevention of ICU acquired muscle weakness and facilitating weaning from mechanical ventilation. **Alexandria Journal of Medicine**, Cairo, v. 49, n. 4, p. 309-315, dez. 2013.

ARIAS-FERNÁNDEZ, P. et al. Rehabilitation and early mobilization in the critical patient: systematic review. **Journal of Physical Therapy Science**, Tokyo, v. 30, n. 9, p. 1193-1201, 2018.

AZEVEDO-SANTOS, I. F. et al. Validação da versão Brasileira da Escala Comportamental de Dor (Behavioral Pain Scale) em adultos sedados e sob ventilação mecânica. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, São Paulo, v. 67, n. 3, p. 271-277, maio/jun. 2017.

BÉDUNEAU, G. et al. Epidemiology of Weaning Outcome according to a New Definition. The WIND Study. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, Nova

York, v. 195, n. 6, p. 772-783, mar. 2017.

BOON, A. J. et al. Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. **Muscle & Nerve**, Nova York, v. 47, n. 6, p. 884-889, 2013. DOI: 10.1002/mus.23702

BOUSSUGES, A. et al. Ultrasound Assessment of Diaphragm Thickness and Thickening: Reference Values and Limits of Normality When in a Seated Position. **Frontiers in Medicine**, Lausanne, v. 8, 2021. DOI: 10.3389/fmed.2021.742703

BREEN, P. P. et al. Comparison of Single- and Two-Channel Neuromuscular Electrical Stimulation Sites for Enhancing Venous Return. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, Nova York, v. 20, n. 3, p. 389-394, maio 2012.

BURGESS, L. et al. Effect of neuromuscular electrical stimulation on the recovery of people with COVID-19 admitted to the intensive care unit: A narrative review. **Journal of Rehabilitation Medicine**, Estocolmo, v. 53, n. 3, p. jrm00164, 2021.

BURTIN, C. et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. **Critical Care Medicine**, Filadélfia, v. 37, n. 9, p. 2499-2505, set. 2009.

CAMPANHOLI, L. M. Associação entre espessura do músculo reto abdominal e funcionalidade dos músculos do assoalho pélvico de gestantes. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - **Universidade Estadual Paulista**, 2022.

CAMPOS, D. R. et al. Early Neuromuscular Electrical Stimulation in Addition to Early Mobilization Improves Functional Status and Decreases Hospitalization Days of Critically Ill Patients. **Critical Care Medicine**, Filadélfia, v. 50, n. 7, p. 1116-1126, jul. 2022.

CARRILLO-ESPER, R. et al. Standardization of Sonographic Diaphragm Thickness Evaluations in Healthy Volunteers. **Respiratory Care**, Dallas, v. 61, n. 7, p. 920-924, 2016. DOI: 10.4187/respcare.03999.

CARVALHO, E. S. V. DE. Avaliação ultrassonográfica da musculatura periférica e respiratória e sua relação com a força muscular em pacientes com esclerose sistêmica. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal de Pernambuco**, 2023.

CARTWRIGHT, M. S. et al. Quantitative neuromuscular ultrasound in the intensive care unit. **Muscle & nerve**, v. 47, n. 2, p. 255-259, 2012.

CERQUEIRA, I. R. L. et al. Impactos da ventilação mecânica invasiva em pacientes pós-COVID-19: revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, e569111537509, 26 nov. 2022.

CHEN, S. et al. Efeito da estimulação elétrica neuromuscular transcutânea na prevenção da fraqueza adquirida em unidades de terapia intensiva em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica sob ventilação mecânica. **Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue**, Pequim, v. 31, n. 6, p. 709-713, jun. 2019.

COELHO, L. M. A.; MENDES, B. L. B. Mobilização precoce para reabilitação de pacientes com COVID-19 em unidades de terapia intensiva: revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e134101421784, 28 out. 2021.

CONSORT. Checklist CONSORT: **Declaração de Consolidada de Relatórios de Ensaio Clínicos Randomizados** [Internet]. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4993526/mod_resource/content/1/Portuguese%20CONSORT%20Checklist.pdf Acesso em: 2 fev. 2024.

COSTA, C. C. et al. Avaliação de um protocolo de mobilização precoce em uma unidade de terapia intensiva. **Revista Conhecimento Online**, v. 3, p. 92, 5 set. 2019.

DA COSTA F.M. et al. Avaliação da Funcionalidade Motora em Pacientes com Tempo Prolongado de Internação Hospitalar. **Journal health science**. v. 16, n2, 2 julho. 2015.

COUTINHO, W. M. et al. Efeito agudo da utilização do cicloergômetro durante atendimento fisioterapêutico em pacientes críticos ventilados mecanicamente. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 278-283, set. 2016.

DALL'ACQUA, Ana Maria. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular na morfologia da musculatura abdominal e peitoral de pacientes críticos em ventilação mecânica. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares) - **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2015.

DA LUZ, V. F. et al.. Efeitos Pulmonares da Ventilação Mecânica. In: VALIATTI, J. L. S.; AMARAL, J. L. G.; FALCÃO, L. F. R. (Org.). Ventilação Mecânica: Fundamentos e Prática Clínica. 2. ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2022. p. 54-65.

DAMASCENO, M. P. C. D. et al. Ventilação mecânica no Brasil: aspectos epidemiológicos. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 219-228, set. 2006.

DAMUTH, E. et al. Long-term survival of critically ill patients treated with prolonged mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet Respiratory Medicine**, Londres, v. 3, n. 7, p. 544-553, jul. 2015.

DE JONGHE, B. et al. Critical illness neuromyopathy. **Clinical Pulmonary Medicine**, Filadélfia, v. 12, n. 2, p. 90-96, 2005.

DE LIMA, R. V. S. A. et al. Análise ultrassonográfica do quadríceps femoral de pacientes críticos sob ventilação mecânica. **Revista Conscientia e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. e17090, nov. 2020.

DIAS, L. DE S.; MOREIRA, S. M. B. P.; VIEIRA, L. L. Análise de pico de fluxo de tosse voluntária de pacientes em um hospital de urgências. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 8, n. 3, p. 305-312, 17 set. 2018.

DOT, I. et al. Disfunción diafragmática: una realidad en el paciente ventilado mecánicamente. **Archivos de Bronconeumología**, Madri, v. 53, n. 3, p. 150-156, mar. 2017.

FARIA, L. M. Impacto do processo de internação em UTI na funcionalidade de pacientes adultos ventilados mecanicamente. Dissertação (Mestrado) - [Universidade Federal de

Minas Gerais], 2013.

FAUL, F. et al. G*Power 3: Uma ferramenta geral para análise de poder estatístico. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175-191, 2007. DOI: 10.3758/BF03193146.

FEIJÓ, C. A. R. et al. Gravidade dos pacientes admitidos à Unidade de Terapia Intensiva de um hospital universitário brasileiro. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 18-21, mar. 2006.

FERREIRA, L. L. et al. Efeitos da eletroestimulação em pacientes internados em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática. [Trabalho de conclusão de curso], 2013.

FISCHER, A. et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? **Critical Care**, London, v. 20, n. 1, p. 30, jan. 2016.

FOSSAT, G. et al. Effect of In-Bed Leg Cycling and Electrical Stimulation of the Quadriceps on Global Muscle Strength in Critically Ill Adults. **JAMA**, Chicago, v. 320, n. 4, p. 368, jul. 2018.

FRANÇA, E. E. T. et al. Acute effect of passive cycle-ergometry and functional electrical stimulation on nitrosative stress and inflammatory cytokines in mechanically ventilated critically ill patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 53, n. 4, e8770, abr. 2020.

GATTINONI, L.; CARLESSO, E.; CAIRONI, P. Stress and strain within the lung. **Current Opinion in Critical Care**, v. 18, n. 1, p. 42-47, 2012.

GODOY, M. D. P. et al. Fraqueza muscular adquirida na UTI (ICU-AW): efeitos sistêmicos da eletroestimulação neuromuscular. **Revista Brasileira de Neurologia**, São Paulo, p. 110-113, 2015.

GOLIGHER, E. C. et al. Mechanical Ventilation–induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, Nova York, v. 197, n. 2, p. 204-213, jan. 2018.

GOMES NETO, M. et al. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation on Physiologic and Functional Measurements in Patients With Heart Failure: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSIS. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, Filadélfia, v. 36, n. 3, p. 157–166, maio 2016.

GOMES, R. H. S.; SANTOS, R. S.. Avaliação da capacidade e comprometimento funcional em pacientes traqueotomizados de um hospital público de Curitiba. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 1, p. 120–128, jan. 2016.

GOMES, C. A. C. et al. Impacto de dois protocolos de estimulação diafragmática elétrica transcutânea nos parâmetros ventilométricos de pacientes críticos. **ASSOBRAFIR Ciência**,

Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. e37785, 2020.

GRUTHER, W. et al. A reabilitação precoce na enfermaria geral após uma internação na unidade de terapia intensiva pode reduzir o tempo de internação hospitalar em sobreviventes de doenças críticas? um ensaio clínico randomizado. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, Filadélfia, v. 96, n. 9, p. 607-615, set. 2017. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000718

GRUTHER, W. et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. **Journal of Rehabilitation Medicine**, Estocolmo, v. 42, n. 6, p. 593-597, jun. 2010. DOI: 10.2340/16501977-0564

HARDY, E. J. et al. Post-operative electrical muscle stimulation attenuates loss of muscle mass and function following major abdominal surgery in older adults: a split body randomised control trial. **Age and Ageing**, Oxford, v. 51, n. 10, p. afac234, out. 2022. DOI: 10.1093/ageing/afac234

HASHEM, M. D.; NELLIOT, A.; NEEDHAM, D. M. Early Mobilization and Rehabilitation in the ICU: Moving Back to the Future. **Respiratory Care**, Dallas, v. 61, n. 7, p. 971-979, jul. 2016.

HERRIDGE, M. S. et al. The RECOVER Program: Disability Risk Groups and 1-Year Outcome after 7 or More Days of Mechanical Ventilation. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, Nova York, v. 194, n. 7, p. 831-844, out. 2016.

HUDSON, M. B. et al. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. **Critical Care Medicine**, Filadélfia, v. 40, n. 4, p. 1254-1260, abr. 2012.

HUSSAIN, S. N. A. et al. Mechanical Ventilation-induced Diaphragm Disuse in Humans Triggers Autophagy. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, Nova York, v. 182, n. 11, p. 1377-1386, dez. 2010.

JABER, S. et al. Rapidly Progressive Diaphragmatic Weakness and Injury during Mechanical Ventilation in Humans. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, Nova York, v. 183, n. 3, p. 364-371, fev. 2011.

JANG, M. H.; SHIN, M.-J.; SHIN, Y. B. Pulmonary and Physical Rehabilitation in Critically Ill Patients. **Acute and Critical Care**, Seul, v. 34, n. 1, p. 1-13, fev. 2019.

KAHN, J. M. et al. The Epidemiology of Chronic Critical Illness in the United States. **Critical Care Medicine**, Filadélfia, v. 43, n. 2, p. 282-287, fev. 2015.

KENYON, K.; KENYON, J. Fisioterapia essencial. Rio de Janeiro: **Elsevier Health Sciences** Brazil, 2010.

LATERRE, P.-F.; HICKMANN, C.; CASTANARES-ZAPATERO, D. Passive leg cycling and electrical stimulation cannot preserve strength in sepsis. **Critical Care**, London, v. 23, n. 1, p. 37, dez. 2019.

LATRONICO, N.; GOSSELINK, R. Abordagem dirigida para o diagnóstico de fraqueza muscular grave na unidade de terapia intensiva. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 199-201, jul. 2015.

LEITE, M. A. et al. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Quadriceps and Diaphragm in Critically Ill Patients. **Critical Care Research and Practice**, Nova York, v. 2018, p. 1-8, jul. 2018.

LIU, G.; SUMMER, R. Cellular metabolism in lung health and disease. **Annual Review of Physiology**, v. 80, 2018.

LIU, M. et al. Intervention effect of neuromuscular electrical stimulation on ICU acquired weakness: A meta-analysis. **International Journal of Nursing Sciences**, Xangai, v. 7, n. 2, p. 228-237, abr. 2020.

LIMA, K. M. M. E .; OLIVEIRA, L. F. DE .. Confiabilidade das medidas de arquitetura do músculo Vasto Lateral pela ultrassonografia. Motriz: **Revista de Educação Física**, v. 19, n. 1, p. 217-223, jan. 2013.

LOOIJAAARD, W. G. P. M. et al. Measuring and monitoring lean body mass in critical illness. **Current Opinion in Critical Care**, Filadélfia, v. 24, n. 4, p. 241-247, ago. 2018. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000511.

MACHADO, A. D. S. et al. Effects that passive cycling exercise have on muscle strength, duration of mechanical ventilation, and length of hospital stay in critically ill patients. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 134-139, abr. 2017.

MAFFIULETTI, N. A. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. **European Journal of Applied Physiology**, Berlim, v. 110, n. 2, p. 223-234, set. 2010.

MARTINEZ, B. P. et al. Frequência de sarcopenia e fatores associados entre pacientes idosos hospitalizados. **BMC Musculoskeletal Disorders**, Londres, v. 16, n. 108, p. 2-7, 2015. DOI: 10.1186/s12891-015-0570-x.

MARTINS, J. A. et al. PROFISIO - Fisioterapia em Terapia Intensiva Adulto. 10. ed. Porto Alegre: **Artmed Panamericana**, 2020. v. 3.

MACHADO, J. B et al. Bundles do combate à fraqueza adquirida na unidade de terapia intensiva. **BRASPEN Journal**, vol.36, n2, p.131-144, 2021.

MCCAUGHEY, E. J. et al. Abdominal functional electrical stimulation to assist ventilator weaning in critical illness. **Critical Care**, Londres, v. 23, n. 1, p. 261, dez. 2019.

MEDEIROS, A. H. D. O. et al. Eletroestimulação muscular: alternativa de tratamento coadjuvante para pacientes com doença arterial obstrutiva periférica. **Jornal Vascular Brasileiro**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 156-162, jun. 2007.

MEDRINAL, C. et al. Effects of different early rehabilitation techniques on haemodynamic

and metabolic parameters in sedated patients. **BMJ Open Respiratory Research**, Londres, v. 4, n. 1, p. e000173, jan. 2017. DOI: 10.1136/bmjresp-2016-000173.

MEESEN, R. L. J. 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: Technology at the Neural Interface*, v. 13, n. 4, p. 315–321, out. 2010.

MESQUITA, T. M. D. J. C.; GARDENGHI, G. Imobilismo e fraqueza muscular adquirida na unidade de terapia intensiva. **Revista Brasileira de Saúde Funcional**, v. 4, n. 2, p. 47, dez. 2016.

MOLINA PEÑA, M. E. et al. Physiopathological mechanisms of diaphragmatic dysfunction associated with mechanical ventilation. **Revista Española de Anestesiología y Reanimación**, v. 67, n. 4, p. 195-203, abr. 2020.

MOONEN, H. P. F. X.; VAN ZANTEN, A. R. H. Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness. **Current Opinion in Critical Care**, v. 27, n. 4, p. 344–353, ago. 2021.

MOREIRA, R. C. M. Mobilização precoce de pacientes criticamente doentes: ensaio clínico aleatorizado. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MORRIS, P. E. et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. **Critical Care Medicine**, v. 36, n. 8, p. 2238-2243, ago. 2008.

MORRIS, P. E. et al. Reabilitação padronizada e tempo de internação hospitalar entre pacientes com insuficiência respiratória aguda. **JAMA**, v. 315, n. 24, p. 2694-2702, jun. 2016.

MOURA, P. H. Avaliação ultrassonográfica da musculatura periférica e abdominal de pacientes críticos com Covid-19. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal de Pernambuco**, 2022.

MUNIZ, V. D. A. S. Utilização do cicloergômetro na proposta de auxiliar a mobilização precoce em pacientes críticos: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 5, e6612536896, maio 2023.

NETTER, F. H. Atlas de anatomia humana. Tradução Eduardo Cotecchia Ribeiro. 7. ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2021. il.

NETTO, C. B. et al. Ventilação mecânica protetora em pacientes com fatores de risco para LES: estudo de coorte prospectivo. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 47, n. 1, p. 1-8, 2021.

OPAZO, H.; ELIZABETH, C. Impact of early physical therapy on skeletal muscle wasting during critical illness. **Université Catholique de Louvain**, 2017.

OLIVEIRA, I. de; PAIVA, L. M. Eletroestimulação neuromuscular para fortalecimento muscular de reto abdominal em mulheres. [Trabalho de Iniciação Científica] – **Centro Universitário de Brasília - UniCEUB**, Brasília, 2018. 33 p.

PARRY, S. M. et al. Functional electrical stimulation with cycling in the critically ill: A pilot

case-matched control study. **Journal of Critical Care**, v. 29, n. 4, p. 695.e1-695.e7, ago. 2014.

PASSARELLI, R. DE C. V. et al. Avaliação da força muscular inspiratória (P_{Imáx}) durante o desmame da ventilação mecânica em pacientes neurológicos internados na unidade de terapia intensiva. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 1, p. 48–53, jan. 2011.

PINTO, B. F.; DIAS, E. H. F. Efeitos sistêmicos da mobilização precoce em pacientes adultos internados na unidade de terapia intensiva: revisão atualizada. **Fisioterapia Brasil**, v. 19, n. 6, p. 857–865, fev. 2019.

POLÔNIO, J. D. T. et al. Eletroestimulação seletiva mantém estrutura e função do tibial anterior desnervado de ratos. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 85–89, 2010.

PONDOFE, K. DE M. et al. Relação entre força abdominal, abdome protuso e ângulo lombossacral em mulheres jovens. **Fisioterapia em Movimento**, v. 19, p. 99–104, 2006.

SACHETTI, A. et al. Safety of neuromuscular electrical stimulation among critically ill patients: systematic review. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 30, n. 2, p. 148-157, 2018.

SACILOTTO, M. C. B. et al.. A Simpler and Shorter Neuromuscular Electrical Stimulation Protocol Improves Functional Status and Modulates Inflammatory Profile in Patients with End-Stage Congestive Heart Failure. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 30, n. 6, p. 484–495, nov. 2017.

SANTOS, M. et al. Dinamometria: sabemos o suficiente para utilizá-la adequadamente na Saúde Ocupacional? **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, v. 11, p. 1-22, 2021.

SCHEPENS, T. et al. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. **Critical Care**, v. 19, n. 1, p. 422, dez. 2015.

SCHEPENS, T.; FARD, S.; GOLIGHER, E. C. **Assessing Diaphragmatic Function. Respiratory Care**, v. 65, n. 6, p. 807–819, jun. 2020.

SEGRS, J. et al. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. **Journal of Critical Care**, v. 29, n. 6, p. 1082–1088, dez. 2014.

SILVA, A. P. P. D. et al. Efeitos da fisioterapia motora em pacientes críticos: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 22, n. 1, p. 85–91, mar. 2010.

SILVA, J. R. et al. Impact of Early Passive Exercise With Cycle Ergometer on Ventilator Interaction. **Respiratory Care**, v. 65, n. 10, p. 1547–1554, out. 2020.

SILVA, P. E. et al. Neuromuscular electrical stimulation in critically ill traumatic brain injury patients attenuates muscle atrophy, neurophysiological disorders, and weakness. **Journal of Intensive Care**, v. 7, p. 59, dez. 2019.

SPECTOR, P. et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Therapy to Restore Quadriceps Muscle Function in Patients After Orthopaedic Surgery. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 98, n. 23, p. 2017–2024, dez. 2016.

- STRASSER, E. M. et al. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. **Age** (Dordrecht, Netherlands), v. 35, n. 6, p. 2377–2388, 2013.
- TOCALINI, P. et al. Disfunción diafragmática asociada a la ventilación mecánica invasiva en pacientes adultos críticamente enfermos. **Revista Faculdade de Ciências Médicas**, v. 78, n. 2, p. 197-206, jun. 2021.
- TONETTI, T. et al. Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention. **Annals of Translational Medicine**, v. 5, n. 14, p. 286, 2017.
- TOLEDO, D. O. et al. Bedside ultrasound is a practical measurement tool for assessing muscle mass. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 29, n. 4, p. 347-353, 2017.
- VAN WAGENBERG, L. et al. Causes of Mortality in ICU-Acquired Weakness. **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 35, n. 3, p. 293–296, mar. 2020.
- VANHOREBEEK, I.; LATRONICO, N.; VAN DEN BERGHE, G. ICU-acquired weakness. **Intensive Care Medicine**, v. 46, n. 4, p. 637–653, abr. 2020.
- VANHOUTTE, E. K. et al. Modifying the Medical Research Council grading system through **Rasch analyses**. *Brain*, v. 135, n. 5, p. 1639–1649, maio 2012.
- VIERA, R. H. G. et al. Força muscular periférica e respiratória na Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 20, n. 2, p. 125-133, 2018.
- WANG, J. et al. Exercise Regulates the Immune System. In: XIAO, J. (Ed.). **Physical Exercise for Human Health**. Singapore: Springer Singapore, 2020. v. 1228. p. 395–408.
- WATERS, C. M.; ROAN, E.; NAVAJAS, D. Mechanobiology in lung epithelial cells: measurements, perturbations, and responses. **Comprehensive Physiology**, v. 2, n. 1, p. 1-29, 2012.
- ZAMBON, M. et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. **Intensive Care Medicine**, v. 43, n. 1, p. 29-38, jan. 2017.
- ZANG, K. et al. The effect of early mobilization in critically ill patients: A meta-analysis. **Nursing in Critical Care**, v. 25, n. 6, p. 360–367, nov. 2020.
- ZAYED, Y. et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis. **Australian Critical Care**, v. 33, n. 2, p. 203–210, mar. 2020.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Universidade Federal da Fronteira Sul- UFFS COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO RESPONSÁVEL LEGAL PELA PESSOA INTERNADA EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA E/OU EM ESTADO DE INCONSCIÊNCIA

O paciente sob sua guarda está sendo convidado(a) para participar como voluntário em uma pesquisa. Após a leitura e esclarecimento sobre as informações a seguir, no caso de aceitar que o menor faça parte do estudo, rubrique todas as páginas e assine no final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador.

Título do Estudo: Impacto Da Intervenção Precoce Com Cicloergometria Passiva E Estimulação Elétrica Neuromuscular Na Espessura Muscular De Pacientes Críticos: Ensaio Clínico Randomizado De Três Braços, Simples-Cego E De Centro Único

Prezado (a) responsável legal,

O paciente sob sua guarda está sendo convidado(a) a participar de um estudo de pesquisa intitulado *"Impacto Da Intervenção Precoce Com Cicloergometria Passiva E Estimulação Elétrica Neuromuscular Na Espessura Muscular De Pacientes Críticos: Ensaio Clínico Randomizado De Três Braços, Simples-Cego E De Centro Único"*, desenvolvida por Aline Herrmann, fisioterapeuta, discente do curso de mestrado em Ciências Biomédicas da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Chapecó – SC, sob coordenação do Professor Dr. Leandro Henrique Manfredi.

Antes de decidir se deseja autorizar a participação da pessoa sob sua guarda, é importante que você compreenda completamente as informações fornecidas neste documento. Por favor, leia atentamente todas as informações a seguir e, caso tenha alguma dúvida, sinta-se à vontade para entrar em contato conosco antes de tomar sua decisão.

1. Objetivo do Estudo

O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos e comparar a superioridade e eficácia de dois protocolos de tratamento de mobilização precoce com utilização de recursos atuais em relação à terapia convencional para reduzir a perda de massa muscular em pacientes críticos internados na UTI Adulto do Hospital Regional do Oeste.

2. Procedimentos do Estudo e critérios de elegibilidade

A participação do paciente na pesquisa consiste em realizar tratamento proposto pelo projeto, onde o participante será alocado em um dos três grupos de terapia, onde receberá um tratamento motor para reabilitação de acordo com o grupo em que se encontra. Sendo um grupo com terapia manual, outro grupo com eletroestimulação muscular gerada por meio de um aparelho específico eletroestimulador e outro grupo que combinará a terapia de eletroestimulação com a terapia de ciclismo passivo realizada por um aparelho automático que simulará uma pedalada. Durante as terapias serão realizados exames de avaliação muscular, com uso de ultrassonografia, também serão realizadas fotos e vídeos do participante, sem jamais expor a sua identidade, sendo vetada fotos que sejam possíveis de identificação do participante.

3. Confidencialidade e Privacidade

Todas as informações coletadas serão tratadas de forma estritamente confidencial e armazenadas em um ambiente seguro, de acordo com a lei nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018, a Lei De Proteção De Dados Pessoais. Os dados serão acessados apenas pelos pesquisadores responsáveis pelo estudo e serão utilizados exclusivamente para os fins descritos nesta pesquisa.

Serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações por você prestadas. Qualquer dado que possa identificá-lo será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa e o material armazenado em local seguro.

A qualquer momento, durante a pesquisa, ou posteriormente, você poderá solicitar do pesquisador informações sobre sua participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados neste Termo.

4. Voluntariedade e Direitos do Participante

A participação do paciente neste estudo é voluntária. Você como responsável legal e/ou o próprio paciente quando acordado, tem o direito de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Sua decisão em permitir a participação ou não nesta pesquisa, não afetará sua relação com o hospital ou a qualidade do atendimento médico recebido. Caso decida autorizar a participação, você terá a liberdade de interrompê-la a qualquer momento, sem a necessidade de fornecer uma justificativa.

O nome do paciente não será mencionado durante qualquer etapa desta pesquisa, bem como em quaisquer publicações, cursos, relatórios e afins. Apenas o nome da Instituição será mencionado. Para manter o seu anonimato, será utilizada uma codificação numérica sequencial. Cada participante terá um número distinto em todos os materiais e dados relacionados a ele.

5. Da coleta/procedimento/experimento

As sessões referentes ao protocolo e a manipulação manual do controle serão realizadas entre às 8h e 22h, com intervalo de 12h entre as sessões, diariamente durante o tempo de duração da VM, até óbito ou alta da UTI. Os protocolos estipulados terão duração de 7 dias. Os pacientes elegíveis serão alocados em três grupos, descritos a seguir:

GC: (Controle) - Fisioterapia convencional- Neste grupo os participantes irão receber todo o suporte necessário e a reabilitação convencional, que inclui exercícios passivos manuais, posicionamento funcional e manobras respiratórias de acordo com a necessidade clínica, sem o uso de EENM e/ou CP.

GT1: (EENM) - Neste grupo os participantes irão receber o protocolo de EENM na região de quadríceps e reto abdominal, conforme proposto no quadro 1, além de todas as técnicas de reabilitação convencional, com posicionamento funcional e manobras para otimização da função respiratória conforme necessidade clínica.

GT2: (EENM + CP) - Neste grupo os participantes irão receber um protocolo combinado utilizando a EENM proposta no GT1 + CP, onde a terapia com cicloergometria passiva será associada a estimulação de forma sincronizada, abrangendo os mesmos grupos musculares, além de todas as técnicas de reabilitação convencional com posicionamento funcional e manobras para otimização da função respiratória conforme necessidade clínica.

6. Guarda dos dados e materiais coletados na pesquisa

Os dados provenientes da pesquisa ficarão guardados em armário trancado com chave, ao qual somente o pesquisador responsável terá acesso. As tabelas com informações dos participantes da pesquisa ficarão guardadas nos computadores dos pesquisadores envolvidos, com acesso somente com senha. Todos os materiais serão mantidos pelo período de duração da pesquisa (5 anos).

7. Benefícios e Riscos

De forma geral, os protocolos realizados nesta pesquisa não oferecem nenhum dano ou risco grave ao paciente, sendo consideradas terapias seguras, com alto grau de eficácia na literatura atual. A pesquisa também propiciará o desenvolvimento do conhecimento científico sobre técnicas de reabilitação que apresentam maior desempenho na preservação muscular dos participantes. Os benefícios relacionados à pesquisa incluem o acesso dos participantes aos resultados e orientações em caso de alguma alteração patológica. Salientamos que não haverá nenhum custo ao participante pela realização da pesquisa, o mesmo também não receberá nenhum valor para participação, sendo um estudo totalmente gratuito. Os benefícios esperados pela participação do paciente sob sua guarda na pesquisa são a preservação da massa muscular, melhora da recuperação funcional e redução do tempo de internação hospitalar. Salientamos que independente do grupo que o paciente cair, todos os participantes terão direito de ser tratados e reabilitados, sem prejuízos terapêuticos, onde após o término do prazo de pesquisa (7 dias), todos receberam o tratamento que oferecer o melhor resultado, baseado neste estudo.

8. Divulgação dos resultados da pesquisa

A devolutiva dos resultados obtidos na pesquisa será realizada por meio de publicações científicas e participação em eventos científicos da área, com palestras e com o uso de *poster* e *banner* ou informativos online. Os dados pessoais dos participantes não serão divulgados em nenhum momento, preservando o anonimato. Os principais resultados provenientes da pesquisa serão divulgados individualmente para cada participante por contato telefônico e/ou por e-mail.

9. Consentimento

Ao autorizar o paciente a participar deste estudo, você estará dando seu consentimento livre e esclarecido para a coleta e análise de seus dados físicos, funcionais e médicos relacionados à reabilitação e estadia do paciente na UTI. Entende-se que você teve a oportunidade de esclarecer todas as suas dúvidas antes de tomar sua decisão.

Por favor, assine abaixo para indicar que você leu e compreendeu todas as informações apresentadas neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que concorda com a participação do paciente sob sua responsabilidade legal.

Autorizando a participação neste estudo, uma via deste termo ficará em seu poder e a outra será entregue ao pesquisador. Desde já agradecemos sua participação.

Declaro para estes fins expostos no presente Termo que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Assinatura Responsável legal do Participante

Nome do Participante (em letra de forma)

DATA: _____

Caso tenha mais alguma dúvida ou necessite de esclarecimentos adicionais, entre em contato com o Comitê de Ética responsável pelo estudo ou com os pesquisadores responsáveis.

Contato profissional com o (a) pesquisador (a) responsável: Tel: (49) 991229864 e-mail: leandro.manfredi@uffs.edu.br. Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS: Tel e Fax - 49- 2049-3745/ e-mail: cep.uffs@uffs.edu.br.

Endereço para correspondência: Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS, Universidade Federal da Fronteira Sul, Bloco da Biblioteca, Sala 310, 3º andar, Rodovia SC 484 Km 02, Fronteira Sul, CEP 89815-899, Chapecó, Santa Catarina, Brasil.

APROVAÇÃO DA PESQUISA PELO CEP/UFFS

Parecer n:

Data:

APÊNDICE B- Termo de Consentimento para uso de imagem e/ou voz**Universidade Federal da Fronteira Sul- UFFS****COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS****CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS****TERMO DE CONSENTIMENTO PARA USO DE IMAGEM E/OU VOZ**

Título: Impacto Da Intervenção Precoce Com Cicloergometria Passiva E Estimulação Elétrica Neuromuscular Na Espessura Muscular De Pacientes Críticos: Ensaio Clínico Randomizado De Três Braços, Simples-Cego E De Centro Único

Pesquisador Responsável: Aline Herrmann Santos

Eu, _____permito que pesquisador relacionado acima obtenha fotografia, filmagem ou gravação de voz do paciente sob minha guarda para fins de pesquisa científica/ educacional.

Eu, _____permito que o pesquisador relacionado acima obtenha fotografia, filmagem ou gravação de voz de minha pessoa para fins de pesquisa científica/ educacional.

Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas ao participante do estudo possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, minha pessoa não deve ser identificada, tanto quanto possível, por nome ou qualquer outra forma.

As fotografias, vídeos, ou gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Assinatura do Participante da Pesquisa

APÊNDICE C- Planilha para coleta de dados diários

PLANILHA DE COLETA DE DADOS PACIENTES DA PESQUISA DO MESTRADO																							
PACIENTE:			LEITO			Nº INTERNAÇÃO:			RANDOMIZADO PARA O GRUPO DE PESQUISA:														
TCLE:		IMC:		PESO INICIAL:		MOTIVO INTERNAÇÃO:																	
COLETA US INICIAL (data):		ALTURA:		PESO FINAL:		DATA INTERNAÇÃO:			DATA DE ALTA UTI:			PROTOKOLO EENM: FES F- 70 HZ AMPLITUDE 400 us TEMPO: 60 min TON- 10s TOFF-30s RISE/ DECAY- 2s INTENSIDADE: evocar contração 4-5			PROTOKOLO CE + EENM: FES: mesmos parâmetros + CE 60 minutos Velocidade 10 (20 rpm) Eletrodos em: Reto abdominal Quadriceps								
COLETA US FINAL (data):		IDADE:		GENERO:		SAPS:			DESFECHO:														
DATA IOT:		DATA TQT:		MUNICIPIO DE ORIGEM:			AVALIAÇÃO FORÇA RESP.			DATA			AVALIAÇÃO FORÇA PERIFÉRICA					DATA					
DATA EOT:		DESMAME DIFÍCIL:		VNI INICIO:		VNI FINAL:		PIMÁX:						MRC SCORE TOTAL:									
FEZ USO DE BNM?			DOSE DE DVA:			PEMÁX:												DINAMOMETRIA:					
ESTADO CIVIL:			PROFISSÃO:			ALGUMA LIMITAÇÃO DE MOVIMENTO?																	
COLETA DOS SSVV ABAIXO NO PRÉ E PÓS APLICAÇÃO DE TERAPIA CONFORME GRUPO																							
DATAS	*	MODULO VENTIL	PIQ2 HF	VAC	FR	PEEP	CEST	DP	P. PLATO	P. PICO	P01	PS/PC	FC	PAM/ PAI	SPO2	RAU DE CONTRAÇÃO	INTENSIDADE EENM	OBS/ INTERCORRENCIAS					
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
	INICIAL																						
	FINAL																						
OBSERVAÇÕES GERAIS:																							

ANEXO A- Escala para avaliação da qualidade das contrações musculares durante a eletroestimulação

ESCALA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CONTRAÇÃO MUSCULAR	
1	Sem contração muscular visível ou palpável
2	Contração muscular palpável, mas não visível
3	Contração muscular visível e palpável
4	Contração muscular visível e palpável (parcial)
5	Contração muscular visível e palpável (completa)

Fonte: (SEGERS et al., 2014)

ANEXO B- Pontuação somatória do Conselho de Investigação Médica (MRC)

Movimentos avaliados bilateralmente	Grau de força muscular	
Abdução do ombro	0	Nenhuma contração visível
Flexão do cotovelo	1	Contração visível sem movimento do segmento
Extensão do punho	2	Movimento ativo com eliminação da gravidade
Flexão do quadril	3	Movimento ativo contra a gravidade
Extensão do joelho	4	Movimento ativo contra a gravidade e resistência
Dorsiflexão do tornozelo	5	Força normal
Pontuação total= 60 pontos		

Fonte: Adaptado de De Jonghe et al. (2005)

ANEXO C- Versão Brasileira da Escala Behavioural Pain Scale (BPS)

Item	Descrição	Escore
Expressão facial	Relaxada	1
	Parcialmente tensa (por exemplo, abaixa a sobrancelha)	2
	Totalmente tensa (por exemplo, fecha os olhos)	3
	Faz careta (presença de sulco perilabial, testa franzida e pálpebras ocluídas)	4
Membros superiores	Sem movimento	1
	Com flexão parcial	2
	Com flexão total e flexão de dedos	3
	Com retração permanente: totalmente contraído	4
Adaptação à ventilação mecânica	Tolera movimentos	1
	Tosse com movimentos	2
	Briga com ventilador	3
	Incapaz de controlar a ventilação mecânica	4
Total		

Fonte: (AZEVEDO-SANTOS et al., 2017)