

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PNEUMOLÓGICAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FERNANDO NATANIEL VIEIRA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DO RETO FEMORAL E
EXCURSÃO DIAFRAGMÁTICA COM O DESMAME DE PACIENTES
TRAQUEOSTOMIZADOS NA UTI**

Porto Alegre

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PNEUMOLÓGICAS

FERNANDO NATANIEL VIEIRA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DO RETO FEMORAL E
EXCURSÃO DIAFRAGMÁTICA COM O DESMAME DE PACIENTES
TRAQUEOSTOMIZADOS NA UTI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para o título de mestre.

Orientadora: Dr^a. Bruna Ziegler

Porto alegre

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa Laura Vieira, por ser a maior incentivadora ao meu ingresso neste programa de mestrado,

Aos profissionais da UTI do HNSC (Fabiana Chaise, Jaqueline Fink, Ana Claudia Coelho, Vinícius Daudt Morais e Wagner Nedel) e às residentes do programa Residência Integrada em Saúde do Grupo Hospitalar Conceição – Atenção ao Paciente Crítico (Gabriela Nascimento, Mariluce Anderle, Daniê Weber e Raquel Bertazzo), os quais, junto comigo, formaram um grupo de pesquisa em pacientes traqueostomizados na UTI do HNSC. Portanto, todos eles possuem participação no desenvolvimento desse trabalho;

À minha orientadora Bruna Ziegler que sempre esteve disponível e acessível, mesmo à distância, e fez importantes contribuições desde o projeto até a redação final.

LISTA DE ABREVIATURAS

AST-RF	Área de Secção Transversa do Músculo Reto Femoral
DM	Diabetes Mellitus
DP	Desvio Padrão
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
ExD	Excursão Diafragmática
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
HNSC	Hospital Nossa Senhora da Conceição
HIV	<i>Human Immunodeficiency Virus</i> (Vírus da imunodeficiência humana)
IC	Intervalo de Confiança
II	Intervalo Interquartilico
IMC	Índice de Massa Corporal
Kg/m ²	Quilogramas por Metros Quadrados
MRC	<i>Medical Research Council</i>
n	Número de Casos
OR	<i>Odds Ratio</i> (Razão de chances)
PEEP	<i>Positive End Expiratory Pressure</i> (Pressão positiva expiratória fina)
r	Correlação
SAPS-3	<i>Simplified Acute Physiology Score</i> (Escore fisiológico agudo simples)
SOFA	<i>Sequential Organ Failure Assessment</i> (Avaliação de falha multiorgânica sequencial)
TQT	Traqueostomia
US	Ultrassom
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VM	Ventilação Mecânica

RESUMO

Introdução: A massa muscular esquelética pode exercer um papel favorável à pacientes críticos permanecerem menos tempo sob ventilação mecânica (VM). A função diafragmática pode ser considerada um preditor de desmame da VM em paciente agudos. **Objetivo:** verificar a associação entre área de secção transversa do reto femoral (AST-RF) e excursão diafragmática (ExD) com o sucesso no desmame da VM de paciente críticos crônicos. **Métodos:** Estudo de coorte observacional, realizado na UTI do Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC), entre abril/2017 e fevereiro/2018. Foram incluídos pacientes traqueostomizados após 10 dias de VM com idades entre 40 e 80 anos. AST-RF e ExD foram obtidas por ultrassom (US) nas primeiras 48 horas do implante da traqueostomia (TQT). **Resultados:** Foram incluídos 81 pacientes. Quarenta e cinco pacientes (55%), foram desmamados da VM. A mortalidade foi de 42% (34 casos), e 61,7% (50 casos), na UTI e hospitalar respectivamente. O grupo falha em relação ao sucesso no desmame apresentou: menor AST-RF (1,4[0,8] vs. 1,84[0,76] cm², p=0,014), menor ExD (1,29±0,62 vs. 1,62±0,51 cm; p=0,019), menor PImax (42±16 vs. 56± 28 cmH₂O; p=0,004), maior SOFA (7,5[5] vs. 4[3] pontos, p<0,001), maior tempo de VM após a TQT (16,5[21] vs. 6[11,5] dias, p<0,001), maior tempo total de VM (35[23] vs. 25[12] dias, p 0,001) e maior mortalidade na UTI (33[91%] vs. 1,0[2,2%], p<0,001) e no hospital (35[97,2%] vs. 15[33%], p<0,001). Maiores chances de sucesso no desmame são observadas quando a AST-RF foi ≥1,80cm² (OR= 3,41; IC 95%, 1,35–8,61), ou a ExD foi ≥1,25cm (OR= 3,31; IC 95%, 1,20–9,15). **Conclusão:** O sucesso no desmame da VM de pacientes críticos crônicos esteve associado à maiores medidas de AST-RF e ExD no início da VM por TQT. Pontos de corte de 1,80cm² e 1,25cm para AST-RF e ExD, respectivamente, representaram 3 vezes maiores chances de sucesso no desmame.

Palavras chave: traqueostomia; ultrassonografia; desmame do respirador; atrofia muscular; diafragma.

ABSTRACT

Introduction: Skeletal muscle mass can exercise a favorable role in critically ill patients staying less time on mechanical ventilation (MV). The diaphragmatic function has been considered a weaning predictor of MV in acute patients. **Objective:** Verifying the association between rectus femoris cross-sectional area (RF-CSA) and diaphragmatic excursion (DEx) with successful weaning of the MV of critically ill patients. **Methods:** Observational cohort study, performed at the ICU of Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC), from April/2017 to February/2018. Tracheostomized patients were included after 10 days of MV between the ages of 40 and 80 years. RF-CSA and DEx were obtained by ultrasound (US) in the first 48 hours from the tracheostomy (TCT) placement. **Results:** Eighty-one patients were included. Forty-five patients (55%) were weaned from the MV. Mortality was 42% (34 cases), and 61.7% (50 cases), in the ICU and hospital, respectively. The fail group in relation to success at weaning presented: lower RF-CSA (1.4[0.8] vs. 1.84[0.76] cm², p=0.014), lower DEx(1.29±0.62 vs.1.62±0.51 cm, p=0.019), lower P_{Imax} (42±16 vs. 56± 28 cmH₂O, p=0.004), higher SOFA score (7,5[5] vs. 4[3], p<0.001), longer duration of MV after TCT (16.5[21] vs. 6[11.5] days, p<0.001), longer total duration of MV (35[23] vs. 25[12] days, p=0.001) and higher ICU mortality (33[91%] vs. 1.0[2.2%], p<0.001) and hospital mortality (35[97.2%] vs. 15[33%], p<0.001). Higher odds of success at weaning were observed when RF-CSA was ≥1.80cm² (OR = 3.41, 95% CI, 1.35-8.61), or DEx was ≥1.25cm (OR = 3.31, 95% CI, 1.20-9.15). **Conclusion:** Successful MV weaning in chronic critical patients was associated with higher measurements of RF-CSA and DEx at the beginning of MV by TCT. Cut-off points of 1.80cm² and 1.25cm for AST-RF and ExD, respectively, performed 3 times more chances of success at weaning.

Keywords: tracheostomy; ultrasonography; ventilator weaning; muscular atrophy; diaphragm.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Ventilação Mecânica	9
2.1 Desmame da Ventilação Mecânica	10
2.3 Alterações Musculoesqueléticas Adquiridas na UTI	11
2.4 Ultrassonografia para Avaliação Muscular de Pacientes Críticos	12
2.5 Paciente Crítico Crônico e Ventilação Mecânica Prolongada	13
3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	14
4 OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo principal	16
4.2 Objetivos específicos	16
REFERÊNCIAS	17
ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS	21
ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS	37
CONCLUSÕES	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

1 INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) é uma ferramenta de manutenção a vida utilizada para um grande número de pacientes que necessitam de internação e cuidados em unidades de terapia intensiva (UTI). Pode ser administrada de forma não-invasiva (máscara) ou invasiva (tubo endotraqueal ou traqueostomia [TQT]), para substituir a ventilação espontânea de forma integral ou parcial, proporcionando redução do trabalho muscular respiratório e melhorando as trocas gasosas¹.

Apesar da VM ser um recurso de suporte à vida, há um aumento da mortalidade relacionados com a duração da mesma. Parte das razões são explicadas pelas complicações decorrentes da VM prolongada, tais como, pneumonia associada à ventilação, disfunções musculares e trauma de vias aéreas^{2,3}. Seu uso faz parte da rotina do intensivismo e tem sido tema de muitos estudos; contudo, o processo de interrupção da VM continua sendo uma área de muitas incertezas. Grande parte do tempo total de VM está relacionado com os esforços despendidos na retirada do suporte ventilatório^{4,5}.

O desmame do ventilador submete os pacientes ao risco da falha, portanto pode evoluir com VM prolongada, necessidade de TQT e outras complicações. A TQT é um procedimento comumente realizado em pacientes críticos, dependentes de longo período de VM. Dentre suas vantagens, destaca-se a facilitação do desmame⁶. Em pacientes com desmame difícil, a TQT aumenta o conforto do paciente através da diminuição do trabalho respiratório, diminuição da *Positive End Expiratory Pressure* (PEEP) intrínseca, melhora a sincronia paciente-ventilador, além de facilitar a higiene oral e a comunicação verbal⁷.

Estima-se que entre 4 e 13% dos pacientes ventilados mecanicamente requerem suporte prolongado, o que está associado ao aumento dos custos com saúde, morbidade e mortalidade, uma vez que essa população de pacientes apresenta diferentes necessidades e utilizam uma série de recursos diferentes dos pacientes agudos⁶. A permanência prolongada na UTI, a disfunção orgânica múltipla e a exposição a corticosteroides são fatores que estão associados às disfunções musculares do doente crítico².

As fibras musculares periféricas e diafragmáticas sofrem alterações desde as primeiras horas da instituição da VM e estabelecem uma complexa relação referente a causa e efeito entre o trofismo e a função muscular com a permanência do suporte ventilatório. Estudos têm mostrado que antes de 72 horas do início da VM já pode-se observar atrofia diafragmática⁸⁻¹⁰, perda de função⁹ e alteração de contratibilidade^{11,12}. Músculos apendiculares, ainda que sofram danos

resultantes da VM, os quais são mais acentuados no início do processo¹³⁻¹⁴, parecem ser por mecanismos diferentes do diafragmático¹⁵.

Pacientes criticamente doentes apresentam maior perda de massa muscular dentro dos primeiros 10 dias de internação na UTI^{13,16}. Além disso, a menor massa muscular (área de secção transversa medida a nível da terceira vértebra lombar) está associada a maior mortalidade em pacientes ventilados mecanicamente^{17,18} e a menos dias livres da VM¹⁷ durante a internação na UTI.

Contudo, ainda não está bem compreendido o real papel da condição muscular periférica e diafragmática na dependência do suporte ventilatório para pacientes críticos submetidos a longos períodos de VM e que evoluem para o desmame por TQT. Portanto, o objetivo deste estudo é verificar a relação entre a área de secção transversa do reto femoral (AST-RF) e a excursão diafragmática (ExD) com o sucesso no desmame da VM de paciente traqueostomizados durante a internação na UTI.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ventilação Mecânica

A VM teve grandes modificações ao longo dos anos, passando por diferentes entendimentos sobre a mecânica pulmonar e o seu início foi com a descoberta do oxigênio em 1700. O propósito inicial era dar suporte aos músculos respiratórios, o “pulmão de aço” foi efetivamente o primeiro ventilador mecânico usado com sucesso na prática clínica, criado na década de 20, e amplamente utilizado na epidemia de poliomielite. Logo depois surgiram as primeiras análises arteriais de sangue onde a VM fazia também o papel importante de troca gasosa. Na década de 60, diversos dispositivos com ciclos de pressão surgiram para fornecer pressão positiva intermitente com o intuito de substituir o trabalho dos músculos respiratórios, ajudar na tosse, reduzir o colapso do pulmão basal e melhorar a administração de aerossóis terapêuticos. Além disso, foi desenvolvido o controle da inflação e deflação para que essas fases de cada respiração pudessem ser reguladas separadamente. Na década de 70 foi dado o próximo grande passo na história da VM, que foi o uso de ventilação com PEEP. Desde então os ventiladores vêm evoluindo e se tornando mais compactos e tecnológicos com diversos modos de ventilação¹⁹⁻²³.

De modo resumido, a VM é utilizada no manejo de suporte de vida na ocorrência de insuficiência respiratória aguda, hipoxemia, falência e/ou fadiga muscular, traumas, cirurgias, rebaixamento do nível de consciência, diminuir consumo de oxigênio entre outros.

Embora essencial, é comprovado que o paciente em uso de VM é submetido à possíveis complicações em decorrência deste suporte ventilatório. Essas complicações podem ser em decorrência da própria VM ou de danos causados pela toxicidade do oxigênio. Os danos causados pela VM atribuídos pelo aumento de pressão de ar nos alvéolos causando hiperdistensão resultando em barotrauma ou volutrauma²⁴. O conceito de biotrauma é mais recente, e está relacionado a injúria causada pelo acionamento de marcadores inflamatórios em decorrência do stress mecânico causado nos alvéolos. Esta inflamação quando iniciada atinge a circulação sanguínea sistêmica podendo atingir órgãos distantes tornando-se generalizada²⁵.

Além disso, há os danos causados por fatores associados à VM como a intubação orotraqueal e a TQT que são procedimentos invasivos e por isso suscetíveis à infecções. Também há a pneumonia associada à VM, que é considerada uma infecção comum em pacientes de UTI, que ocorre devido à microaspiração de saliva pela cavidade orofaríngea, à diminuição do reflexo

da tosse e ao comprometimento da remoção mucociliar²⁶. Portanto, essa terapia ao ser instituída pode trazer tanto benefícios quanto malefícios por este motivo deve-se sempre pensar no menor tempo de terapia possível. O desmame da VM ainda é um assunto polêmico e não há uma definição exata do momento certo para iniciá-lo.

2.2 Desmame da Ventilação Mecânica

O desmame é o processo de redução do suporte ventilatório, permitindo que os pacientes possam assumir uma maior proporção da sua ventilação. Ele pode envolver uma mudança imediata de suporte ventilatório total para um período de respiração sem auxílio do ventilador ou uma redução gradual na proporção de suporte ventilatório^{27,28}.

O desmame pode ser classificado como: simples, difícil ou prolongado. Simples: extubação bem-sucedida na primeira tentativa. Difícil: exigem até três testes de respiração espontânea ou até 7 dias a partir do primeiro teste de respiração espontânea para alcançar sucesso. Prolongado: pelo menos três tentativas de desmame ou exigir mais que 7 dias de desmame após o primeiro teste de respiração espontânea. Dentre os pacientes que evoluem para desmame prolongado, cerca de 5% a 10% requerem suporte ventilatório superior a 21 dias².

Pacientes dependentes de VM por período superior a 21 dias por pelo menos 6 horas por dia, são considerados em VM prolongada, conforme definido em conferência⁶. Estima-se que entre 4 e 13% dos pacientes ventilados mecanicamente requerem VM prolongada e está associada ao aumento dos custos com saúde, morbidade e mortalidade^{29,30}.

O processo da doença subjacente é claramente importante quando se discute mecanismos de dependência ventilador. As intervenções, portanto, devem ser adaptadas para as individualidades dos pacientes. Contudo, a principal conclusão que pode ser tirada da soma dos estudos que investigaram pacientes em VM prolongada é que uma abordagem baseada em evidências para o desmame ainda não é possível²⁹.

A literatura sobre casos agudos e crônicos sugere que uma abordagem sistemática para o desmame envolvendo a participação de vários profissionais de saúde, incluindo enfermeiros, médicos, fisioterapeutas e fonoaudiólogo para facilitar a liberação do ventilador mecânico²⁹.

2.3 Alterações Musculoesqueléticas Adquiridas na UTI

São achados comuns entre os pacientes na UTI a fraqueza muscular esquelética e o consequente comprometimento da funcionalidade. Em pacientes criticamente doentes, imobilização, sepse, falência de órgãos e inflamação sistêmica estão todos associados com perda muscular. Estima-se que a miopatia do doente crítico possa ser observada entre 25% e 100% dos pacientes internados em UTI, variando de acordo com o instrumento de avaliação utilizado e com o tempo de estadia. Além disso, miopatia do doente crítico é um preditor independente de morbidade e mortalidade e perda da autonomia funcional a longo prazo³¹. Bem como, uma baixa reserva de massa muscular esquelética é preditor independente para mortalidade em pacientes ventilados mecanicamente na UTI¹⁸, e está associado a menos dias livres da VM¹⁷. Mueller et al. afirmam que a sarcopenia quantificada por ultrassonografia a beira pode ser um preditor de risco de mortalidade para pacientes da terapia intensiva³².

O músculo esquelético possui importante papel na inflamação e regulação de citocinas, além disso, é o maior depósito para eliminação de glicose, portanto a perda de tecido muscular pode ser um agravante as morbidades agudas e crônicas de pacientes criticamente doentes¹⁶.

No paciente criticamente doente, as maiores perdas musculares ocorrem normalmente dentro dos primeiros 10 dias de internação na UTI¹⁶. Entre pacientes criticamente doentes, ocorreu perda de massa muscular precoce e rapidamente durante a primeira semana de doença grave e foi mais intensa entre aqueles com falência de múltiplos órgãos em comparação com única falha orgânica¹³.

Os efeitos deletérios sofridos pelo sistema musculoesquelético é generalizado durante a internação na UTI, acometendo tanto músculos periféricos quanto respiratórios com impacto nos desfechos^{17,33,34}. Dentre os músculos apendiculares o reto da coxa tem ganhando importância na avaliação muscular na UTI, devido a fácil abordagem por exames de imagem à beira-leito como a ultrassonografia³⁵. O diafragma é músculo respiratório mais importante, o qual possui evidências de danos precoces a partir do início da VM⁸, portanto, tem sido alvo de estudos que usam o ultrassom (US) para mensurar imagem estáticas³⁶ e dinâmicas de paciente críticos em VM^{33,37}.

A disfunção diafragmática pode ser duas vezes mais frequente do que a fraqueza muscular periférica adquirida na UTI e tende à desfechos negativos no desmame¹⁵. Medidas ultrassonográficas do diafragma, tais como excursão, espessura, e a variação de sua espessura ao contrair e relaxar, tem sido estudadas como marcadores de condição funcional do diafragma capazes de prever sucesso no desmame^{38,39}, contudo, ainda pouco explorada na difícil tarefa do desmame de pacientes críticos crônicos ou em VM prolongada.

Diante do impacto negativo atribuídos a perda muscular na UTI, fica o desafio de aprimorar terapêuticas capazes de manter ou recuperar tecido muscular em pacientes críticos. A aquisição de benefícios funcionais e menor dependência à ventilação foram alcançados em programa de mobilização progressiva⁴⁰. A nutrição e/ou exercícios físicos ou intervenções de reabilitação pode melhorar os desfechos em indivíduos agudos ou crônicos¹⁶.

2.4 Ultrassonografia para Avaliação Muscular de Pacientes Críticos

A perda de massa está associada a fraqueza adquirida na UTI, levando a prejuízos nas funções físicas, que pode perdurar por anos pós-alta da UTI. No entanto, até agora, métodos clinicamente relevantes para a avaliação da massa corporal magra à beira do leito são pouco disponíveis³¹. A diferenciação deste tecido tem grande importância na UTI, pois alterações musculares pode ser causa independente de alterações na regulação de funções metabólicas, além de repercutir negativamente nos desfechos⁴¹

O US é um método não-invasivo, de baixo custo e facilmente aplicável à beira-leito, disponível na maioria das UTIs. Considerado um método preciso e conveniente para medir a massa muscular e alterações no músculo esquelético à beira leito¹⁶. Vários fatores podem afetar a qualidade e a confiabilidade do US, tais como a resolução do equipamento, a identificação e padronização precisa dos sítios anatômicos e a experiência e habilidade do ultrassonografista^{42,43}. Tillquist *et al.*³¹ demonstraram uma excelente confiabilidade intra e inter-avaliadores em medidas obtidas pelo US em voluntários saudáveis, mesmo quando realizadas por avaliadores sem experiência prévia com US, incluindo nutricionistas, enfermeiros, médicos e assistentes de pesquisa. Mostrando-se como técnica promissora como um método para avaliar a massa corporal magra na UTI ou hospital.

Dentre os métodos de medida do tecido muscular por imagem a ultrassonografia tem se mostrado um método válido para a determinação de dimensões musculares, além disso, representa menor custo e não expõe o avaliado à radiação⁴². Permite abordagens capazes de avaliar o sistema musculoesquelético através de análises quantitativas e qualitativas, tanto no estudo de condições patológicas, quanto auxiliando na implementação e acompanhamento de intervenções terapêuticas⁴³. No contexto do paciente crítico, o US poder ser eficiente para detectar ou monitorar disfunção e atrofia diafragmática⁴⁴, para identificar e monitorar sarcopenia de músculos esqueléticos¹³ e identificar pacientes com risco de desnutrição¹⁶.

2.5 Paciente Crítico Crônico e Ventilação Mecânica Prolongada

Os avanços nos cuidados em terapia intensiva tem alcançado maiores taxas de sobrevivência, portanto, promovendo a longa permanência na UTI para um número crescente de indivíduos⁴⁵. Cinco à 20% dos pacientes críticos atingem essa condição⁴⁶, e destes apenas 30 à 53% conseguem se libertar da VM na UTI⁴⁷. Os paciente que sobrevivem a VM prolongada e/ou a doença crítica crônica tornam-se vulneráveis a muitas complicações, tais como reinternações e alta mortalidade no primeiro ano após a alta. Comumente apresentam severo comprometimento da funcionalidade física e cognitiva, que os tornam dependentes do suporte familiar e dos serviços de saúde, mesmo após a alta hospitalar^{6,47}. Essa população consome alto custo financeiro durante e após a internação hospitalar^{46,48}.

Os conceitos de paciente crítico crônico e VM prolongada possuem definições que se confundem ou estão sobrepostos, devido sua íntima relação com a longa permanência na UTI. De forma geral o paciente crítico crônico é aquele que depende dos recursos de suporte vida por longo período^{45,48,49}. Muitas das definições de paciente crítico crônico incluem o tempo de VM e o implante de TQT como critérios⁵⁰.

A literatura traz uma grande diversidade nas definições desses conceitos, havendo ampla variação entre os estudos⁵⁰, especialmente sobre o tempo de VM, que é a referência mais importante na definição da doença crítica crônica⁵¹. Os limites definidos como critérios para VM prolongada pode variar de 24 horas à 3 meses de VM^{6,50}. Além disso, a colocação da TQT também pode ser considerado um marco de transição entre a fase aguda e a crônica da doença crítica nos casos de desmame difícil ou prolongado⁴⁷. Diante da heterogeneidade e a necessidade de uma uniformidade nas definições de VM e paciente crítico crônico a *National Association for Medical Direction of Respiratory* publicou em 2005 o consenso que estabelece critérios VM prolongada. Definida com aquela administrada por mais de 21 dias consecutivos, com o mínimo de 6 horas diárias⁶.

3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O desmame da VM pode ser classificado como simples, difícil ou prolongado. O desmame simples é aquele que alcança o sucesso no primeiro teste de respiração espontânea. O desmame difícil requer 2 à 3 testes de respiração espontânea ou até 7 dias após a primeira tentativa de desmame. O desmame prolongado é aquele que supera 3 testes de respiração espontânea ou ultrapassa 7 dias do primeiro teste de respiração espontânea². Diante disso, a amostra do atual estudo foi composta, predominantemente, por pacientes crônicos traqueostomizados em processo de desmame difícil ou prolongado.

Um protocolo ideal para o desmame da VM de pacientes críticos crônicos ventilados por TQT ainda não é conhecido. Segundo Nevins e Epstein²⁹, a principal conclusão que pode ser tirada da soma dos estudos que investigaram pacientes em VM prolongada é que uma abordagem baseada em evidências para o desmame não é possível e sugerem que mais pesquisas precisam serem feitas.

Parâmetros de desmame são comumente estudados em pacientes ventilados mecanicamente em recuperação de insuficiência respiratória aguda, porém essa prática raramente tem sido aplicada à pacientes traqueostomizados⁵². Dentre os diversos fatores que podem causar impacto no desfecho do desmame da VM; as condições musculares de pacientes críticos sob VM tem mostrado grande importância. A literatura tem dado diversas abordagens para a relação entre músculos respiratórios e esqueléticos e o desmame, tais como: a força da tosse⁵³, a força diafragmática¹⁵, a espessura diafragmática³⁶, a mobilidade diafragmática³⁷, a força muscular respiratória global⁵⁴, a força de prensão palmar⁵⁵, a força de músculos periféricos¹⁵, a massa muscular periférica¹⁷ e o escore *Medical Research Council* (MRC)⁵⁶. Algumas dessas variáveis são consideradas forte preditores de fracasso no desmame de pacientes ventilados através de tubo endotraqueal.

Sabe-se que a função muscular possui papel importante no desmame. No entanto, o impacto nos desfechos que podem ser decorrentes das alterações musculoesqueléticas em pacientes com longa permanência em VM ainda não é bem estabelecido. Contudo, alguns trabalhos⁴⁰ observaram benefícios funcionais e menor dependência da ventilação em pacientes em VM prolongada submetidos a um programa de mobilização/reabilitação. Isso nos permite hipotetizar que as condições musculares periféricas também podem causar impacto significativo na capacidade de pacientes críticos crônicos traqueostomizados serem liberados da VM.

A literatura nos mostra que há sérios danos ao músculo diafragma como consequência da VM^{8,11,57}, e que o desmame tende ao sucesso quando há maior eficiência contrátil deste

músculo^{15,33,37}. Portanto, avaliar o papel do diafragma no desmame da VM de pacientes críticos crônicos traqueostomizados torna-se relevante, uma vez que há alta mortalidade hospitalar e alto custo no tratamento destes pacientes^{45,48}, e as evidências ainda são predominantemente voltadas a pacientes intubados, mesmo quando em desmame prolongado⁵⁸.

O US a beira leito tem sido usado como uma ferramenta útil na UTI para muitos propósitos. Dentre eles a avaliação muscular pode ser facilmente realizada por profissionais treinados⁴¹. Alguns estudos têm utilizado o US para avaliar trofismo^{13,35} e qualidade muscular periférica^{35,59} e função diafragmática^{32,44,60,61}, portanto esse instrumento parece ter sido adequado para o propósito deste estudo.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo principal

Verificar a associação entre AST-RF e a ExD com o sucesso no desmame da VM de paciente traqueostomizados durante a internação na UTI.

4.2 Objetivos específicos

Relacionar sucesso no desmame, AST-RF e ExD com as seguintes variáveis:

1. Tempo de permanência na UTI,
2. Tempo de VM total e após a TQT,
3. Escores de gravidade e falência orgânica tais como: *Simplified Acute Physiology Score* (SAPS-3) e *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA),
4. Pressão inspiratória máxima (P_Imax),
5. Mortalidade na UTI e hospital.

REFERÊNCIAS

- 1 Barbas CS, Ísola AM, Farias AM, Cavalcanti AB, Gama AM, Duarte AC, et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte 2. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. 2014;26(3):215-39.
- 2 Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart TE, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *Jama*. 2002; 287(3):345-55.
- 3 Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2000;161(5):1530-6.
- 4 Esteban A, Alia I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ, Group SL. Modes of mechanical ventilation and weaning: a national survey of Spanish hospitals. *Chest*. 1994;106(4):1188-93.
- 5 Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*. 2007; 29(5):1033-56.
- 6 MacIntyre NR, Epstein SK, Carson S, Scheinhorn D, Christopher K, Muldoon S. Management of patients requiring prolonged mechanical ventilation: report of a NAMDRC consensus conference. *Chest*. 2005;128(6):3937-54.
- 7 Wang F, Wu Y, Bo L, Lou J, Zhu J, Chen F, et al. The timing of tracheotomy in critically ill patients undergoing mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest*. 2011;140(6):1456-65.
- 8 Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *New England Journal of Medicine*. 2008;358(13):1327-35.
- 9 Jaber S, Petrof BJ, Jung B, Chanques G, Berthet JP, Rabuel C, Bouyabrine H, Courouble P, Koechlin-Ramonatxo C, Sebbane M, Similowski T. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2011;183(3):364-71.
- 10 Schepens T, Verbrughe W, Dams K, Corthouts B, Parizel PM, Jorens PG. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. *Critical care*. 2015;19(1):422.
- 11 Powers SK, Kavazis AN, Levine S. Prolonged mechanical ventilation alters diaphragmatic structure and function. *Critical care medicine*. 2009;37(10 Suppl):S347.
- 12 Hermans G, Agten A, Testelmans D, Decramer M, Gayan-Ramirez G. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study. *Critical Care*. 2010;14(4):R127.
- 13 Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *Jama*. 2013;310(15):1591-600.
- 14 Baldwin CE, Bersten AD. Alterations in respiratory and limb muscle strength and size in patients with sepsis who are mechanically ventilated. *Physical therapy*. 2014;94(1):68-82.
- 15 Dres M, Dubé BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, Brochard L, et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2017;195(1):57-66.

- 16 Mourtzakis M, Wischmeyer P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2014;17(5):389-95.
- 17 Moisey LL, Mourtzakis M, Cotton BA, Premji T, Heyland DK, Wade CE, et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. *Critical care*. 2013;17(5):R206.
- 18 Weijs PJ, Looijaard WG, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Straaten HMO, et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Critical care*. 2014;18(1):R12.
- 19 Dries DJ. Mechanical ventilation: history and harm. *Air medical journal*. 2016;35(1):12-5.
- 20 Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: State of the art. In *Mayo Clinic Proceedings* 2017;92(9): 1382-1400.
- 21 Drinker P, Shaw LA. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: I. A design for adults and children. *The Journal of clinical investigation*. 1929;7(2):229-47.
- 22 Engström CG. Treatment of severe cases of respiratory paralysis by the Engström universal respirator. *British medical journal*. 1954;2(4889):666.
- 23 Ashbaugh D, Bigelow DB, Petty T, Levine B. Acute respiratory distress in adults. *The Lancet*. 1967;290(7511):319-23.
- 24 Haitsma JJ, Uhlig S, Göggel R, Verbrugge SJ, Lachmann U, Lachmann B. Ventilator-induced lung injury leads to loss of alveolar and systemic compartmentalization of tumor necrosis factor- α . *Intensive care medicine*. 2000;26(10):1515-22.
- 25 Curley GF, Laffey JG, Zhang H, Slutsky AS. Biotrauma and ventilator-induced lung injury: clinical implications. *Chest*. 2016;150(5):1109-17.
- 26 Kalil AC, Metersky ML, Klompas M, Muscedere J, Sweeney DA, Palmer LB, et al. Management of adults with hospital-acquired and ventilator-associated pneumonia: 2016 clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the American Thoracic Society. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;63(5):e61-111.
- 27 Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, Solsona JF, Valverde V, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *New England Journal of Medicine*. 1995;332(6):345-50.
- 28 Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1994;150(4):896-903.
- 29 Nevins ML, Epstein SK. Weaning from prolonged mechanical ventilation. *Clinics in chest medicine*. 2001;22(1):13-33.
- 30 Lone NI, Walsh TS. Prolonged mechanical ventilation in critically ill patients: epidemiology, outcomes and modelling the potential cost consequences of establishing a regional weaning unit. *Critical Care*. 2011;15(2):R102.
- 31 Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, Kummerlen C, Leung R, Stollery D, et al. Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2014;38(7):886-90.
- 32 Mueller N, Murthy S, Tainter CR, Lee J, Riddell K, Fintelman FJ, et al. Can sarcopenia quantified by ultrasound of the rectus femoris muscle predict adverse outcome of surgical intensive care unit patients as well as frailty? a prospective, observational cohort study. *Annals of surgery*. 2016;264(6):1116-24.

- 33 Lu Z, Xu Q, Yuan Y, Zhang G, Guo F, Ge H. Diaphragmatic dysfunction is characterized by increased duration of mechanical ventilation in subjects with prolonged weaning. *Respiratory care*. 2016;61(10):1316-22.
- 34 De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Durand MC, Malissin I, Rodrigues P, Cerf C, et al. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Critical care medicine*. 2007;35(9).
- 35 Hernández-Socorro C, Saavedra P, López-Fernández J, Ruiz-Santana S. Assessment of Muscle Wasting in Long-Stay ICU Patients Using a New Ultrasound Protocol. *Nutrients*. 2018;10(12):1849.
- 36 Zambon M, Beccaria P, Matsuno J, Gemma M, Frati E, Colombo S, et al. Mechanical ventilation and diaphragmatic atrophy in critically ill patients: an ultrasound study. *Critical care medicine*. 2016;44(7):1347-52.
- 37 Qian Z, Yang M, Li L, Chen Y. Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. 2018;8(9):e021189.
- 38 Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, Yu CJ, Wu HD, Yang PC. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome. *Chest*. 2004;126(1):179-85.
- 39 Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Australian Critical Care*. 2017;30(1):37-43.
- 40 Martin UJ, Hincapie L, Nimchuk M, Gaughan J, Criner GJ. Impact of whole-body rehabilitation in patients receiving chronic mechanical ventilation. *Critical care medicine*. 2005;33(10):2259-65.
- 41 Paris M, Mourtzakis M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2016;19(2):125-30.
- 42 Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP, Montenegro CA. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia Reliability of muscle thickness measurements using ultrasound. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2010;16(1):41-5.
- 43 Harris-Love MO, Ismail C, Monfaredi R, Hernandez HJ, Pennington D, Woletz P, et al. Interrater reliability of quantitative ultrasound using force feedback among examiners with varied levels of experience. *PeerJ*. 2016;4:2146.
- 44 Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive care medicine*. 2017;43(1):29-38.
- 45 Loss SH, Oliveira RP, Maccari JG, Savi A, Boniatti MM, Hetzel MP, et al. The reality of patients requiring prolonged mechanical ventilation: a multicenter study. *Revista Brasileira de terapia intensiva*. 2015;27(1):26-35.
- 46 Loss SH, Marchese CB, Boniatti MM, Wawrzyniak IC, Oliveira RP, Nunes LN, et al. Prediction of chronic critical illness in a general intensive care unit. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2013;59(3):241-7.
- 47 Nelson JE, Cox CE, Hope AA, Carson SS. Chronic critical illness. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2010;182(4):446-54.
- 48 Loss SH, Nunes DS, Franzosi OS, Salazar GS, Teixeira C, Vieira SR. Chronic critical illness: are we saving patients or creating victims?. *Revista Brasileira de terapia intensiva*. 2017;29(1):87-95.

- 49 Girard K, Raffin TA. The chronically critically ill: to save or let die?. *Respiratory care*. 1985;30(5):339-47.
- 50 Rose L, McGinlay M, Amin R, Burns K, Connolly B, Hart N. Variation in definition of prolonged mechanical ventilation: a scoping review. *Respir Care*. 2016.
- 51 Carson SS, Bach PB. The epidemiology and costs of chronic critical illness. *Critical care clinics*. 2002;18(3):461-76.
- 52 Lim CK, Ruan SY, Lin FC, Wu CL, Chang HT, Jerng JS, Wu HD, Yu CJ. Effect of tracheostomy on weaning parameters in difficult-to-wean mechanically ventilated patients: a prospective observational study. *PloS one*. 2015;10(9):e0138294.
- 53 Xiao M, Duan J. Weaning attempts, cough strength and albumin are independent risk factors of reintubation in medical patients. *The clinical respiratory journal*. 2018;12(3):1240-6.
- 54 Chao CM, Lai CC, Cheng AC, Chiang SR, Liu WL, Ho CH, et al. Establishing failure predictors for the planned extubation of overweight and obese patients. *PloS one*. 2017;12(8):e0183360.
- 55 Cottureau G, Dres M, Avenel A, Fichet J, Jacobs FM, Prat D, et al. Handgrip strength predicts difficult weaning but not extubation failure in mechanically ventilated subjects. *Respiratory care*. 2015;60(8):1097-104.
- 56 Carrie C, Gisbert-Mora C, Bonnardel E, Gauche B, Biais M, Vargas F, et al. Ultrasonographic diaphragmatic excursion is inaccurate and not better than the MRC score for predicting weaning-failure in mechanically ventilated patients. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*. 2017;36(1):9-14.
- 57 Flevari A, Lignos M, Konstantonis D, Armaganidis A. Diaphragmatic ultrasonography as an adjunct predictor tool of weaning success in patients with difficult and prolonged weaning. *Minerva anesthesiologica*. 2016;82(11):1149-57.
- 58 Goligher EC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS, et al. Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2018;197(2):204-13.
- 59 Puthuchery ZA, Phadke R, Rawal J, McPhail MJ, Sidhu PS, Rowlerson A, et al. Qualitative ultrasound in acute critical illness muscle wasting. *Critical care medicine*. 2015;43(8):1603-11.
- 60 Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical care medicine*. 2011;39(12):2627-30.
- 61 Jung B, Moury PH, Mahul M, De Jong A, Galia F, Prades A, et al. Diaphragmatic dysfunction in patients with ICU-acquired weakness and its impact on extubation failure. *Intensive care medicine*. 2016;42(5):853-61.

ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS

Associação entre área de secção transversa do reto femoral e excursão diafragmática com o desmame de pacientes traqueostomizados na UTI

Fernando Nataniel Vieira¹, Raquel Bortoluzzi Bertazzo¹, Gabriela Carvalho Nascimento², Mariluce Anderle², Ana Cláudia Coelho³, Wagner Luis Nedel⁴, Fabiana de Oliveira Chaise⁵, Jaqueline Fink⁶, Bruna Ziegler⁷

¹Fisioterapeuta, Mestrando no Programa de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

² Fisioterapeuta, Residente do Programa Residência Integrada em Saúde do Grupo Hospitalar Conceição: Atenção ao Paciente Crítico.

³ Fisioterapeuta, Serviço de Fisioterapia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

⁴ Médico Intensivista, UTI do Hospital Nossa Senhora da Conceição

⁵ Fisioterapeuta Intensivista, UTI do Hospital Nossa senhora da Conceição

⁶ Nutricionista, Intensivista, UTI do Hospital Nossa senhora da Conceição

⁷ Fisioterapeuta, Serviço de Fisioterapia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas, UFRGS

Instituição: Programa de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas, Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Autor responsável para correspondência e contato: Fernando Nataniel Vieira

Rua Av. Francisco Trein, 596

Bairro Cristo Redentor

Porto Alegre, RS

CEP: 91350-200

Fone: (51) 3357-2000

E-mail: fnvieira@gmail.com

RESUMO

Introdução: A massa muscular esquelética pode exercer um papel favorável à pacientes críticos permanecerem menos tempo sob ventilação mecânica (VM). A função diafragmática pode ser considerada um preditor de desmame da VM em paciente agudos. **Objetivo:** verificar a associação entre área de secção transversa do reto femoral (AST-RF) e excursão diafragmática (ExD) com o sucesso no desmame da VM de paciente críticos crônicos. **Métodos:** Estudo de coorte observacional, realizado na UTI do Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC), entre abril/2017 e fevereiro/2018. Foram incluídos pacientes traqueostomizados após 10 dias de VM com idades entre 40 e 80 anos. AST-RF e ExD foram obtidas por ultrassom (US) nas primeiras 48 horas do implante da traqueostomia (TQT). **Resultados:** Foram incluídos 81 pacientes. Quarenta e cinco pacientes (55%), foram desmamados da VM. A mortalidade foi de 42% (34 casos), e 61,7% (50 casos), na UTI e hospitalar respectivamente. O grupo que falhou em relação ao sucesso no desmame apresentou: menor AST-RF (1,4[0,8] vs. 1,84[0,76] cm², p=0,014), menor ExD (1,29±0,62 vs. 1,62±0,51 cm; p=0,019), menor PImax (42±16 vs. 56± 28 cmH₂O; p=0,004), maior SOFA (7,5[5] vs. 4[3] pontos, p<0,001), maior tempo de VM após a TQT (16,5[21] vs. 6[11,5] dias, p<0,001), maior tempo total de VM (35[23] vs. 25[12] dias, p 0,001) e maior mortalidade na UTI (33[91%] vs. 1,0[2,2%], p<0,001) e no hospital (35[97,2%] vs. 15[33%], p<0,001). Maiores chances de sucesso no desmame são observadas quando a AST-RF foi ≥1,80cm² (OR= 3,41; IC 95%, 1,35–8,61), ou a ExD foi ≥1,25cm (OR= 3,31; IC 95%, 1,20–9,15). **Conclusão:** O sucesso no desmame da VM de pacientes críticos crônicos esteve associado à maiores medidas de AST-RF e ExD no início da VM por TQT. Pontos de corte de 1,80cm² e 1,25cm para AST-RF e ExD, respectivamente, representaram 3 vezes maiores chances de sucesso no desmame.

Palavras chave: traqueostomia; ultrassonografia; desmame do respirador; atrofia muscular; diafragma.

ABSTRACT

Introduction: Skeletal muscle mass can exercise a favorable role in critically ill patients staying less time on mechanical ventilation (MV). The diaphragmatic function has been considered a weaning predictor of MV in acute patients. **Objective:** Verifying the association between rectus femoris cross-sectional area (RF-CSA) and diaphragmatic excursion (DEx) with successful weaning of the MV of critically ill patients. **Methods:** Observational cohort study, performed at the ICU of Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC), from April/2017 to February/2018. Tracheostomized patients between the ages of 40 and 80 years were included after 10 days of MV. RF-CSA and DEx were obtained by ultrasound (US) in the first 48 hours from the tracheostomy (TCT) placement. **Results:** Eighty-one patients were included. Forty-five patients (55%) were weaned from the MV. Mortality rate were 42% (34 cases), and 61.7% (50 cases), in the ICU and hospital, respectively. The fail group in relation to success at weaning presented: lower RF-CSA (1.4[0.8] vs. 1.84[0.76] cm², p=0.014), lower DEx(1.29±0.62 vs.1.62±0.51 cm, p=0.019), lower P_{Imax} (42±16 vs. 56± 28 cmH₂O, p=0.004), higher SOFA score (7,5[5] vs. 4[3], p<0.001), longer duration of MV after TCT (16.5[21] vs. 6[11.5] days, p<0.001), longer total duration of MV (35[23] vs. 25[12] days, p=0.001) and higher ICU mortality (33[91%] vs. 1.0[2.2%], p<0.001) and hospital mortality (35[97.2%] vs. 15[33%], p<0.001). Higher odds of success at weaning were observed when RF-CSA was ≥1.80cm² (OR = 3.41, 95% CI, 1.35-8.61), or DEx was ≥1.25cm (OR = 3.31, 95% CI, 1.20-9.15). **Conclusion:** Successful MV weaning in chronic critical patients was associated with higher measurements of RF-CSA and DEx at the beginning of MV by TCT. Cut-off points of 1.80cm² and 1.25cm for AST-RF and ExD, respectively, performed 3 times more chances of success at weaning.

Keywords: tracheostomy; ultrasonography; ventilator weaning; muscular atrophy; diaphragm.

Introdução

A ventilação mecânica (VM) é um recurso de suporte à vida; no entanto, há aumento da mortalidade relacionada com a duração da mesma, motivadas frequentemente por suas complicações, tais como, pneumonia associada à ventilação, disfunções musculares e trauma de vias aéreas^{1,2}. A descontinuidade do suporte ventilatório faz parte da rotina do intensivismo e é alvo de diversos estudos, apesar disso permanece cercado de dúvidas^{3,4}. O desmame da VM é complexo e as falhas neste processo são de natureza multifatoriais⁴. Os pacientes críticos frequentemente podem evoluir para VM prolongada e necessidade de traqueostomia (TQT), aumentando o risco de desfechos desfavoráveis⁵.

A TQT é um procedimento comumente realizado em pacientes críticos, dependentes de longo período de VM. Dentre suas vantagens, destaca-se a facilitação do desmame⁵. Em pacientes com desmame difícil, a TQT aumenta o conforto do paciente através da diminuição do trabalho respiratório, e da *Positive End Expiratory Pressure* (PEEP) intrínseca, melhora a sincronia paciente-ventilador, além de facilitar a higiene oral e a comunicação verbal⁶.

Estima-se que entre 4 e 13% dos pacientes ventilados mecanicamente requerem suporte prolongado, o que está associado ao aumento dos custos com saúde, morbidade e mortalidade⁵. A permanência prolongada na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), a disfunção orgânica múltipla e a exposição a corticosteroides são fatores que estão associados às disfunções musculares do doente crítico^{1,7}. Fibras musculares periféricas e diafragmáticas sofrem alterações desde as primeiras horas da instituição da VM⁸, estabelecendo uma complexa relação de causa e efeito entre trofismo e função muscular com tempo de permanência do suporte ventilatório.

A massa muscular esquelética preservada é um dos fatores que pode reduzir o tempo de permanência na VM em pacientes críticos na UTI⁹. A função diafragmática também tem sido um marcador no processo de desmame da VM em paciente críticos agudos¹⁰. Diante disso, a avaliação muscular à beira leito na UTI torna-se importante, sendo o ultrassom (US) uma ferramenta útil, não invasiva, de baixo e fácil aplicabilidade¹¹.

Fatores relacionados ao sucesso no desmame em pacientes críticos agudos são amplamente estudados. No entanto, fatores relacionados a interrupção do suporte ventilatório em pacientes críticos crônicos, traqueostomizados e submetidos a longos períodos de VM não estão bem elucidados pela literatura. Portanto, o objetivo deste estudo é verificar a relação entre a área de secção transversa (AST-RF) do reto femoral e a excursão diafragmática (ExD) com o sucesso no desmame da VM de pacientes críticos crônicos traqueostomizados durante a internação na UTI.

Métodos

Foi realizado um estudo observacional do tipo coorte prospectivo com abordagem quantitativa na UTI adulto do Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC). A unidade é composta por 59 leitos de pacientes críticos clínicos e cirúrgicos, e está localizada em um hospital de referência no sul do Brasil

A pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do mesmo hospital sob protocolo número 2.387.572. O termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado por familiares ou representantes.

A amostra do estudo foi constituída por 81 pacientes internados na UTI adulto do HNSC. Os critérios de inclusão foram pacientes com idade entre 40 e 80 anos de idade que realizaram TQT após serem submetidos a VM por período igual ou superior a 10 dias, desta forma, caracterizando-os como pacientes críticos crônicos conforme proposto por Nelson et al.¹² Foram excluídos pacientes portadores de doenças neuromusculares e os casos de perda do prazo de coleta das medidas ultrassonográficas.

A AST-RF e a ExD foram obtidas através da ultrassonografia realizada nas primeiras 48 horas após a realização da TQT. Foi utilizado o aparelho Sonosite® (2013 SonoSite M-Turbo Model M-MSK), e a coleta foi realizada por intensivista treinado.

Inicialmente, o indivíduo era colocado na posição supina (cabeceira 30° de inclinação), relaxado, com membros inferiores estendidos e ligeiramente afastados. A imagem do reto femoral foi obtida no membro inferior direito, frontal e perpendicularmente, no ponto que representa um terço da distância entre a borda superior da patela e a espinha ilíaca ântero-superior^{13,14}. Foi utilizado o US bidimensional no modo B, transdutor 10-5MHz (linear). Após a captura da imagem do músculo no sítio anatômico, a sua área de secção transversa foi expressa em centímetros quadrados (cm²).

A ExD foi mensurada unilateralmente (hemicúpula direita), com os indivíduos na mesma posição descrita acima, em ventilação espontânea (volume corrente de repouso), ou se necessário a VM foi ajustada para o modo pressão de suporte com 8 cmH₂O acima da PEEP. Foi utilizado o transdutor 5-2MHz (convexo), posicionado na janela anatômica hepática entre a linha clavicular média e a linha axilar anterior, direcionado medial, cranial e dorsalmente de forma que o feixe de US cruzasse perpendicularmente através do terço posterior do diafragma. As imagens ExD foram adquiridas com o US no modo “M”. Foi registrado a medida da altura vertical a partir da base de início da inspiração até o ápice de inclinação no final da inspiração¹⁵⁻¹⁷.

A força muscular inspiratória foi realizada através da pressão inspiratória máxima (P_Imax), a qual foi mensurada pelo método proposto por Truwit et al.¹⁸ até 48 horas após a cirurgia de TQT. Foi utilizado o manovacuômetro digital (MVD 500, Globalmed®) o qual foi conectado a TQT seguido da oclusão do ramo inspiratório por 20-25 segundos. Foi registrado o maior valor dentre 3 medidas reprodutíveis^{18,19}.

Foram obtidos registros de prontuários para a coleta dos seguintes dados: idade, sexo, altura, peso corporal, tempo de internação hospitalar, tempo de permanência na UTI, tempo de VM e de desmame, escore de gravidade *simplified acute physiology score* (SPAS-3), escore de falências orgânicas, *sequential organ failure assessment* (SOFA), motivo da internação na UTI, comorbidades prévias, instituição de medidas de conforto/limitação terapêutica, desfechos como sucesso ou falha no desmame, alta ou óbito durante a permanência na UTI ou no hospital.

O início do processo de desmame teve como critério o primeiro teste de respiração espontânea realizado após a instituição da VM, portanto, retrospectivo à inclusão em alguns casos. O sucesso no desmame da VM foi definido como 48 horas livres de VM para quem foi submetido até 20 dias de VM, e 5 dias consecutivos livres da VM conforme proposto por Balas et al.²⁰ para quem permaneceu por período igual ou superior a 21 dias sob VM, o que caracteriza a VM prolongada⁵. A falha no desmame foi definida quando as condições acima não foram atingidas ou quando houve suspensão do desmame por motivo de instituição delimitação terapêutica ou medidas exclusivas de conforto ao paciente.

A UTI envolvida neste estudo não possuía um protocolo de desmame da VM, portanto, este era realizado de acordo com as decisões da equipe assistencial. Apesar disso, o desmame de pacientes traqueostomizados seguiu de acordo com a rotina local, a qual realiza testes de respiração espontânea com tempos progressivos conforme a tolerância, intercalando com períodos de repouso, até ser considerado livre do suporte ventilatório (nunca antes de 48 horas fora da VM). A UTI contou com atuação de uma equipe de 20 fisioterapeutas; no entanto, inexistiam neste serviço protocolos formais de mobilização ou exercícios para esses pacientes.

Análise estatística

Os dados foram apresentados em frequência e proporção, média e desvio padrão (DP) ou mediana e intervalo interquartil (II). A verificação da normalidade das variáveis foi obtida através da realização do teste de *Shapiro-Wilk*. Para comparações entre os grupos de acordo com o desfecho sucesso no desmame foi utilizado o teste *t* de *Student* para variáveis contínuas com distribuição normal e o teste *U* de *Mann-Witney* para as variáveis ordinais ou dados sem distribuição normal. A associação entre as variáveis foi através do coeficiente de correlação de

Pearson ou de *Spearman*. Pontos de corte para AST-RF e ExD em relação ao sucesso no desmame foram definidos através da curva ROC, e então a razão de chance através do *odds ratio* (OR). A análise foi realizada pelo pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) v.21. O nível de significância estatística foi estabelecido em $p < 0,05$.

Para o cálculo do tamanho amostral foi realizado de acordo com o estudo de Dres et al.²¹ considerando-se um nível de significância de 5%, poder de 80%. Para detectar uma diferença de 0,5cm na variável ExD, considerando-se um desvio padrão de 0,42, são necessários 27 indivíduos em cada grupo.

Resultados

No período de abril de 2017 a fevereiro de 2018 foram registrados 156 pacientes submetidos a TQT durante a internação na UTI do HNSC. Cinquenta e sete pacientes não preencheram os critérios de inclusão, e 18 pacientes foram excluídos por não completar toda a avaliação. Portanto, resultou na inclusão de 81 pacientes no estudo. No momento da inclusão, 26 indivíduos (32%) tinham critérios para VM prolongada (>21 dias de VM), porém, no acompanhamento até o desfecho final na UTI, 65 pacientes (80%) haviam sido submetidos a VM prolongada.

Quarenta e cinco pacientes (55%), alcançaram o sucesso no desmame da VM em algum momento da internação na UTI. No entanto, 36 pacientes (45%), permaneceram dependentes de algum suporte ventilatório ao longo de todo o período. Dentre as falhas no desmame, três pacientes receberam alta da UTI, e 1 paciente obteve alta hospitalar com suporte ventilatório. A mortalidade na UTI foi de 42% (34 casos), enquanto que a hospitalar foi de 61,7% (50 casos).

Características gerais, comorbidades e motivos da internação na UTI estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características gerais da amostra estudada.

Variável	n=81
Sexo masculino, n (%)	46 (56,8)
Idade (anos), mediana (II)	67 (14)
SAPS-3 (pontos), média \pm DP	76 \pm 12
SOFA no dia da TQT (pontos), mediana (II)	5 (4,5)
Mortalidade na UTI, n (%)	34 (42)
Mortalidade hospitalar, n (%)	50 (61,7)
IMC (Kg/m ²), mediana (II)	26,3 (9)
Tempo internação hospitalar (dias), mediana (II)	55 (37,5)
Tempo internação UTI (dias), mediana (II)	33 (17,5)

Tempo total VM (dias), mediana (II)	30 (16,5)
Tempo de desmame da VM (dias), mediana (II)	19 (16,5)
Comorbidades	
Pulmonares, n (%)	36 (44,5)
Cardíacas, n (%)	22 (27)
Neurológicas, n (%)	16 (20)
Renais, n (%)	11 (13,6)
Oncológicas, n (%)	8 (10)
DPOC, n (%)	27 (33)
HIV, n (%)	2 (2,5)
HAS e/ou DM, n (%)	60 (74)
Outras, n (%)	31 (38)
Motivo de internação na UTI	
Sepse, n (%)	56 (69)
Pulmonar, n (%)	50 (62)
Neurológico, n (%)	14 (17)
Cardiológico, n (%)	22 (27)
Abdominal, n (%)	8 (10)

n= número de casos, II= intervalo interquartílico, SAPS-3= *Simplified Acute Physiology Score*, DP= desvio padrão, SOFA= *Sequential Organ Failure Assessment*, TQT= traqueostomia, UTI= unidade de terapia intensiva, Kg/m²= quilogramas por metros quadrados, VM= ventilação mecânica, DPOC= doença pulmonar obstrutiva crônica, HIV= *Human Immunodeficiency Virus*, HAS= hipertensão arterial sistêmica, DM= diabetes mellitus.

Além da VM prolongada, a realização das TQT foram motivadas por: comprometimento neurológico (32 casos – 39,5% [destes 12 falharam – 37,5%]), fraqueza muscular (31 casos – 38% [destes 16 falharam – 52%]), comprometimento da função pulmonar (19 casos - 23,5% [destes 9 falharam – 47%]), comprometimento da função cardíaca (10 casos – 12% [destes 7 falharam – 70%]), infecção persistente ou ativa (12 casos – 15% [destes 10 falharam – 83%]) e alterações em vias aéreas superiores (7 casos – 9% [destes nenhum falhou]).

Em nossa amostra as medidas exclusivas de conforto ou limitação terapêutica ao paciente foram instituídas em 28 casos (34,6%). Isso resultou na interrupção do desmame da VM em 20 casos, 4 casos foram transferidos para unidade de internação e 3 casos, conseguiram posteriormente obter sucesso no desmame.

A Tabela 2 apresenta diferenças entre médias ou entre medianas das características ou situações clínicas dos pacientes nos grupos de acordo com o sucesso e o insucesso no desmame.

Tabela 2 – Características dos pacientes traqueostomizados de acordo com o sucesso no desmame.

Variáveis	Sucesso no desmame		P
	Sim (n=45)	Não (n=36)	
Idade (anos), mediana (II)	68 (14,5)	66 (14,5)	0,527
IMC (Kg/m ²), mediana (II)	25,5 (8)	27,6 (9,6)	0,330

AST-RF (cm ²), mediana (II)	1,84 (0,76)	1,4 (0,8)	0,014
ExD (cm), média ± DP	1,62 ± 0,51	1,29 ± 0,62	0,019
SAPS-3 (pontos), média ± DP	75,4 ± 13	76,8 ± 12	0,598
SOFA no dia da TQT (pontos), mediana (II)	4 (3)	7,5 (5)	<0,001
PI _{max} (cmH ₂ O), média ± DP	56 ± 28	42 ± 16	0,004
Tempo de VM pré-TQT (dias), mediana (II)	16 (8,5)	19 (8)	0,067
Tempo de VM pós-TQT (dias), mediana (II)	6 (11,5)	16,5 (21)	<0,001
Tempo total de VM (dias), mediana (II)	25 (12)	35 (23)	0,001
Tempo total de desmame (dias), mediana (II)	18 (17)	19 (16)	0,487
Tempo internação UTI (dias), mediana (II)	33 (15,5)	33,5 (17,5)	0,118
Tempo internação hospitalar (dias), mediana (II)	59 (30,5)	45 (48)	0,079
Mortalidade na UTI, n (%)	1 (2,2)	33 (91)	<0,001
Mortalidade hospitalar, n (%)	15 (33)	35 (97,2)	<0,001

n= número de casos, II= intervalo interquartilico, Kg/m²= quilogramas por metros quadrados, cm²= centímetros quadrados, AST-RF= área de secção transversa do reto femoral, ExD= excursão diafragmática, cm= centímetros, DP= desvio padrão, SOFA= *Sequential Organ Failure Assessment*, TQT= traqueostomia, SPAS-3= *Simplified Acute Physiology Score*, P_{Imax}= pressão inspiratória máxima, VM= ventilação mecânica, UTI= unidade de terapia intensiva.

A AST-RF foi significativamente maior nos pacientes que sobreviveram à internação na UTI em relação aos foram a óbito (1,84[0,81] cm² vs. 1,39[0,82] cm²; p = 0,025). Por outro lado, a ExD não apresentou diferença estatisticamente significativa para o mesmo desfecho (1,84 ± 0,55 cm vs. 1,36 ± 0,61 cm; p = 0,143). Homens e mulheres não diferiram significativamente nas medidas de AST-RF (1,76[0,89] cm²; vs. 1,66[0,80] cm²; p = 0,226), quanto nas medidas de ExD (1,51[0,50] cm; vs. 1,45[0,66] cm; p = 0,657). Maiores chances de sucesso no desmame estiveram associadas a AST-RF ≥ 1,80cm² (OR= 3,41; IC 95%, 1,35 – 8,61), e ExD ≥ 1,25cm (OR= 3,31; IC 95%, 1,20 – 9,15).

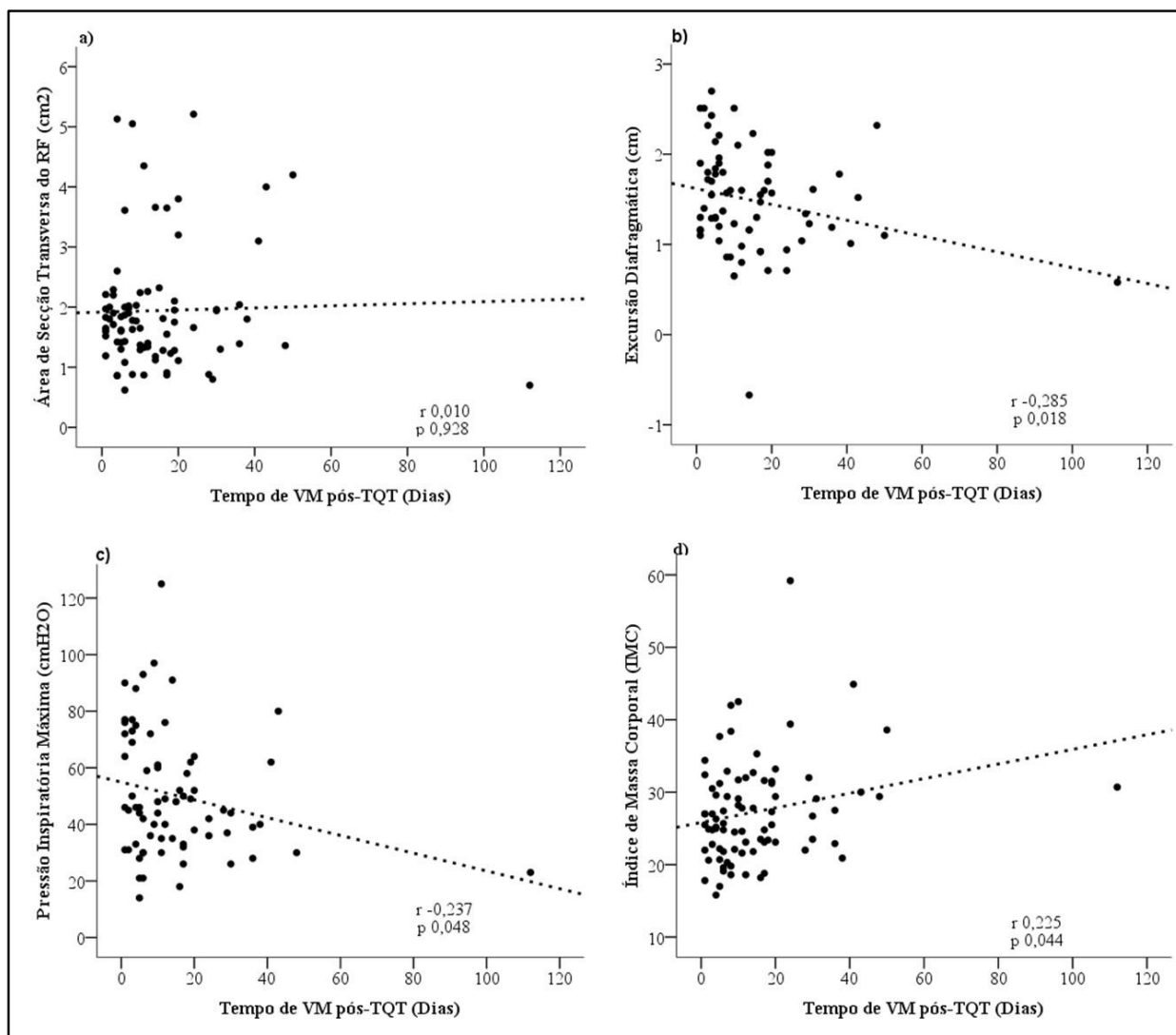


Figura 1 – Correlações entre tempo de VM pós TQT com: a) Área de secção transversa do Reto Femoral (AST-RF), b) Excursão Diafragmática (ExD), c) Pressão Inspiratória Máxima (PImax), e d) Índice de Massa Corporal (IMC).

Houve correlação estatisticamente significativa fraca entre tempo de VM após a realização da TQT com ExD, PImax e índice de massa corporal (IMC), e não houve correlação estatisticamente significativa com AST-RF (Figura 1). Observou-se correlação positiva estatisticamente significativa entre AST-RF com peso corporal ($r = 0,416$; $p = <0,001$), IMC ($r = 0,279$; $p = 0,012$) e altura ($r = 0,333$; $p = 0,002$); e correlação negativa estatisticamente significativa entre ExD e escore de SOFA ($r = -0,258$; $p = 0,033$) e tempo total de VM ($r = -0,297$; $p = 0,014$). As variáveis AST-RF e ExD não demonstraram correlações com as seguintes variáveis: idade, tempo de VM pré-realização da TQT, tempo de internação na UTI, tempo de internação hospitalar, SAPS-3 e PImax ($p > 0,05$). Não houve correlação entre AST-RF e ExD ($r = 0,037$; $p = 0,763$).

Discussão

Oitenta e um pacientes críticos crônicos traqueostomizados com o mínimo de 10 dias de VM compõem a amostra deste estudo. Vinte e seis pacientes (32%) tinham mais de 21 dias de VM no momento da inclusão no estudo e um total 65 (80%) permaneceram em VM prolongada até o momento final do acompanhamento. A realização da avaliação muscular ultrassonográfica foi realizada após a primeira semana de internação na UTI; período onde ocorre a perda mais acentuada de massa muscular^{7,22}. Neste estudo, o sucesso no desmame da VM em pacientes críticos traqueostomizados associou-se com maior AST-RF, ExD, PImax e menor escore de falências orgânicas. A falha no desmame da VM relacionou-se com maior tempo total de VM, maior tempo de VM após TQT, e mortalidade. Houve correlação fraca entre o tempo de VM após TQT com ExD, PImax e IMC. A AST-RF foi maior nos pacientes que sobreviveram a internação na UTI.

A avaliação ultrassonográfica da AST-RF é considerada um método simples, não invasivo e de fácil reprodutibilidade a beira leito; podendo ser considerado como um marcador de perda muscular periférica em pacientes críticos ao longo da internação na UTI^{7,22-24}. Seus resultados confirmam o rápido início e evolução da sarcopenia após a admissão na UTI, onde a falência orgânica múltipla acelera esse processo⁷. A perda muscular no paciente crítico está associada à força e função muscular^{22,23}, e a pobres desfechos na UTI, tais como, maior tempo de internação, óbito, maior necessidade de cuidados na alta e maiores custos²⁴. A avaliação da AST-RF neste trabalho, não quantifica a sarcopenia, porém em medida única, estima indiretamente a reserva muscular. Os resultados mostraram que pacientes crônicos que foram hábeis a se libertar da VM possuíam AST-RF superior aos que permaneceram dependentes de suporte ventilatório durante toda a internação na UTI. Além disso, medidas de AST-RF superiores a 1,80cm² mostraram um acréscimo de 3 vezes nas chances de sucesso no desmame.

Avaliações quantitativas que estimam a massa muscular total de pacientes pela área de secção transversa de músculos esqueléticos na imagem de tomografia computadorizada a nível da terceira vértebra lombar mostraram que a reserva muscular de pacientes ao internar na UTI parece influenciar nos desfechos de mortalidade na UTI^{9,25}, e dias livres de VM²⁵. No presente estudo, valores maiores de AST-RF foram associados com menor mortalidade na UTI; no entanto, não houve correlação com o tempo de VM.

Os músculos respiratórios também são fortemente afetados pela doença crítica, sendo um fator contribuinte para o prolongamento do tempo de VM e falhas no desmame^{21,26-28}. Neste trabalho, os pacientes críticos crônicos com sucesso no desmame apresentaram maior força muscular inspiratória e mobilidade diafragmática observadas pela ExD.

A ExD avaliada por US à beira leito tem se mostrado um bom preditor de sucesso no desmame da VM em pacientes ventilados por tubo endotraqueal^{10,29-34}, com variação de 1,0 cm a 1,5 cm de ExD na definição do ponto de corte entres os estudos 29-34). Neste estudo, pacientes traqueostomizados com mais de 10 dias de VM, apresentaram um acréscimo nas chances de desmame da VM 3 vezes maior quando a ExD for $\geq 1,25$ cm.

Os resultados do desfecho desmame da VM não foram associados a pontuação no escore SAPS-3. De acordo com Nelson et al.¹² os modelos preditores de mortalidade para pacientes críticos agudos não são válidos para a doença crítica crônica. Por outro lado, o escore de falências orgânicas (SOFA), o qual recebeu pontuação após a fase aguda da doença crítica, obteve maior pontuação no grupo que fracassou nas tentativas de desmame.

Altas taxas de mortalidade e falhas de desmame são desfechos amplamente estudados em pacientes críticos³⁵⁻⁴³. Neste trabalho, a taxa de falha no desmame da VM foi de 45%. O grupo de pacientes com insucesso no desmame apresentou a taxa de óbito na UTI de 91,6% e no hospital de 97,2%. Wu et al.³⁵ e Vora et al.³⁶ observaram 43 % de insucesso no desmame da VM prolongada; enquanto, Li et al.³⁷ observaram 70% de insucesso na VM prolongada em pacientes com TQT. A taxa de mortalidade total neste estudo foi de 42% na UTI e aumentou para 51,7% quando considerado todo o período de internação hospitalar. Loss et al.³⁸ relatam taxas de mortalidade em pacientes submetidos à VM prolongada na UTI e hospitalar de 51% e 65%, respectivamente.

Esses resultados da realidade do paciente crítico crônico nos remetem a importância dos conceitos bioéticos na abordagem dessa população, devido ao frequente confronto com os limites entre sucesso e fracasso, entre vida e morte e entre qualidade de vida e sofrimento. A literatura afirma que abordagem ética e os cuidados paliativos aos invés do prolongamento do sofrimento, devem ser considerados como parte essencial na compreensão da assistência de pacientes críticos crônicos¹². Neste estudo, a adoção de limitação terapêutica ou conforto exclusivo aos pacientes ocorreram em 28 casos (34,6%) da amostra, o que reforça a importância do adequado preparo de intensivistas para enfrentar tais situações.

A principal ferramenta de coleta de dados deste estudo foi a ultrassonografia para avaliação musculoesquelética. Esta vem ganhando espaço na UTI, uma vez que graves danos musculares decorrentes da doença crítica tem sido comprovado com causador impacto negativo nos desfechos^{7,11}. É uma ferramenta não invasiva que não expõem o paciente à radiação e ainda considerada de fácil aplicabilidade e reprodutibilidade à beira leito^{11,13,44,45}. Cada vez mais, tem mostrado boa capacidade de fornecer dados quantitativos e qualitativos das condições musculares^{7,10,14,44,46}. Tanto na pesquisa quanto na prática clínica, tem contribuído para o

entendimento dos mecanismos prejudiciais as fibras musculares, e conseqüentemente na elaboração e implementação de estratégias de prevenção e recuperação de danos musculares⁴⁷.

Este estudo possui algumas limitações; foi realizado em centro único, portanto, não torna possível generalizar os nossos resultados; além disso, a ausência de protocolos de desmame e mobilização podem ter submetido os pacientes à diferentes manejos, uma vez que as condutas ficam sujeitas ao julgamento clínico. A avaliação transversal realizada no início do estudo, não permite fazer inferências ao longo do tempo. Sabe-se que a AST-RF pode sofrer influência do peso corporal, altura, IMC, sexo e idade⁴⁸, contudo, não são conhecidas equações de predição de normalidade para esta variável. Na literatura, há tentativas de normalização desses dados com pacientes críticos, por exemplo, a multiplicação da AST-RF de mulheres pelo coeficiente 1.484 para obter a correção em relação ao sexo masculino²⁴, e a comparação com indivíduos saudáveis²⁷.

Conclusão

A AST-RF e a ExD de pacientes críticos crônicos em VM e submetidos à TQT foram maiores no grupo que obteve sucesso no desmame dentro da UTI. A mortalidade hospitalar atingiu quase a totalidade do grupo que fracassou no desmame, o que representa a importância da condução do desmame nessa população. Apesar disso, permanece carente de evidências robustas que suportem um conjunto de ações seguras para alcançar melhores resultados.

Referências

- 1 Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart TE, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *Jama*. 2002; 287(3):345-55.
- 2 Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2000;161(5):1530-6.
- 3 Esteban A, Alia I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ, Group SL. Modes of mechanical ventilation and weaning: a national survey of Spanish hospitals. *Chest*. 1994;106(4):1188-93.
- 4 Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*. 2007; 29(5):1033-56.
- 5 MacIntyre NR, Epstein SK, Carson S, Scheinhorn D, Christopher K, Muldoon S. Management of patients requiring prolonged mechanical ventilation: report of a NAMDRRC consensus conference. *Chest*. 2005;128(6):3937-54.

- 6 Wang F, Wu Y, Bo L, Lou J, Zhu J, Chen F, et al. The timing of tracheotomy in critically ill patients undergoing mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest*. 2011;140(6):1456-65.
- 7 Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *Jama*. 2013;310(15):1591-600.
- 8 Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *New England Journal of Medicine*. 2008;358(13):1327-35.
- 9 Moisey LL, Mourtzakis M, Cotton BA, Premji T, Heyland DK, Wade CE, et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. *Critical care*. 2013;17(5):R206.
- 10 Qian Z, Yang M, Li L, Chen Y. Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. 2018;8(9):e021189.
- 11 Paris M, Mourtzakis M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2016;19(2):125-30.
- 12 Nelson JE, Cox CE, Hope AA, Carson SS. Chronic critical illness. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2010;182(4):446-54.
- 13 Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, Kummerlen C, Leung R, Stollery D, et al. Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2014;38(7):886-90.
- 14 Hernández-Socorro C, Saavedra P, López-Fernández J, Ruiz-Santana S. Assessment of Muscle Wasting in Long-Stay ICU Patients Using a New Ultrasound Protocol. *Nutrients*. 2018;10(12):1849.
- 15 Santos LJ, Lemos FA, Bianchi T, Sachetti A, Dall'Acqua AM, Naue WS et al. Early mobilization with a cycle ergometer for critical patients on invasive mechanical ventilation in the Intensive Care Unit (MoVe-ICU study): study protocol for a randomized controlled trial.
- 16 Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive care medicine*. 2013;39(5):801-10.
- 17 Lloyd T, Tang YM, Benson MD, King S. Diaphragmatic paralysis: the use of M mode ultrasound for diagnosis in adults. *Spinal Cord*. 2006;44(8):505.
- 18 Truweit JD, Marini JJ. Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. *Chest*. 1992;102(4):1216-9.
- 19 Caruso P, Friedrich C, Denari SD, Ruiz SA, Deheinzelin D. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest*. 1999;115(4):1096-101.
- 20 Balas MC, Devlin JW, Verceles AC, Morris P, Ely EW. Adapting the ABCDEF bundle to meet the needs of patients requiring prolonged mechanical ventilation in the long-term acute care hospital setting: historical perspectives and practical implications. In *Seminars in respiratory and critical care medicine* 2016; 37(01):119-135). Thieme Medical Publishers.
- 21 Dres M, Dubé BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, Brochard L, et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2017;195(1):57-66.

- 22 Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, Sarwal A, Berney S, Koopman R, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *Journal of critical care*. 2015;30(5):1151-e9.
- 23 Palakshappa JA, Reilly JP, Schweickert WD, Anderson BJ, Khoury V, Shashaty MG, et al. Quantitative peripheral muscle ultrasound in sepsis: Muscle area superior to thickness. *Journal of critical care*. 2018;47:324-30.
- 24 Mueller N, Murthy S, Tainter CR, Lee J, Riddell K, Fintelmann FJ, et al. Can sarcopenia quantified by ultrasound of the rectus femoris muscle predict adverse outcome of surgical intensive care unit patients as well as frailty? a prospective, observational cohort study. *Annals of surgery*. 2016;264(6):1116-24.
- 25 Weijs PJ, Looijaard WG, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Straaten HMO, et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Critical care*. 2014;18(1):R12.
- 26 De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Durand MC, Malissin I, Rodrigues P, Cerf C, et al. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Critical care medicine*. 2007;35(9).
- 27 Baldwin CE, Bersten AD. Alterations in respiratory and limb muscle strength and size in patients with sepsis who are mechanically ventilated. *Physical therapy*. 2014;94(1):68-82.
- 28 Lu Z, Xu Q, Yuan Y, Zhang G, Guo F, Ge H. Diaphragmatic dysfunction is characterized by increased duration of mechanical ventilation in subjects with prolonged weaning. *Respiratory care*. 2016;61(10):1316-22.
- 29 Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, Yu CJ, Wu HD, Yang PC. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome. *Chest*. 2004;126(1):179-85.
- 30 Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical care medicine*. 2011;39(12):2627-30.
- 31 Hu S, Zhou S, Wu D, et al. The predicting value of diaphragm ultrasound for weaning. *Acta Universitatis Medicinalis Anhui* 2016;51:673-7.
- 32 Ali ER, Mohamad AM. Diaphragm ultrasound as a new functional and morphological index of outcome, prognosis and discontinuation from mechanical ventilation in critically ill patients and evaluating the possible protective indices against VIDD. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*. 2017;66(2):339-51.
- 33 Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Australian Critical Care*. 2017;30(1):37-43.
- 34 Spadaro S, Grasso S, Mauri T, et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Crit Care* 2016;20:305–16.
- 35 Wu YK, Kao KC, Hsu KH, Hsieh MJ, Tsai YH. Predictors of successful weaning from prolonged mechanical ventilation in Taiwan. *Respiratory medicine*. 2009;103(8):1189-95.
- 36 Vora CS, Karnik ND, Gupta V, Nadkar MY, Shetye JV. Clinical profile of patients requiring prolonged mechanical ventilation and their outcome in a tertiary care medical ICU. *J Assoc Physicians India*. 2015;63(10):14-9.
- 37 Li J, Zhan QY, Wang C. Survey of prolonged mechanical ventilation in intensive care units in mainland China. *Respiratory care*. 2016:Respcare-04295.

- 38 Loss SH, Oliveira RP, Maccari JG, Savi A, Boniatti MM, Hetzel MP, et al. The reality of patients requiring prolonged mechanical ventilation: a multicenter study. *Revista Brasileira de terapia intensiva*. 2015;27(1):26-35.
- 39 Lai CC, Shieh JM, Chiang SR, Chiang KH, Weng SF, Ho CH, et al. The outcomes and prognostic factors of patients requiring prolonged mechanical ventilation. *Scientific reports*. 2016;6:28034.
- 40 Loss SH, Nunes DS, Franzosi OS, Salazar GS, Teixeira C, Vieira SR. Chronic critical illness: are we saving patients or creating victims?. *Revista Brasileira de terapia intensiva*. 2017;29(1):87-95.
- 41 Udeh CI, Hadder B, Udeh BL. Validation and extension of the prolonged mechanical ventilation prognostic model (ProVent) score for predicting 1-year mortality after prolonged mechanical ventilation. *Annals of the American Thoracic Society*. 2015;12(12):1845-51.
- 42 Bugeo G, Egal M, Bakker J. Prolonged mechanical ventilation and chronic critical illness. *Journal of thoracic disease*. 2016;8(5):751.
- 43 Damuth E, Mitchell JA, Bartock JL, Roberts BW, Trzeciak S. Long-term survival of critically ill patients treated with prolonged mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2015;3(7):544-53.
- 44 Harris-Love MO, Ismail C, Monfaredi R, Hernandez HJ, Pennington D, Woletz P, McIntosh V, Adams B, Blackman MR. Interrater reliability of quantitative ultrasound using force feedback among examiners with varied levels of experience. *PeerJ*. 2016;4:2146.
- 45 Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP, Montenegro CA. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia Reliability of muscle thickness measurements using ultrasound. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2010;16(1):41-5.
- 46 Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive care medicine*. 2017;43(1):29-38..
- 47 Dall'Acqua AM, Sachetti A, Santos LJ, Lemos FA, Bianchi T, Naue WS, et al. Use of neuromuscular electrical stimulation to preserve the thickness of abdominal and chest muscles of critically ill patients: a randomized clinical trial. *Journal of rehabilitation medicine*. 2017;49(1):40-8.
- 48 Janssen I, Heymsfield SB, Wang Z, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of applied physiology*. 2000;89(1):81-8.

ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS**Association between rectus femoris cross-sectional area and diaphragmatic excursion with weaning of tracheostomized patients in the ICU**

Fernando Nataniel Vieira¹, Raquel Bortoluzzi Bertazzo¹, Gabriela Carvalho Nascimento², Mariluce Anderle²; Ana Cláudia Coelho³, Wagner Luis Nedel⁴, Fabiana de Oliveira Chaise⁵, Jaqueline Fink⁶, Bruna Ziegler⁷

¹Physiotherapist, master student, Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS)

² Physiotherapist, Residence Program: Residência Integrada em Saúde do Grupo Hospitalar Conceição: Critical Patient Care.

³ Physiotherapist, Physiotherapy Service of Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA)

⁴ Physician Intensivist, ICU of Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC)

⁵ Physiotherapist Intensivist, ICU of HNSC

⁶ Nutricionist, Intensivist, ICU of HNSC

⁷ Physiotherapist, Physiotherapy Service of the HCPA, Postgraduate by Programa de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas, UFRGS

Instituição: Programa de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas, Faculdade de Medicina, UFRGS.

Author's mail address, phone and e-mail: Fernando Nataniel Vieira

Rua Av. Francisco Trein, 596

Bairro Cristo Redentor

Porto Alegre, RS - Brazil

Zip Code: 91350-200

Phone number: +55 (51) 3357-2000

E-mail: fnvieira@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Skeletal muscle mass can exercise a favorable role in critically ill patients staying less time on mechanical ventilation (MV). The diaphragmatic function has been considered a weaning predictor of MV in acute patients. **Objective:** Verifying the association between rectus femoris cross-sectional area (RF-CSA) and diaphragmatic excursion (DEx) with successful weaning of the MV of critically ill patients. **Methods:** Observational cohort study, performed at the ICU of Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC), from April/2017 to February/2018. Tracheostomized patients between the ages of 40 and 80 years were included after 10 days of MV. RF-CSA and DEx were obtained by ultrasound (US) in the first 48 hours from the tracheostomy (TCT) placement. **Results:** Eighty-one patients were included. Forty-five patients (55%) were weaned from the MV. Mortality rate were 42% (34 cases), and 61.7% (50 cases), in the ICU and hospital, respectively. The fail group in relation to success at weaning presented: lower RF-CSA (1.4[0.8] vs. 1.84[0.76] cm², p=0.014), lower DEx(1.29±0.62 vs.1.62±0.51 cm, p=0.019), lower P_{Imax} (42±16 vs. 56± 28 cmH₂O, p=0.004), higher SOFA score (7,5[5] vs. 4[3], p<0.001), longer duration of MV after TCT (16.5[21] vs. 6[11.5] days, p<0.001), longer total duration of MV (35[23] vs. 25[12] days, p=0.001) and higher ICU mortality (33[91%] vs. 1.0[2.2%], p<0.001) and hospital mortality (35[97.2%] vs. 15[33%], p<0.001). Higher odds of success at weaning were observed when RF-CSA was ≥1.80cm² (OR = 3.41, 95% CI, 1.35-8.61), or DEx was ≥1.25cm (OR = 3.31, 95% CI, 1.20-9.15). **Conclusion:** Successful MV weaning in chronic critical patients was associated with higher measurements of RF-CSA and DEx at the beginning of MV by TCT. Cut-off points of 1.80cm² and 1.25cm for AST-RF and ExD, respectively, performed 3 times more chances of success at weaning.

Keywords: tracheostomy; ultrasonography; ventilator weaning; muscular atrophy; diaphragm.

Introduction

Mechanical ventilation (MV) is a life support resource; however, there is an increase in mortality related to its duration, often due to its complications such as ventilator-associated pneumonia, muscular dysfunction and airway trauma^{1,2}.

The discontinuation of ventilatory support is part of the intensive care routine and is the target of several studies; nevertheless, it remains surrounded by doubts^{3,4}. MV weaning is complex and the failures in this process are multifactorial⁴. Critical patients often may develop into prolonged MV and need for tracheostomy (TCT), increasing the risk of unfavorable outcomes⁵.

The TCT is a procedure commonly performed in critically ill and long-term MV patients. Among its advantages, weaning facilitation is highlighted⁵. In patients with difficult weaning, the TCT increases patient comfort through decreased respiratory work, and intrinsic Positive End Expiratory Pressure (PEEP), improving patient-ventilator synchrony and facilitating oral hygiene and verbal communication⁶.

It is estimated that between 4 and 13% of mechanically ventilated patients require prolonged support, which is associated with increased costs with health, morbidity and mortality⁵. Long-term stay in the Intensive Care Unit (ICU), multiple organ dysfunction and exposure to corticosteroids are factors associated with muscle dysfunctions in critically ill patients^{1,7}. Peripheral and diaphragmatic muscle fibers undergo alterations from the first hours of the MV⁸, establishing a complex cause and effect relationship between trophism and muscle function with the period of the ventilatory support.

Preserved skeletal muscle mass is one of the factors that can reduce MV permanence in critically ill patients in the ICU⁹. The diaphragmatic function has also been a MV weaning marker in those patients¹⁰. Therefore, the assessment of the bedside muscle in the ICU becomes important, and ultrasound (US) is a useful, non-invasive, low and easy applicability tool¹¹.

Factors related to successful weaning in critically ill patients are widely studied. However, factors related to the discontinuation of ventilatory support in critically ill tracheostomized patients submitted to long periods of MV are not well elucidated in the literature. Therefore, the aim of this study is to verify the relationship between the rectus femoris cross-sectional area (RF-CSA) and the diaphragmatic excursion (DEx) with the successful weaning of MV of chronic critically tracheostomized patients during ICU admission.

Methods

A prospective cohort study was conducted with a quantitative approach in the adult ICU of the Hospital Nossa Senhora da Conceição (HNSC). The unit is composed of 59 beds of critical clinical, and surgical patients and is located in a reference hospital in southern Brazil

The research was previously approved by the Research Ethics Committee of the same hospital under protocol number 2.387.572. The term of free and informed consent was signed by relatives or representatives.

The study sample consisted of 81 patients admitted to the adult ICU of the HNSC. Inclusion criteria were patients 40 to 80 years old, who underwent TCT after being submitted to MV for at least 10 days or more, thus characterizing them as critical chronic patients as proposed by Nelson et al.¹² Patients with neuromuscular diseases and cases of missing period of ultrasound measurements were excluded.

RF-CSA and DEx were obtained by ultrasonography performed within the first 48 hours after TCT. The Sonosite® instrument (2013 SonoSite M-Turbo Model M-MSK) was used, and a trained intensivist performed the collection.

Initially, the patient was placed in the supine position (30° elevation), relaxed, with lower limbs extended and slightly apart. The image of the rectus femoris was obtained in the right lower limb, frontally and perpendicularly, at the point representing one-third of the distance between the upper border of the patella and the anterior superior iliac spine^{13,14}. Two-dimensional US mode B, 10-5MHz (linear) transducer was used. After capturing the muscle image at the anatomical site, its cross-sectional area was expressed in square centimeters (cm²).

The DEx was measured unilaterally (right hemi-cupula), with subjects in the same position described above, on spontaneous ventilation (tidal volume resting), or if necessary the MV was adjusted to the pressure support ventilation mode with 8cmH₂O above PEEP. The 5-2MHz (convex) transducer, positioned in the hepatic anatomical window between the middle clavicular line and the anterior axillary line, was directed medially, cranially and dorsally so that the US beam crossed perpendicularly through the posterior third of the diaphragm. The DEx images were acquired with the US in "M" mode. The vertical height measurement was recorded from the inspiratory onset base to the tipping apex at the end of the inspiration¹⁵⁻¹⁷.

The inspiratory muscle strength was performed through the maximum inspiratory pressure (IP_{max}), which was measured by the method proposed by Truwit et al.¹⁸ up to 48 hours after the TCT surgery. The digital manovacuometer (MVD 500, Globalmed®), which was connected to

TCT followed by occlusion of the inspiratory branch for 20-25 seconds was used. The highest value was recorded among three reproducible measures^{18,19}.

Medical records were obtained in order to collect the following data: age, sex, height, body weight, hospital length stay, ICU length stay, duration of MV and MV weaning spent time, severity of physiology acute score (SPAS-3), organ failure score, sequential organ failure assessment (SOFA), reason for ICU admission, previous comorbidities, institution of palliative care, outcomes such as success or failure at weaning, discharge or death during ICU stay or at the hospital.

The beginning of the weaning process had as criterion the first spontaneous breathing test performed after the MV institution; therefore retrospective to inclusion in some cases. The success at weaning of MV was defined within 48 free hours of MV for those who underwent up to 20 days and 5 consecutive days free of MV as proposed by Balas et al.²⁰ for those who stayed for a period of 21 days or more, which characterizes prolonged MV⁵. Weaning failure was defined when the above conditions were not reached or when weaning was suspended due to the institution of palliative care to the patient.

The ICU involved in this study did not have a MV weaning protocol, so it was performed according to the decisions of the care team. Despite this, weaning from tracheostomized patients followed the local routine, which performs spontaneous breathing tests with progressive periods according to tolerance, intercalating with rest periods, until it is considered free of ventilatory support (never before 48 hours out of MV). The ICU was attended by a team of 20 physiotherapists; however, a formal protocol of mobilization or exercise for these patients did not exist in this service.

Statistical analysis

The data were presented in frequency and proportion, mean and standard deviation (SD) or median and interquartile range (IQR). The normality of the variables was obtained through the Shapiro-Wilk test. For comparisons between the groups according to the successful weaning, the Student test-t for continuous variables with normal distribution and the Mann-Witney *U* test was used for ordinal variables or data without normal distribution. The association between the variables was through the Pearson or Spearman correlation coefficient. Cut-off points for RF-CSA and DEx in relation to success at weaning were defined through the ROC curve, then the odds ratio (OR). The analysis was performed by the statistical package Statistical Package for Social Sciences (SPSS) v.21. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

The sample size was calculated according to the study by Dres et al.²¹ considering a significance level of 5%, 80% power. In order to detect a difference of 0.5cm in the ExD variable, considering a standard deviation of 0.42, 27 individuals in each group are required.

Results

From April 2017 to February 2018, 156 patients were submitted to TCT during hospitalizations at the HNSC ICU. Fifty-seven patients did not complete the inclusion criteria, and 18 patients were excluded because they did not complete the entire assessment. After that, 81 patients was included in the study. At inclusion, 26 patients (32%) had criteria for prolonged MV (> 21 days of MV), but from follow-up to the final ICU outcome, 65 patients (80%) had undergone prolonged MV.

Forty-five patients (55%) achieved success at MV weaning at some time during ICU admission. However, 36 patients (45%) remained dependent on some ventilatory support throughout the period. Among weaning failures, three patients were discharged from the ICU, and one patient was discharged with ventilatory support. The mortality in the ICU was 42% (34 cases), whereas the hospital mortality was 61.7% (50 cases).

General characteristics, comorbidities and reasons for hospitalization in the ICU are presented in Table 1.

Table 1 – Sample general characteristics.

Variables	n=81
Male, n (%)	46 (56.8)
Age (years), median (IQR)	67 (14)
SAPS-3 (score), mean \pm SD	76 \pm 12
SOFA at TCT day(score), median (IQR)	5 (4.5)
ICU mortality, n (%)	34 (42)
Hospitalar mortality, n (%)	50 (61.7)
BMI (Kg/m ²), median (IQR)	26.3 (9)
Hospital length of stay (days), median (IQR)	55 (37.5)
ICU length of stay (days), median (IQR)	33 (17.5)
Total duration of MV (days), median (IQR)	30 (16.5)
Spent time at MV weaning (days), median (IQR)	19 (16.5)
Comorbidities	
Pulmonary, n (%)	36 (44.5)
Cardiac, n (%)	22 (27)
Neurological, n (%)	16 (20)
Renal, n (%)	11 (13.6)
Oncological, n (%)	8 (10)
COPD, n (%)	27 (33)

HIV, n (%)	2 (2.5)
SAH and/or DM, n (%)	60 (74)
Others, n (%)	31 (38)
Reasons for ICU admission	
Sepsis, n (%)	56 (69)
Pulmonary, n (%)	50 (62)
Neurological, n (%)	14 (17)
Cardiological, n (%)	22 (27)
Abdominal, n (%)	8 (10)

n= number of cases, IQR= interquartile range, SAPS-3= simplified acute physiology score, SD= standard deviation, SOFA= sequential organ failure assessment, TCT= tracheostomy, ICU= intensive care unit, BMI= body mass index, Kg/m²= kilograms per square meter, VM= mechanical ventilation, DPOC= chronic obstructive pulmonary disease, HIV= human immunodeficiency virus, SAH= systemic arterial hypertension

Furthermore to prolonged MV, TCT was motivated by: neurological impairment (32 cases - 39.5% [of these 12 failed - 37.5%]), muscle weakness (31 cases - 38% [of these 16 failed -52%]), impaired pulmonary function (19 cases - 23.5% [of these 9 failed - 47%]), impaired cardiac function (10 cases - 12% [of these 7 failed -70%]), persistent or active infection 12 cases - 15% [of these 10 failed - 83%]) and upper airway alterations (7 cases - 9% [of these no failure]).

Palliative care was established in 28 cases (34.6%) in our sample. Therefore, this action interrupted the MV weaning in 20 cases; 4 cases were transferred to ward and 3 cases were subsequently successful at weaning. Table 2 presents the differences between means or between medians of the characteristics or clinical situations of the patients in the groups according to success and failure at weaning.

Table 2 - Characteristics of tracheostomized patients according to success at weaning.

Variables	Weaning successful		P
	yes (n=45)	No (n=36)	
Age (years), median (IQR)	68 (14.5)	66 (14.5)	0.527
BMI (Kg/m ²), median (IQR)	25.5 (8)	27.6 (9.6)	0.330
RF-CSA (cm ²), median (IQR)	1.84 (0.76)	1.4 (0.8)	0.014
DEx (cm), mean ± SD	1.62 ± 0.51	1.29 ± 0.62	0.019
SAPS-3 (score), mean ± SD	75.4 ± 13	76.8 ± 12	0.598
SOFA at TCT day (score), median (IQR)	4 (3)	7.5 (5)	<0.001
IPmax (cmH ₂ O), mean ± SD	56 ± 28	42 ± 16	0.004
Duration of VM before TCT (days), median (IQR)	16 (8.5)	19 (8)	0.067
Duration of VM after TCT (days), median (IQR)	6 (11.5)	16.5 (21)	<0.001
Total duration of VM (days), median (IQR)	25 (12)	35 (23)	0.001
Spent time at MV weaning (days), median (IQR)	18 (17)	19 (16)	0.487
ICU length of stay (days), median (IQR)	33 (15.5)	33.5 (17.5)	0.118

Hospital length of stay (days), median (IQR)	59 (30.5)	45 (48)	0.079
ICU mortality, n (%)	1 (2.2)	33 (91)	<0.001
Hospital mortality, n (%)	15 (33)	35 (97.2)	<0.001

n= number of cases, IQR= interquartile range, Kg/m²= kilograms per square meter, cm²= square centimeters, RF-CSA= rectus femoris cross-sectional area, DEx= diaphragmatic excursion, cm= centimeters, SD= standard deviation, SOFA= sequential organ failure assessment, TCT= tracheostomy, SAPS-3= simplified acute physiology score, IPmax= maximum inspiratory pressure VM= mechanical ventilation, ICU= intensive care unit.

RF-CSA was significantly higher in patients who survived ICU than in those who died (1.84 [0.81] cm² vs. 1.39 [0.82] cm², p = 0.025). On the other hand, DEx presented no statistically significant difference for the same outcome (1.84 ± 0.55 cm vs. 1.36 ± 0.61 cm, p = 0.143). In addition, men and women did not differ significantly in RF-CSA measurements (1.76 [0.89] cm² vs. 1.66 [0.80] cm², p = 0.226), and in the DEx measurements (1.51 [0.50] cm, vs. 1.45 [0.66] cm, p = 0.657). Higher odds of success at weaning were associated with RF-CSA ≥ 1.80cm² (OR = 3.41, 95% CI, 1.35-8.61), and ExD ≥ 1.25cm (OR = 3.31, CI 95%, 1.20-9.15).

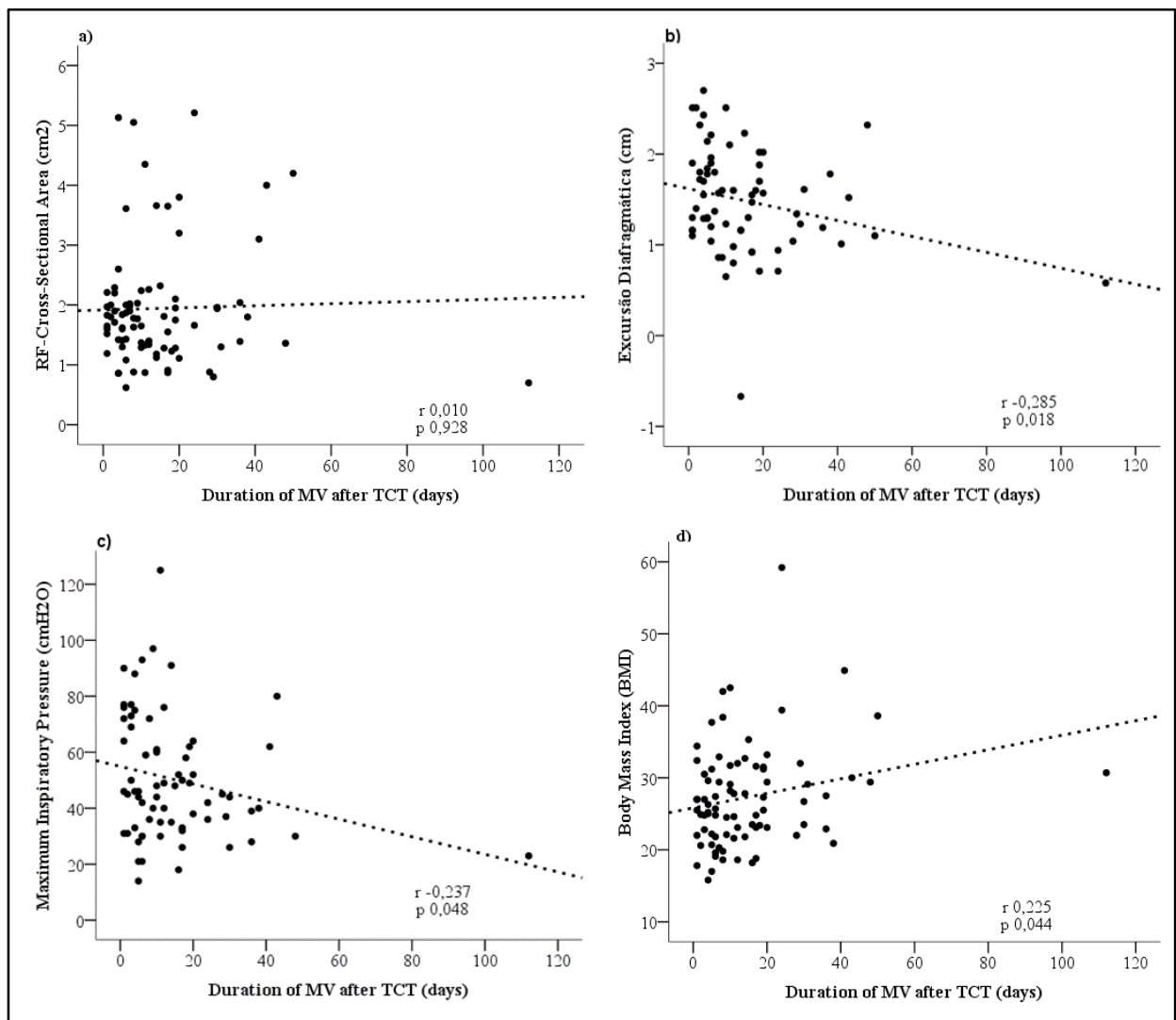


Figure 1 - Correlations between duration of MV after TCT with: a) rectus femoris cross-sectional area (RF-CSA), b) diaphragmatic excursion (DEx), c) maximum inspiratory pressure (IPmax), and d) body mass index (BMI).

There was a statistically significant weak correlation between the duration of MV after TCT with DEx, IPmax and body mass index (BMI), whereas there was no statistically significant correlation with RF-CSA (Figure 1). There was a statistically significant positive correlation between RF-CSA with body weight ($r = 0.416$, $p = 0.001$), BMI ($r = 0.279$, $p = 0.012$) and height ($r = 0.333$, $p = 0.002$), and a statistically significant negative correlation between DEx and SOFA score ($r = -0.258$; $p = 0.033$) and total duration of MV ($r = -0.297$; $p = 0.014$). The variables RF-CSA and DEx did not show correlations with the following variables: age, duration of MV before TCT, ICU length of stay, hospital length of stay, SAPS-3 and IPmax ($p > 0.05$). Also, there was no correlation between RF-CSA and DEx ($r = 0.037$; $p = 0.763$).

Discussion

Eighty-one critically ill tracheostomized patients with a minimum of 10 days of MV compose the sample of this study. Twenty-six patients (32%) had more than 21 days of MV at the time of study inclusion and a total of 65 (80%) remained in prolonged MV until the final follow-up time. Ultrasonographic muscle evaluation was performed after the first week of ICU admission period where the most severe loss of muscle mass occurred^{7,22}. In this study, the successful at weaning from MV in critically tracheostomized patients was associated with higher RF-CSA, DEx, IPmax and lower score of organic failures. MV weaning failure was associated with longer total duration of MV, longer duration of MV after TCT, and mortality. There was a weak correlation between duration of MV after TCT with DEx, IPmax and BMI. RF-CSA was higher in patients who survived ICU admission.

Ultrasonographic evaluation of RF-CSA is considered a simple, non-invasive and easily reproducible bedside method, and can be considered as a marker of peripheral muscle loss in critically ill patients during ICU stay^{7,22-24}. Their results confirm the rapid starts and evolution of sarcopenia after admission to the ICU, where multiple organ failure speeds this process⁷. Muscle mass loss in the critical patient is associated with muscle strength and function^{22,23} and poor outcomes in the ICU, such as longer hospitalization, death, greater need for care at discharge, and higher costs²⁴.

The RF-CSA evaluation in this study does not quantify the sarcopenia, but in a single measurement, indirectly estimates the muscle reserve. The results showed that chronic patients who were able to release from the MV had higher RF-CSA than those who remained dependent on ventilatory support throughout the ICU stay. In addition, RF-CSA measurements greater than 1.80cm² increased 3 times the odds of success at weaning.

Quantitative assessments estimating the total muscle mass of patients by the cross-sectional area of skeletal muscles in the computed tomography scan at the level of the third lumbar vertebra showed that the muscular reserve of patients on ICU admission seems to influence the outcomes of ICU mortality^{9,25}, and MV free days²⁵. In the present study, higher values of RF-CSA were associated with lower ICU mortality; however, there was no correlation with the duration of MV. Respiratory muscles are also strongly affected by critical illness, contributing to the prolongation of MV and weaning failure^{21,26-28}. In this study, chronic critically ill patients with successful weaning showed a higher inspiratory muscle strength and diaphragmatic mobility observed by DEx.

DEx evaluated by bedside US has been shown to be a good predictor of successful MV weaning in patients ventilated by an endotracheal tube, with variation between 1.0cm and 1.5cm in the cut-off point definition^{10,29-34}. In this study, tracheostomized patients with more than 10 days of MV had 3 times more odds to reach successful at MV weaning when DEx was ≥ 1.25 cm.

Results of the MV weaning outcomes were not associated with SAPS-3 scores. According to Nelson et al.¹², the predictors of mortality for acute critical patients are not valid for chronic critical disease. On the other hand, the organic failure score (SOFA), which received scores after the acute phase of the critical illness, obtained a higher score in the group that failed at weaning attempts.

High mortality rates and weaning failures are widely studied outcomes in critically ill patients³⁵⁻⁴³. In this study, the MV weaning failure rate was 45%. The patients group with weaning failure showed 91.6% ICU mortality rate and 97.2% hospital mortality rate. Wu et al.³⁵ and Vora et al.³⁶ observed a 43% weaning failure in prolonged MV; while Li et al.³⁷ observed 70% weaning failure in prolonged MV of patients with TCT. The total mortality rate in this study was 42% in the ICU and increased to 51.7% when considering the entire hospital stay. Loss et al.³⁸ reported mortality rates in patients submitted to prolonged MV in the ICU and hospital mortality of 51% and 65%, respectively.

These results of the chronic critically patients reality remind us of the importance of bioethical concepts in approaching this population, due to the frequent confrontation with the limits between success and failure, between life and death, and between the quality of life and suffering. The literature states that ethical approach and palliative care rather than prolonged suffering should be considered as an essential part regards to understanding the care of critically ill patients¹². In this study, the adoption of therapeutic limitation or comfort measures to patients occurred in 28 cases (34.6%) of the sample, which reinforces the importance of the adequate preparation of intensivists to confront resembling situations.

The main tool of data collection of this study was the ultrasonography for musculoskeletal evaluation. This has been gaining space in the ICU, since serious muscle damage resulting from the critical illness has been proven with a negative impact on the outcomes^{7,11}. It is a non-invasive tool that does not expose the patient to radiation, and is still considered easy to apply and reproducible at bedside^{11,13,44,45}. Increasingly, it has shown a good capacity to provide quantitative and qualitative data of muscle conditions^{7,10,14,44,46}. It has been used in research and clinical practice, so it has contributed to understanding harmful muscle fibers mechanisms, and consequently to elaboration and implementation of strategies to prevent or recovery muscular damages⁴⁷.

Nonetheless, this study has some limitations. Primarily, it carried out in a single center, so it does not make it possible to generalize our results. In addition, the absence of weaning and mobilization protocols may have submitted the patients to different management, because the conduct is subject to clinical judgment. Transversal evaluation performed at the beginning of the study, does not allow inferences over time. Also, there are no normal prediction equations for RF-CSA in the literature, and it is known that this variable can be influenced by body weight, height, BMI, sex and age⁴⁸. In the literature, there are attempts to normalize these data with critical patients, for example, the multiplication of female RF-CSA by the coefficient 1,484 to obtain the correction in relation to the male gender²⁴, and the comparison with healthy individuals²⁷.

Conclusion

RF-CSA and DEx of chronic critically ill patients in MV and submitted to TCT were higher in the group that was successful at weaning in the ICU. Hospital mortality reached almost the entire group that failed at weaning, which represents the importance of weaning conduction in this population. Despite this, it remains lacking in robust evidence to support a group of safe actions to achieve better results.

References

- 1 Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart TE, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *Jama*. 2002; 287(3):345-55.
- 2 Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2000;161(5):1530-6.

- 3 Esteban A, Alia I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ, Group SL. Modes of mechanical ventilation and weaning: a national survey of Spanish hospitals. *Chest*. 1994;106(4):1188-93.
- 4 Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*. 2007;29(5):1033-56.
- 5 MacIntyre NR, Epstein SK, Carson S, Scheinhorn D, Christopher K, Muldoon S. Management of patients requiring prolonged mechanical ventilation: report of a NAMDRC consensus conference. *Chest*. 2005;128(6):3937-54.
- 6 Wang F, Wu Y, Bo L, Lou J, Zhu J, Chen F, et al. The timing of tracheotomy in critically ill patients undergoing mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest*. 2011;140(6):1456-65.
- 7 Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *Jama*. 2013;310(15):1591-600.
- 8 Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *New England Journal of Medicine*. 2008;358(13):1327-35.
- 9 Moisey LL, Mourtzakis M, Cotton BA, Premji T, Heyland DK, Wade CE, et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. *Critical care*. 2013;17(5):R206.
- 10 Qian Z, Yang M, Li L, Chen Y. Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. 2018;8(9):e021189.
- 11 Paris M, Mourtzakis M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2016;19(2):125-30.
- 12 Nelson JE, Cox CE, Hope AA, Carson SS. Chronic critical illness. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2010;182(4):446-54.
- 13 Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, Kummerlen C, Leung R, Stollery D, et al. Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2014;38(7):886-90.
- 14 Hernández-Socorro C, Saavedra P, López-Fernández J, Ruiz-Santana S. Assessment of Muscle Wasting in Long-Stay ICU Patients Using a New Ultrasound Protocol. *Nutrients*. 2018;10(12):1849.
- 15 Santos LJ, Lemos FA, Bianchi T, Sachetti A, Dall'Acqua AM, Naue WS et al. Early mobilization with a cycle ergometer for critical patients on invasive mechanical ventilation in the Intensive Care Unit (MoVe-ICU study): study protocol for a randomized controlled trial.
- 16 Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive care medicine*. 2013;39(5):801-10.
- 17 Lloyd T, Tang YM, Benson MD, King S. Diaphragmatic paralysis: the use of M mode ultrasound for diagnosis in adults. *Spinal Cord*. 2006;44(8):505.
- 18 Truwit JD, Marini JJ. Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. *Chest*. 1992;102(4):1216-9.
- 19 Caruso P, Friedrich C, Denari SD, Ruiz SA, Deheinzelin D. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest*. 1999;115(4):1096-101.

- 20 Balas MC, Devlin JW, Verceles AC, Morris P, Ely EW. Adapting the ABCDEF bundle to meet the needs of patients requiring prolonged mechanical ventilation in the long-term acute care hospital setting: historical perspectives and practical implications. In *Seminars in respiratory and critical care medicine* 2016; 37(01):119-135). Thieme Medical Publishers.
- 21 Dres M, Dubé BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, Brochard L, et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2017;195(1):57-66.
- 22 Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, Sarwal A, Berney S, Koopman R, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *Journal of critical care*. 2015;30(5):1151-e9.
- 23 Palakshappa JA, Reilly JP, Schweickert WD, Anderson BJ, Khoury V, Shashaty MG, et al. Quantitative peripheral muscle ultrasound in sepsis: Muscle area superior to thickness. *Journal of critical care*. 2018;47:324-30.
- 24 Mueller N, Murthy S, Tainter CR, Lee J, Riddell K, Fintelmann FJ, et al. Can sarcopenia quantified by ultrasound of the rectus femoris muscle predict adverse outcome of surgical intensive care unit patients as well as frailty? a prospective, observational cohort study. *Annals of surgery*. 2016;264(6):1116-24.
- 25 Weijs PJ, Looijaard WG, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Straaten HMO, et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Critical care*. 2014;18(1):R12.
- 26 De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Durand MC, Malissin I, Rodrigues P, Cerf C, et al. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Critical care medicine*. 2007;35(9).
- 27 Baldwin CE, Bersten AD. Alterations in respiratory and limb muscle strength and size in patients with sepsis who are mechanically ventilated. *Physical therapy*. 2014;94(1):68-82.
- 28 Lu Z, Xu Q, Yuan Y, Zhang G, Guo F, Ge H. Diaphragmatic dysfunction is characterized by increased duration of mechanical ventilation in subjects with prolonged weaning. *Respiratory care*. 2016;61(10):1316-22.
- 29 Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, Yu CJ, Wu HD, Yang PC. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome. *Chest*. 2004;126(1):179-85.
- 30 Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical care medicine*. 2011;39(12):2627-30.
- 31 Hu S, Zhou S, Wu D, et al. The predicting value of diaphragm ultrasound for weaning. *Acta Universitatis Medicinalis Anhui* 2016;51:673-7.
- 32 Ali ER, Mohamad AM. Diaphragm ultrasound as a new functional and morphological index of outcome, prognosis and discontinuation from mechanical ventilation in critically ill patients and evaluating the possible protective indices against VIDD. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*. 2017;66(2):339-51.
- 33 Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Australian Critical Care*. 2017;30(1):37-43.
- 34 Spadaro S, Grasso S, Mauri T, et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Crit Care* 2016;20:305–16.

- 35 Wu YK, Kao KC, Hsu KH, Hsieh MJ, Tsai YH. Predictors of successful weaning from prolonged mechanical ventilation in Taiwan. *Respiratory medicine*. 2009;103(8):1189-95.
- 36 Vora CS, Karnik ND, Gupta V, Nadkar MY, Shetye JV. Clinical profile of patients requiring prolonged mechanical ventilation and their outcome in a tertiary care medical ICU. *J Assoc Physicians India*. 2015;63(10):14-9.
- 37 Li J, Zhan QY, Wang C. Survey of prolonged mechanical ventilation in intensive care units in mainland China. *Respiratory care*. 2016:Respcare-04295.
- 38 Loss SH, Oliveira RP, Maccari JG, Savi A, Boniatti MM, Hetzel MP, et al. The reality of patients requiring prolonged mechanical ventilation: a multicenter study. *Revista Brasileira de terapia intensiva*. 2015;27(1):26-35.
- 39 Lai CC, Shieh JM, Chiang SR, Chiang KH, Weng SF, Ho CH, et al. The outcomes and prognostic factors of patients requiring prolonged mechanical ventilation. *Scientific reports*. 2016;6:28034.
- 40 Loss SH, Nunes DS, Franzosi OS, Salazar GS, Teixeira C, Vieira SR. Chronic critical illness: are we saving patients or creating victims?. *Revista Brasileira de terapia intensiva*. 2017;29(1):87-95.
- 41 Udeh CI, Hadder B, Udeh BL. Validation and extension of the prolonged mechanical ventilation prognostic model (ProVent) score for predicting 1-year mortality after prolonged mechanical ventilation. *Annals of the American Thoracic Society*. 2015;12(12):1845-51.
- 42 Bugeo G, Egal M, Bakker J. Prolonged mechanical ventilation and chronic critical illness. *Journal of thoracic disease*. 2016;8(5):751.
- 43 Damuth E, Mitchell JA, Bartock JL, Roberts BW, Trzeciak S. Long-term survival of critically ill patients treated with prolonged mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2015;3(7):544-53.
- 44 Harris-Love MO, Ismail C, Monfaredi R, Hernandez HJ, Pennington D, Woletz P, McIntosh V, Adams B, Blackman MR. Interrater reliability of quantitative ultrasound using force feedback among examiners with varied levels of experience. *PeerJ*. 2016;4:2146.
- 45 Gomes PS, Meirelles CM, Leite SP, Montenegro CA. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia Reliability of muscle thickness measurements using ultrasound. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2010;16(1):41-5.
- 46 Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive care medicine*. 2017;43(1):29-38..
- 47 Dall'Acqua AM, Sachetti A, Santos LJ, Lemos FA, Bianchi T, Naue WS, et al. Use of neuromuscular electrical stimulation to preserve the thickness of abdominal and chest muscles of critically ill patients: a randomized clinical trial. *Journal of rehabilitation medicine*. 2017;49(1):40-8.
- 48 Janssen I, Heymsfield SB, Wang Z, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of applied physiology*. 2000;89(1):81-8.

CONCLUSÕES

Geral

Os resultados desse estudo mostraram que sucesso no desmame da VM de pacientes críticos crônicos em desmame por TQT esteve associado à maiores medidas da AST-RF e da ExD. Isso nos permite inferir que tanto a massa muscular periférica quanto a função diafragmática são fatores que influenciam na capacidade destes pacientes assumirem uma ventilação independente. Contudo, há necessidade que novas pesquisas sejam realizadas para confirmar estes achados nessa população.

Específica

AST-RF e ExD não apresentaram correlações com: PImax, SAPS-3, tempo de estadia na UTI, tempo total de VM.

ExD apresentou correlação negativa significativa fraca com o tempo de VM a TQT e com o escore SOFA.

AST-RF apresentou associação com mortalidade na UTI quando suas medidas foram menores. Porém, não houveram associações entre AST-RF e ExD com mortalidade hospitalar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal ferramenta de avaliação utilizada neste estudo foi o US, o qual tem se tornado cada vez mais presente na terapia intensiva e está ganhando espaço na pesquisa e avaliação muscular na prática clínica. A ultrassonografia tem auxiliado no diagnóstico à beira do leito, sendo de fácil aplicabilidade, não invasivo e é capaz de avaliar satisfatoriamente a estrutura e a morfologia muscular.

Os resultados deste estudos sugerem que a AST-RF (marcador de massa muscular periférica) e a ExD (marcador da função diafragmática) são fatores associados ao desmame da VM em pacientes críticos crônicos traqueostomizados. Os dados transversais da avaliação muscular não nos permitiu quantificar o percentual de perda de massa muscular ou função diafragmática; porém, a condição do paciente no momento da TQT refletiu na dependência ao ventilador mecânico. Isso reforça hipótese de que as condições musculares dessa população repercutem nos desfechos.

Os resultados de mortalidade no grupo que fracassou nas tentativas de desmame da VM salienta o fato deste ser um ponto crucial no manejo desta população. Investigações longitudinais que avaliem a depleção muscular no paciente crítico crônico necessitam ser realizadas para determinar inferências ao longo do tempo nesta população. A avaliação muscular periódica e o melhor entendimento dos fatores relacionados a fraqueza adquirida na UTI podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias multiprofissionais que facilitem o desmame da VM e reduzam a mortalidade nesta população.