

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

LEANDRO MOREIRA PERES

**Comparação entre a ultrassonografia e a tomografia
computadorizada para medida da massa muscular esquelética
em pacientes críticos**

RIBEIRÃO PRETO

2023

LEANDRO MOREIRA PERES

Comparação entre a ultrassonografia e a tomografia computadorizada
para medida da massa muscular esquelética em pacientes críticos

Versão Corrigida

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Clínica Cirúrgica do Departamento de Cirurgia e
Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
da Universidade de São Paulo, como parte das
exigências para obtenção do Título de Doutor em
Ciências.

Área de Concentração: Clínica Cirúrgica

Orientadora: Profa. Dra. Maria Auxiliadora Martins

RIBEIRÃO PRETO

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo a Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Peres, Leandro Moreira

Comparação entre a ultrassonografia e a tomografia computadorizada para medida da massa muscular esquelética em pacientes críticos, 2023.

Tese (Doutorado) - Faculdade Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica. Área de Concentração: Clínica Cirúrgica.

Orientadora: Auxiliadora-Martins, Maria

1. Perda Muscular, 2. Sarcopenia, 3. Unidade de Terapia Intensiva, 4. Ultrassonografia.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Peres, Leandro Moreira

Título: **Comparação entre a ultrassonografia e a tomografia computadorizada para medida da massa muscular esquelética em pacientes críticos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), para obtenção do Título de Doutor em Ciências. Área de Concentração: Clínica Cirúrgica.

Aprovado em ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu Deus Jeová, a minha amada e querida esposa Monique Cavallini e aos meus pais, que são o meu maior exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Jeová, o dador da vida, pela sua benignidade imerecida e por nos proporcionar tantas bênçãos.

Agradeço a minha querida esposa Monique, amável, companheira de todos os momentos, compreensiva pelas ausências físicas e por entender e dar valor ao meu trabalho.

Agradeço aos meus pais, que acreditaram no meu sonho de me tornar médico e pesquisador e que não pouparam esforços para minha formação, agradeço pelos princípios ensinados e por terem me tornado o homem que sou hoje.

Agradeço aos meus avós: João (in memoriam), Atair (in memoriam), Luzia (in memoriam) e em especial a minha avó Ema que exerceu papel fundamental durante período da minha graduação, me abrigou em sua casa e cuidou de mim, como uma mãe nesse período.

Sou grato aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, amigos da vida, de muitos anos e amigos que fiz nessa jornada, a exemplo do Fabio Luís da Silva, companheiro de doutorado e de coleta de dados.

Sou grato aos meus professores, desde aos que me alfabetizaram, aqueles que com muita luta guiaram meus primeiros passos em pequena escola no interior paulista em Cajuru, aos da universidade no Rio de Janeiro e aos da residência médica em Ribeirão Preto, em dura rotina de plantões, onde mesmo cansados estavam dispostos a me ensinar e aos da pós graduação, que me ensinaram a analisar o método científico, em refletir na ciência e em especial à professora Maria Auxiliadora-Martins, minha orientadora, pelo respeito as minhas ideias e apoio incondicional ao meu projeto em qualquer situação e horário.

Agradeço a toda equipe médica do CTI do Hospital das Clínicas da Unidade de Emergência pela contribuição na execução desse projeto e a especial colaboração da enfermagem, desde a Sala de Trauma até a UTI, pela cooperação na inclusão e realização de exames dos pacientes.

À CAPES – o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código do financiamento 001.

RESUMO

Peres, L.M. **Comparação entre a ultrassonografia e a tomografia computadorizada para medida da massa muscular esquelética em pacientes críticos.** 2023. Tese (Doutorado) - Faculdade Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

A terapia e o estado nutricional interferem diretamente na evolução clínica do paciente crítico, assim como na redução da morbimortalidade, através da manutenção da integridade funcional do trato gastrointestinal, diminuição da resposta catabólica, além de contribuir para a redução do tempo de internação resultando em menor custo do tratamento.

Pacientes críticos e vítimas de trauma sofrem alterações precoces na quantidade e qualidade da massa muscular. Ferramentas para identificação dos grupos mais suscetíveis a essas complicações são necessárias para que intervenções possam minimizar os efeitos deletérios da desnutrição do paciente crítico.

O objetivo deste estudo foi comparar a espessura do quadríceps femoral obtida por meio de ultrassonografia (USG) *point of care* e tomografia computadorizada (TC) em pacientes críticos vítimas de trauma cranioencefálico (TCE). Trata-se de um estudo prospectivo de validação com amostra de conveniência realizado em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) especializada em atendimento ao trauma de um hospital terciário de ensino.

A coleta de dados incluiu: tempo de internação hospitalar na UTI, motivo da internação, dados antropométricos na admissão e na evolução na UTI, gasto energético segundo fórmula de bolso, terapia nutricional, tempo de jejum e de otimização da dieta. Os dados foram analisados com o software Microsoft Excel® e *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) V.26 (SPSS Inc.®; Chicago IL, USA). As imagens seriadas através de USG e TC foram obtidas no momento da admissão do paciente no hospital, com até 24 horas do trauma. Segunda aferição de 24 a 96 horas da admissão e terceira aferição 72 a 168 horas da admissão. Todas as medidas da USG foram realizadas simultaneamente à TC do quadríceps, com intervalo máximo de seis horas entre uma técnica e outra. Observamos uma média de diferenças entre as medidas com os dois métodos muito pequena, irrelevante para a prática clínica, que foram de 1,52 mm, 1,92 mm e 3mm nos 3 tempos avaliados. Portanto obtivemos excelente correlação e boa concordância dos valores. Nossos resultados sugerem que o ultrassom pode ser utilizado como ferramenta para avaliar a espessura do quadríceps femoral em pacientes críticos vítimas de TCE mostrando boa correlação e concordância com a tomografia computadorizada.

Palavras-chave: paciente crítico, unidade de terapia intensiva, avaliação nutricional, ultrassom, espessura muscular, tomografia computadorizada

ABSTRACT

Peres, L.M. **Comparison between ultrasonography and computed tomography for measuring skeletal muscle mass in critically ill patients.** 2023. Tese (Doutorado) - Faculdade Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Therapy and nutritional status directly interfere in the clinical evolution of critically ill patients, as well as in the reduction of morbidity and mortality, through the maintenance of the functional integrity of the gastrointestinal tract, reduction of the catabolic response, in addition to contributing to the reduction of hospitalization time resulting in less treatment cost.

Critical patients and trauma victims undergo early changes in the quantity and quality of muscle mass. Tools for identifying the groups most susceptible to these complications are needed so that interventions can minimize the deleterious effects of malnutrition in critically ill patients.

The aim of this study was to compare the thickness of the quadriceps femoris obtained through point of care ultrasonography (USG) and computed tomography (CT) in critically ill patients with traumatic brain injury (TBI). This is a prospective validation study with a convenience sample carried out in an Intensive Care Unit (ICU) specialized in trauma care at a tertiary teaching hospital.

Data collected included: length of hospital stay in the ICU, reason for admission, anthropometric data on admission and evolution in the ICU, energy expenditure according to pocket formula, nutritional therapy, time of fasting and diet optimization. Data were analyzed using Microsoft Excel® e *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) V.26 (SPSS Inc.®; Chicago IL, USA). Serial USG and CT images were obtained upon admission of the patient to the hospital, within 24 hours of the trauma. Second measurement 24 to 96 hours after admission and third measurement 72 to 168 hours after admission. All USG measurements were performed simultaneously with quadriceps CT, with a maximum interval of six hours between one technique and another. We observed very small mean differences between the measurements with the two methods, irrelevant for clinical practice, which were 1.52 mm, 1.92 mm and 3 mm at the 3 times evaluated. Therefore, we obtained excellent correlation and good concordance of values. Our results suggest that ultrasound can be used as a tool to assess quadriceps femoris thickness in critically ill patients with TBI, showing good correlation and concordance with computed tomography.

Keywords: Critical ill patient, Intensive Care Unit, Nutritional assessment, Ultrasound, Muscle Thickness, Computed Tomography

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características demográficas da população.....	40
Tabela 2 – Valores de SOFA, creatinina, aportes calóricos e proteicos e uso de antimicrobianos e drogas vasoativas são apresentados diariamente.	41
Tabela 3 - Mediana das aferições (mm)	42
Tabela 4 - Variação percentual de massa muscular nos diferentes tempos de aferição, por TC e USG respectivamente.	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a) Espessura do quadríceps femoral (EMQ). RF: reto femoral; VI: vasto intermédio. 1B Área da secção transversal do reto femoral (AST). RF: reto femoral; VI: vasto intermédio; VL: vasto lateral; VM vasto médio	24
Figura 2a) Correlação de Pearson entre os examinadores; 2b) Bland & Altman – concordância entre os examinadores	32
Figura 3- Marcação da coxa para aquisição das imagens.....	33
Figura 4 - Desenho do estudo	34
Figura 5 - Protocolo do estudo	35
Figura 6 - Inclusão dos pacientes	39
Figura 7 - Motivo da admissão dos pacientes vítimas de traumatismo cranioencefálico..	40
Figura 8 - Desfechos clínicos	41
Figura 9a) Correlação no tempo 1; 9b) Correlação no tempo 2; 9c) Correlação no tempo 3	42
Figura 10a) Concordância no tempo 1; 10b) Concordância no tempo 2; 10c) Concordância no tempo 3.	43
Figura 11 – Evolução da perda de massa muscular (medidas de massa muscular pela média entre os dois métodos aferidos).	44
Figura 12 – NUTRIC score da população estudada	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APACHE II	<i>Acute Physiology And Chronic Health Evaluation</i>
AST	Área da Secção Transversal do Reto Femoral
BIA	Bioimpedância Elétrica
CARS	Resposta Anti-Inflamatória Compensatória
DXA	Densitometria por Dupla Emissão de Raios X
EIAS	Espinha Ilíaca Anterossuperior
EMQ	Espessura Muscular do Quadríceps Femoral
GEB	Gasto Energético Basal
ICU	<i>Intensive Care Unit</i>
IL	Interleucina
IMC	Índice de Massa Corpórea
IME	Índice de Massa Esquelético
ISS	<i>Index Shock Score</i>
MRC-SS	<i>Medical Research Council Sum Score</i>
NP	Nutrição Parenteral
NRS	<i>Nutritional Risk Screening</i>
NUTRIC	<i>Nutrition Risk In The Critically Ill</i>
RCT	<i>Randomized Control Trial</i> - Ensaio Controlado Randomizado
RM	Ressonância Magnética
SAPS-3	<i>Simplified Acute Pysiology Score</i>
SDRA	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo
SOFA	<i>Sequential Organ Failure Assessment</i>
TC	Tomografia Computadorizada
TCE	Traumatismo Crânio Encefálico
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
USG	Ultrassonografia
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VM	Ventilação Mecânica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	Desnutrição no paciente crítico	15
2.2	Avaliação Nutricional na UTI	17
2.2.1	NRS-2002	18
2.2.2	NUTRIC	18
2.3	Avaliação da Composição Corporal no Paciente Crítico	19
2.4	Métodos de Avaliação da Composição Corporal	19
2.4.1	Antropometria.....	19
2.4.2	Bioimpedância Elétrica	20
2.4.3	Tomografia Computadorizada.....	21
2.4.4	Ultrassom.....	22
2.4.5	Densitometria	24
2.4.6	Biomarcadores	26
3.	JUSTIFICATIVA.....	28
4.	OBJETIVOS.....	29
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
5.1	Desenho do estudo.....	30
5.2	Participantes do estudo	35
6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
7	CONTROLE DOS DADOS	38
8	RESULTADOS	39
9	DISCUSSÃO.....	47
10	CONCLUSÃO.....	50
11	REFERÊNCIAS	51
12	Apêndice 1 - Parecer substanciado do CEP.....	64
13	Apêndice 2- TCLE	65

1 INTRODUÇÃO

Internações prolongadas em unidades de terapia intensiva (UTI) estão associadas à sarcopenia, que é a atrofia muscular associada à idade e à progressão de uma doença¹. Seu desenvolvimento tem sido relacionado com o processo de inflamação e imobilização², sendo um achado frequente em pacientes críticos que pode começar nas primeiras 24 horas da admissão³. A fraqueza adquirida em pacientes internados em UTI afeta 24-77% dos pacientes com internação por mais de uma semana⁴.

A perda de massa muscular é uma consequência inevitável em pacientes inconscientes, e pode chegar a 65% em 42 dias em pacientes críticos em geral⁵. Fatores como idade, função muscular, medicações, comorbidades, má nutrição, estresse e dano muscular podem contribuir para a ocorrência do dano e prejudicar a capacidade de recuperação funcional². A mortalidade em pacientes sarcopênicos é mais que o dobro do que em pacientes não sarcopênicos (32 % versus 14%)⁶. Existe também associação da sarcopenia com dificuldade de desmame ventilatório, tempo de internação prolongada e predição de mortalidade na internação em um ano^{3; 4; 7}.

Os principais fatores de risco para o desenvolvimento de fraqueza muscular são: sepse, ventilação mecânica, uso de catecolaminas, hiperglicemia, tempo prolongado de internação em UTI e imobilidade^{4; 8}.

É essencial utilizar ferramentas para avaliação de massa corpórea para identificar pacientes com baixa massa muscular na admissão e documentar as mudanças longitudinais na musculatura durante a internação em UTI⁷.

O índice de massa corpórea (IMC) tem sido comumente utilizado para identificar pacientes críticos com risco de desnutrição, porém o IMC não distingue os tecidos como: massa muscular, gordura ou edema durante a hospitalização⁷. Marcadores como albumina sérica, pré-albumina dentre outros não refletem a realidade nutricional do paciente crítico uma vez que existe um aumento da síntese de proteína de fase aguda em detrimento da síntese de albumina nos quadros de doenças agudas graves⁹.

É um desafio identificar os pacientes que são de alto risco para desenvolver fraqueza muscular associado à internação em UTI¹⁰. Alterações na massa muscular podem induzir a disglucemias e aumento de citocinas inflamatórias¹¹. Muitos que sobrevivem à internação na

UTI ficam com sequelas e fraqueza muscular e essas condições podem persistir por muitos anos^{2; 3; 12}.

Os músculos dos membros inferiores são os mais propensos à atrofia precoce, mostrada por uma maior diminuição da espessura nos primeiros dias de admissão na UTI em comparação com os membros superiores, o que torna estes músculos um bom alvo para a avaliação da massa muscular^{12; 13; 14}.

As atuais técnicas de avaliação da espessura muscular têm como padrão ouro a ressonância magnética (RM) e a tomografia computadorizada (TC)¹⁵. No entanto, essas técnicas possuem elevado custo e o inconveniente de não estarem no mesmo ambiente do paciente crítico¹³. Outros recursos menos dispendiosos como densitometria, análise de bioimpedância (BIA) são influenciados por fatores confundidores, como o excesso de fluidos¹⁶, situação esta comum em pacientes críticos. Já a medida muscular com o uso da ultrassonografia (USG) embora necessite ser validada, é uma técnica realizada a beira leito, de fácil execução, que não utiliza radiação e parece ser útil na avaliação da massa muscular^{2; 10; 12; 13; 14; 17; 18; 19; 20; 21}.

A função muscular esquelética depende não apenas da quantidade de massa muscular, mas da qualidade e essa também é adversamente afetada em pacientes críticos. Mudanças na ecogenicidade muscular que ocorrem precocemente em pacientes críticos estão relacionadas à necrose e miofibrose quando avaliadas em cortes histológicos²².

Estudos recentes mostram que a ecogenicidade da USG muscular tem correlação com a arquitetura muscular, grau de infiltração por gordura, fibrose e necrose muscular. A musculatura normal é hipoecogênica (escura). Um aumento da ecogenicidade, uma aparência mais clara ou brilhante, pode representar necrose muscular ou infiltração gordurosa¹⁰. A identificação precoce desses pacientes é importante, porque são fatores preditores de funcionalidade, morbidade e mortalidade e sua identificação precoce pode alterar o seu desfecho clínico¹⁰.

Na avaliação da força vem sendo utilizada o *Medical Research Council sum score* (MRC-SS) < 48/60 uma ferramenta de análise subjetiva que não é capaz de fazer uma avaliação com acurácia. Por outro lado, biópsia muscular e testes de condução neural são medidas mais acuradas, porém, são mais invasivas e menos factíveis na prática clínica¹⁰.

Neste estudo, propomos a validação da USG do quadríceps femoral comparado com o padrão ouro (TC da coxa) para avaliação da musculatura de pacientes críticos vítimas de TCE. A importância é por se tratar de um método não invasivo, de baixo custo e realizado à beira leito, sendo factível em pacientes críticos, uma vez que todo o arsenal de ferramentas para avaliação nutricional apresenta limitações quando aplicado no paciente crítico.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desnutrição no paciente crítico

A terapia nutricional é uma parte importante do cuidado de um paciente crítico, uma vez que a nutrição adequada é crucial para a recuperação de doenças graves e cirurgias. Em pacientes críticos, a terapia nutricional pode incluir a administração de nutrientes por via intravenosa, alimentação por via oral, sonda nasoentérica ou nutrição parenteral total.

O objetivo é fornecer a quantidade adequada de proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais para suprir as necessidades nutricionais do paciente e ajudar na sua recuperação.

Os benefícios da nutrição precoce no paciente crítico é alvo de discussões, apesar disso pacientes críticos recebem uma média de 40-50% do seu alvo nutricional na fase inicial de internação em UTI e esse baixo aporte pode permanecer por longos períodos²³.

A desnutrição é muito prevalente em pacientes críticos e tem sido associada a piores desfechos, incluindo complicações clínicas, internações hospitalares prolongadas e aumento de mortalidade²⁴.

Em 1942, Cuthbertson descreveu duas fases metabólicas distintas durante a fase aguda da doença - o "refluxo" ou fase de *Ebb* que se caracteriza por um quadro hipodinâmico, no qual a perfusão dos órgãos periféricos é reduzida dando preferência aos órgãos vitais que dura de 1 a 3 dias, seguido pela fase *Flow* "fluxo" onde ocorre um quadro hiperdinâmico com o intuito de remover radicais livres, escórias e permitir a chegada de nutrientes para iniciar a reparação tecidual, mas ainda se caracteriza por catabolismo. Após estas duas fases inicia-se a fase anabólica ou de recuperação propriamente dita²⁵. Assim temos as seguintes fases: UTI dia 1-2 (fase inicial aguda), UTI dia 3-7 (fase tardia aguda) e após UTI dia 7 (fase de

recuperação)²³. Em resumo, a fase de "refluxo" é caracterizada por instabilidade hemodinâmica e alterações hormonais (incluindo resistência à insulina), a fim de priorizar a entrega de substratos de energia aos tecidos vitais^{25; 26}. Esse mecanismo de sobrevivência resulta na produção endógena de glicose, bem como em menor gasto energético em comparação com a pré-lesão²⁷. A fase de "fluxo" envolve a degradação do tecido (incluindo tecido muscular magro) a fim de fornecer substratos para suprir as necessidades imediatas da resposta de "lutar ou fugir" e reduzir o risco de sangramento e infecção²⁷. Mais recentemente, uma terceira fase de recuperação anabólica foi descrita²⁸. É durante esta fase de recuperação que pode ocorrer a ressíntese do tecido perdido e o corpo pode ser metabolicamente mais efetivo em processar os nutrientes fornecidos^{27; 28}. Atualmente, não há nenhum marcador clínico conhecido para identificar quando um indivíduo muda de uma fase da doença crítica para outra.

Embora se considere que os nutrientes possam estar mais fisiologicamente disponíveis e, portanto, sejam mais necessários nas fases mais tardias da doença, os estudos têm sido limitados, porque devido ao tempo médio de internação em UTI, a maioria dos ensaios nutricionais forneceu intervenções nutricionais nas fases agudas da doença (independentemente do período de intervenção experimental pretendido).

Pensava-se que a nutrição agressiva nos estágios iniciais da doença crítica poderia melhorar os resultados clínicos. No entanto, evidências de recentes ensaios controlados randomizados (RCTs) não apoiam isso, não encontrando nenhum benefício com o fornecimento precoce de nutrição^{29; 30; 31; 32}. Uma explicação para isso pode ser porque uma quantidade substancial de energia foi fornecida em um período de doença crítica, onde o gasto de energia é reduzido e a produção endógena é aumentada²⁷. Especificamente, danos foram observados no estudo EPaNIC (*Early Parenteral Nutrition Completing Enteral Nutrition in Adult Critical ill Patients*), o maior estudo nutricional em pacientes críticos, recrutou 4.640 pacientes que estavam em risco nutricional e os randomizou para nutrição parenteral (NP) suplementar precoce (dia 3 da UTI) ou tardia (dia 8 da UTI). Neste estudo envolvendo pacientes relativamente magros com estadias curtas na UTI que estavam recebendo controle glicêmico rigoroso, a NP precoce não resultou em menor taxa de mortalidade versus NP tardia, apesar de fornecer significativamente mais calorias na primeira semana de UTI. De fato, o início tardio da NP foi associado a menor duração da ventilação

mecânica, menor incidência de terapia renal substitutiva, menor incidência de infecções (22,8% vs. 26,2%, $p = 0,008$), colestase e menor tempo de internação na UTI e no hospital³¹.

Schuetz e colaboradores³³ mostraram que a desnutrição é um fator de risco modificável. Os autores ilustraram que, quando identificada e tratada precocemente, a modificação da desnutrição pode melhorar substancialmente o estado funcional e a sobrevivência do paciente³³.

Apesar da importância do reconhecimento da desnutrição e potencial impacto no atendimento ao paciente quando reconhecido precocemente, não há uma abordagem universalmente aceita para o diagnóstico e documentação da desnutrição em adultos³⁴.

O diagnóstico nutricional preciso desses pacientes é essencial para promover um adequado cuidado. No entanto, a avaliação nutricional é desafiadora em UTIs, especialmente quando se tenta rastrear o estado nutricional.

A determinação do gasto energético basal (GEB) também é um desafio nos pacientes críticos. A calorimetria indireta é o padrão ouro, porém é pouco disponível na maioria dos serviços e tem um custo elevado e necessidade de profissionais qualificados para sua utilização. As equações preditivas que estimam o gasto de energia são o método mais comumente utilizado devido à sua facilidade de aplicação, mas muitas vezes são imprecisas em comparação com o gasto de energia medido usando calorimetria indireta³⁵. É importante ressaltar que as imprecisões aumentam nos extremos de peso, nos doentes mais graves e nas populações mais idosas e desnutridas. Apesar dessas falhas, as equações preditivas continuam a ser amplamente utilizadas e são recomendadas em diretrizes clínicas internacionais na ausência de calorimetria indireta²³.

2.2 Avaliação Nutricional na UTI

Muitas ferramentas de triagem e avaliação foram criadas para avaliar o estado nutricional, incluindo: *Mini Nutritional Assessment* (MNA), *Malnutrition Universal Screening Tool* (MUST), *Short Nutritional Assessment Questionnaire* (SNAQ), *Subjective Global Assessment* (SGA), *Nutrition Risk Screening Score* (NRS-2002) e o *Nutrition Risk in Critically Ill* (NUTRIC) mas nem todos são aplicáveis aos pacientes críticos^{23,36,37}. Alguns sistemas de pontuação são propensos a erros em pacientes críticos devido a mudanças de

fluidos que podem afetar os cálculos do IMC e a resposta de fase aguda, que pode afetar os marcadores de proteína²³. Os dois sistemas de pontuação mais utilizados, mas não universalmente aceitos, em pacientes críticos são os sistemas NRS-2002 e NUTRIC.

2.2.1 NRS-2002

O NRS-2002 foi originalmente descrito em 2003 e é baseado no IMC, percentual de perda de peso recente e mudança recente na ingestão de alimentos³⁸. Sua capacidade de prever resultados clínicos, incluindo mortalidade, foi estudada em várias populações diferentes de pacientes e sua eficácia foi recentemente apoiada por um estudo retrospectivo de 5.698 pacientes³⁹. Além disso, foi recentemente validado por uma análise secundária de um estudo prospectivo randomizado com 2.028 pacientes⁴⁰.

Ambos os estudos excluíram pacientes de UTI e as diretrizes recentes da *European Society for Clinical Nutrition and Metabolism* (ESPEN) recomendam que não deve ser aplicado a pacientes de UTI até que novos estudos validem seu uso nessa população²³. Isso contrapõe com as diretrizes da *Society of Critical Care Medicine* (SCCM)/*American Society for Parenteral and Enteral Nutrition* (ASPEN), que recomendam a determinação da NRS-2002 para todos os pacientes internados em UTI e citam sua aplicabilidade em pacientes críticos em vários estudos prospectivos como evidência de sua utilidade nesta população³⁶.

2.2.2 NUTRIC

O escore NUTRIC foi desenvolvido em 2011 por Heyland e colaboradores⁴¹ como o primeiro e único sistema de pontuação projetado especificamente para pacientes de UTI. O escore foi desenvolvido na tentativa de incorporar marcadores de inanição aguda e crônica, inflamação aguda e crônica observadas em pacientes críticos. Baseia-se na determinação da idade, *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation* (APACHE II), *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA), número de comorbidades, dias da admissão até a internação na UTI e interleucina-6 (IL-6) sérica⁴¹. A utilidade desta pontuação foi melhorada pela omissão de IL-6, pela indisponibilidade desse parâmetro na maioria dos serviços, com isso temos a ‘pontuação NUTRIC modificada’. A capacidade de prever a mortalidade a partir desse escore

foi validada em uma análise *post hoc* de um estudo randomizado com 1.199 pacientes de UTI com falência de múltiplos órgãos⁴². Desde sua concepção, o escore NUTRIC-modificado tem sido estudado prospectivamente e validado internacionalmente^{43; 44}. Semelhante ao NRS-2002, o escore NUTRIC é endossado pelo SCCM/ASPEN e deve ser calculado no momento da admissão para todos os pacientes da UTI. Em contraponto a ESPEN não recomenda o uso desse escore em pacientes críticos.

2.3 Avaliação da Composição Corporal no Paciente Crítico

A avaliação da composição corporal no paciente crítico tem sido amplamente estudada nos últimos anos, principalmente por sua associação a desfechos clínicos.

Como os pacientes críticos sofrem grandes mudanças por acúmulo de fluidos, medidas como peso medido e a musculatura avaliada por métodos tradicionais à beira leito (por exemplo: avaliação física subjetiva e circunferência muscular do braço) podem ser imprecisas.

Uma ferramenta à beira leito, custo-efetiva e prática para ser usada no paciente crítico tem sido buscada. Vários métodos estão disponíveis para essa avaliação todos com vantagens e desvantagens.

2.4 Métodos de Avaliação da Composição Corporal

2.4.1 Antropometria

Cálculos baseados na circunferência do braço e na espessura da dobra cutânea têm sido usados para estimar a massa muscular em ambientes ambulatoriais. A circunferência da panturrilha correlaciona-se positivamente com a massa muscular. No entanto, mudanças relacionadas à idade nos depósitos de gordura e à perda de elasticidade da pele contribuem para erros de estimativa em pessoas mais velhas. Existem relativamente poucos estudos validando medidas antropométricas em idosos e obesos; esses e outros fatores de confusão tornam as medidas antropométricas vulneráveis a erros e questionáveis para uso individual¹⁵.

2.4.2 Bioimpedância Elétrica

A análise de bioimpedância elétrica (BIA) é um método fácil, não invasivo e portátil, amplamente utilizado para avaliar a composição corporal. A BIA mede a oposição a uma corrente alternada através dos compartimentos do corpo (resistência) e o atraso na condução pelas membranas celulares (reatância). O ângulo de fase do marcador composto (arco tangente da reatância/resistência) reflete a quantidade e a integridade das células do corpo e prediz o prognóstico do paciente em uma variedade de doenças, incluindo pacientes críticos^{45; 46} e identifica pacientes com riscos nutricionais⁴⁷. Essas medições brutas de BIA são independentes do peso corporal.

A BIA avalia a passagem de corrente elétrica em baixa intensidade (500-800 mA) e alta frequência (50 kHz), medindo os componentes primários: resistência, reatância, impedância e ângulo de fase^{19; 48}.

A BIA também mede a massa muscular por meio de equações que combinam dados elétricos e antropométricos. A maneira mais simples de estimar a composição corporal pela BIA é pelo modelo bicompartimental, que analisa o conteúdo de massa muscular (massa magra) e massa de gordura (massa gorda) do corpo.

Existem dispositivos de frequência única (SF-BIA) e com multifrequências (MF-BIA). Em geral, o nível de precisão produzido pelos aparelhos SF-BIA e MF-BIA costuma ser muito bom, 1% a 2% de variabilidade entre medidas repetidas⁴⁹. A precisão e exatidão dos dispositivos de BIA são influenciadas por vários fatores, incluindo fatores do paciente (grau de adiposidade, status de fluidos, eletrólitos e temperatura da pele) e fatores ambientais (temperatura ambiente, proximidade de superfícies metálicas e dispositivos eletrônicos).

No entanto, o efeito de confusão de um peso corporal não confiável e estado de hidratação alterado levou ao uso cauteloso das equações utilizadas na análise da BIA, na população de pacientes críticos. Portanto, a BIA embora possa ser uma ferramenta potencial para avaliar a baixa musculatura, deve ser avaliada com cautela em pacientes críticos⁵⁰.

As vantagens da BIA em comparação com outras ferramentas é a portabilidade do dispositivo, facilidade de uso, acessibilidade e técnica não invasiva.

Estudos recentes compararam o uso da BIA com outros dispositivos para aferição de composição corporal e encontraram resultados satisfatórios considerando as

configurações clínicas e de pesquisa. BIA e densitometria $r^2 = 0,6275$ ($P < 0,0001$), e entre BIA e tomografia computadorizada atingiram $r^2 = 0,274$ ($P < 0,0001$)^{48; 51; 52}.

Por outro lado, uma recente revisão sistemática publicada por Haverkort e colaboradores⁵³ concluíram que o uso de BIA em pacientes cirúrgicos e oncológicos alcançou baixa precisão (água corporal total subestimada, que variou entre 18,8% e + 7,2%, e massa muscular, que variou entre 15,2% e +3,8%), sugerindo que as estimativas de BIA deveriam ser executadas e interpretadas longitudinalmente.

O uso de BIA para monitorar alterações longitudinais na composição corporal inferior a 5 kg devem ser interpretado com cautela⁵⁴. Entretanto a BIA parece ser mais sensível do que o peso corporal, altura ou IMC para avaliar o estado nutricional. Dessa forma, por sua capacidade de avaliar os tecidos musculares e adiposos, a BIA é considerada uma ferramenta válida para acompanhamentos longitudinais.

2.4.3 Tomografia Computadorizada

A medição da área do músculo esquelético pela tomografia computadorizada (TC) também tem recebido atenção crescente.

A avaliação da composição corporal por meio da TC é considerada um método de grande acurácia para analisar os compartimentos corporais, sendo considerada padrão ouro. A TC é uma ferramenta importante para reconhecer pacientes com possível sarcopenia em ambientes hospitalares, pois permite a avaliação do tecido muscular visceral, intramuscular, subcutâneo e esquelético e infiltração de gordura em tecidos magros^{55; 56}. A avaliação da composição corporal por meio da TC tornou-se um método de escolha em oncologia, pois muitos pacientes têm imagens de acompanhamento do diagnóstico ou do estadiamento da doença.

A avaliação de uma única imagem transversal pode ser usada para determinar a composição corporal total. A área anatômica comumente utilizada como referência está localizada 5 cm acima da transição da quarta e quinta vértebra lombar (L4/L5), aproximadamente na região da terceira vértebra lombar (L3)^{55; 57}. A equação preditiva disponível é útil para estimar a massa muscular de todo o corpo e o tecido adiposo total²¹.

A TC também permite a avaliação da qualidade radiológica da área muscular esquelética e atenuação muscular, bem como o cálculo do Índice Muscular Esquelético (IME). O IME é calculado pela área da secção muscular em L3 sobre a altura individual ao quadrado. (área da seção transversal do tecido muscular no nível L3 (cm²)/altura (m²).

A qualidade muscular pode ter significado prognóstico. A menor densidade muscular esquelética na TC, é um marcador para a diminuição da qualidade muscular, que tem sido associada ao aumento da infiltração lipídica em biópsias musculares e a piores resultados em pacientes críticos⁵⁸.

Apesar das vantagens da técnica, a TC apresenta limitações como exposição à radiação, alto custo e possíveis vieses na avaliação relacionados à seleção e interpretação inadequadas da imagem de posicionamento do paciente⁵⁶. A solicitação do exame de TC apenas para avaliar a composição corporal ainda é uma preocupação devido à radiação envolvida e os riscos do transporte do paciente crítico até a sala de exames, por isso, é considerada um método de conveniência⁵⁹. Em que pode ser usado em outras condições clínicas em que as imagens de TC estão disponíveis, como em pacientes com insuficiência respiratória ou trauma⁵⁹.

Além disso, deve-se considerar a necessidade de habilidades específicas quanto à técnica para realizar a análise e reconhecimento tecidual.

Portanto, embora muito assertiva para a análise da composição corporal o uso da análise de tomografia computadorizada para medir a massa e a qualidade muscular tem várias limitações, incluindo exposição à radiação, custos, riscos associados ao transporte do paciente e consumo de tempo.

2.4.4 Ultrassom

O uso do ultrassom para avaliar a composição corporal tem aumentado nos últimos anos, motivado por novos estudos de validação.

O ultrassom surgiu como um método comum para quantificar a massa muscular e recentemente ganhou muita atenção com a crescente importância do papel do músculo esquelético relacionado a desfechos clínicos⁶⁰. A técnica tem excelente confiabilidade entre profissionais experientes e profissionais iniciantes⁶¹.

Estudos mostram que pacientes que perdem mais massa muscular podem apresentar piores desfechos durante a internação^{60; 62; 63}. Em um estudo longitudinal com acompanhamento de um ano após a alta hospitalar, pacientes com doença respiratória crônica classificados no quartil inferior do tamanho do músculo quadríceps apresentaram maior taxa de mortalidade em comparação com pacientes classificados no quartil superior. Além disso, um tamanho menor do músculo quadríceps medido por USG é um fator de risco independente para readmissão⁶³ e mortalidade⁶⁰.

É uma técnica que pode ser usada em pacientes críticos e traz uma avaliação longitudinal do músculo⁷. O aspecto mais vantajoso da USG em relação a outros instrumentos antropométricos é a sua capacidade de identificar alterações de curto prazo, permitindo medições seriadas longitudinais. Uma única medida não consegue fazer uma avaliação da composição corporal¹⁸.

O músculo esquelético pode ser estimado usando imagens de ultrassom com diferentes protocolos, incluindo o uso de um ou mais sítios anatômicos¹⁸. Os principais métodos de referência de medição para quantificar a atrofia são a medição da espessura muscular do quadríceps femoral (EMQ), que é a espessura combinada dos músculos reto femoral e vasto intermédio. A EMQ foi quantificada usando calibradores na tela e considerada a distância entre a margem superior do osso femoral e o limite inferior da fáscia profunda do reto femoral (figura 1a). E o segundo método envolve a área da secção transversal do reto femoral (AST), onde a profundidade do escaneamento é quantificada e definida pelo fêmur para guiar a orientação. A área da secção transversal do reto femoral é calculada por uma técnica planimétrica (usada em ultrassonografia) após a linha ecogênica interna do reto femoral ser delineada por um cursor móvel em uma imagem congelada⁴⁸. (figura 1b)

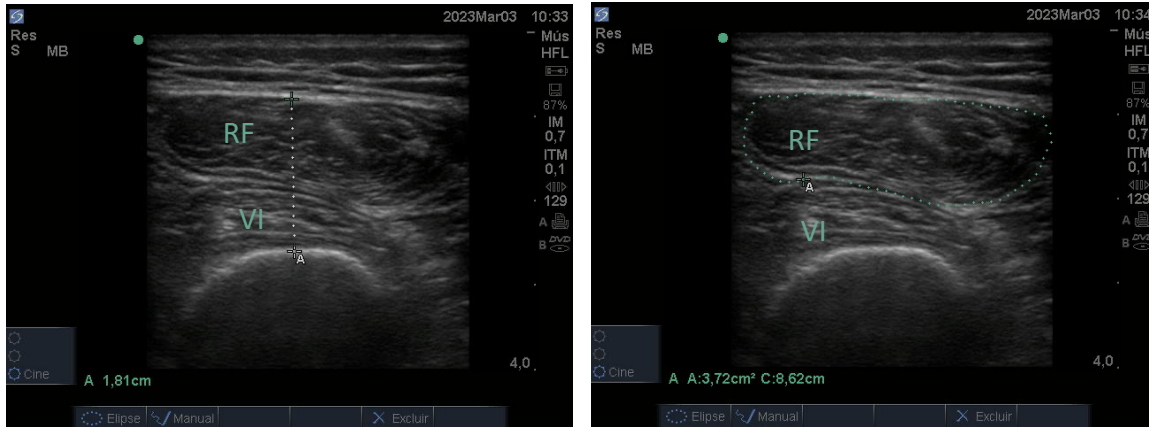


Figura 1a) Espessura do quadríceps femoral (EMQ). RF: reto femoral; VI: vasto intermédio. 1b) Área da secção transversal do reto femoral (AST). RF: reto femoral; VI: vasto intermédio.

Ambas as técnicas são eficazes na identificação de perda muscular em pacientes hospitalizados, mas a AST foi melhor na identificação de medidas de força muscular⁶⁴.

Entretanto, essa técnica é mais difícil de ser realizada em pacientes obesos visto que a secção do reto femoral pode ser maior do que a imagem obtida pelo transdutor linear (frequência: 7-13MHz).

Existem também preocupações quanto ao uso do USG que devem ser consideradas: a influência da retenção de líquidos, a falta de pontos de corte definidos e a ausência de critérios para determinar se a avaliação do acompanhamento muscular é adequada quando há má qualidade de imagem, bem como quando não é possível visualizar e definir a borda da fáscia muscular.

Pesquisas futuras terão como objetivo abordar essas e outras questões, por exemplo: medir pacientes gravemente edematosos com protocolos de compressão máxima do transdutor do ultrassom como uma alternativa a ser explorada.

2.4.5 Densitometria

Desenvolvida com objetivo inicial para medir a densidade mineral óssea, a densitometria por dupla emissão de raios X (DXA) tornou-se reconhecida por sua capacidade de medir com precisão a composição corporal total⁶⁵. DXA é a técnica padrão-ouro na análise da composição corporal em nível molecular, fornecendo quantificação de gordura e massa muscular e avaliação do conteúdo mineral ósseo, tanto em uma única região do corpo ou o

corpo inteiro⁶⁶. Os atuais densitômetros de última geração permitem a avaliação da composição corporal com uma única varredura de corpo inteiro (o que significa baixa exposição à radiação e menor tempo de exame)⁶⁷.

Devido à vantagem da DXA em termos de precisão, simplicidade, disponibilidade e baixa exposição à radiação, seu papel no diagnóstico da sarcopenia está se tornando cada vez mais importante, emergindo como uma técnica de referência na avaliação da massa muscular⁶⁶.

O DXA é baseado no princípio físico da medição da transmissão de raios X no corpo humano, atravessando os tecidos em diferentes níveis de energia. A radiação energética é variavelmente atenuada (absorvida ou espalhada) por estruturas anatômicas, dependendo da intensidade da energia e da densidade e espessura do tecido humano.

A atenuação de um feixe de raios X diminui com o aumento da energia do fóton. Tecidos de baixa densidade (por exemplo, tecidos moles) permitem que mais fótons passem; portanto, atenuam menos o feixe de raios X do que os tecidos de maior densidade, como o ósseo⁶⁶. DXA estima o valor R, que é o coeficiente de atenuação da relação em dois níveis de energia diferentes. O valor de R das partes moles varia de acordo com a composição das partes moles do paciente (quanto menores os valores de R, maior o percentual de gordura), embora seja constante para osso e gordura. A DXA fornece três medidas de composição corporal (massa de gordura, massa muscular e conteúdo mineral corporal), entretanto ele não mede diretamente os três componentes⁶⁸.

A principal desvantagem da DXA é que o equipamento não é portátil, o que pode inviabilizar seu uso em estudos epidemiológicos de grande escala ou em alguns cenários clínicos, como os pacientes críticos. Além disso, a espessura corporal, o estado de hidratação e as doenças com retenção hídrica (por exemplo, insuficiências: cardíaca, renal ou hepática) podem afetar os resultados da DXA⁴⁸.

DXA subestima a massa de gordura do tronco e da coxa e superestima a massa muscular da coxa em pessoas obesas, esse viés é aumentado quanto mais pesado for o paciente. DXA também superestima a massa muscular em pacientes com acúmulo de líquido extracelular por causa de sua incapacidade de distinguir água de tecido magro sem osso.⁴⁸

Além disso, o DXA é incapaz de medir o tecido adiposo intramuscular, o que interfere na estimativa da qualidade muscular⁴⁸.

2.4.6 Biomarcadores

Biomarcadores podem ser úteis como ferramentas no diagnóstico, no prognóstico, na tomada de decisão clínica e na estratificação de risco nutricional. Os biomarcadores também podem prever a magnitude, a cinética e a heterogeneidade das respostas metabólicas ao suporte nutricional, abordando assim questões cruciais sobre dose, tempo e substratos de nutrientes usados durante a terapia nutricional⁶⁹.

Na UTI, diversos processos biológicos podem explicar por que os pacientes respondem de maneira diferente às intervenções nutricionais (ou seja, heterogeneidade metabólica). A necessidade de melhor definição do risco nutricional e a heterogeneidade metabólica, bem como avaliar as respostas às intervenções nutricionais, leva ao desenvolvimento de várias ferramentas na área. Uma vez que a disfunção orgânica é o principal preditor de desfechos clínicos em pacientes críticos, o foco está na importância em biomarcadores que refletem respostas metabólicas à nutrição⁶⁹.

Biomarcadores podem ser usados para identificar pacientes com alto risco de desfecho clínico adverso se as necessidades nutricionais não forem atendidas (ou seja, prognóstico) ou aqueles que preveem respostas benéficas ao suporte nutricional (ou seja, preditivo).

As citocinas inflamatórias, como a interleucina-6 (IL-6), inclusive utilizada no cálculo do NUTRIC score, estão relacionadas à comorbidade e à gravidade da doença e, portanto, podem ser usadas para enriquecer amostras de estudo para aqueles pacientes com maior probabilidade de sobreviver se suas estimativas calóricas ou as necessidades de proteína forem contempladas. Níveis plasmáticos elevados de IL-6 foram associados ao benefício de intervenções nutricionais na UTI⁴¹, mas seu uso prospectivo como uma ferramenta de monitoramento ou estratificação não foi totalmente explorado. Esses estudos emergentes sugerem que a medição seriada de marcadores inflamatórios ao longo do tempo pode ser útil para determinar o momento das intervenções nutricionais e identificar os pacientes que se beneficiarão⁶⁹.

Em ambientes fora da UTI, o “balanço proteico”, conforme avaliado pela infusão de isótopos estáveis, foi um indicador fisiológico da resposta metabólica à nutrição ou outras intervenções anabólicas (por exemplo, terapia com insulina)⁷⁰. Embora esse método seja

robusto, sua complexidade o torna caro e impraticável como biomarcador clínico na prática clínica.

O balanço nitrogenado estima a diferença líquida entre a síntese e a quebra de proteínas. O balanço nitrogenado tem sido usado para estabelecer os requisitos dietéticos de proteína em indivíduos saudáveis, mas apresenta desempenho ruim em pacientes críticos⁷¹.

Outros marcadores putativos do estado nutricional, disponibilidade de substrato e metabolismo incluem albumina, pré-albumina, proteína de ligação ao retinol, transtirretina e transferrina^{72; 73}. Seus níveis, no entanto, não são alterados de forma aguda por intervenções nutricionais, nem predizem resultados clínicos de forma confiável.

Uma revisão recente sobre nutrição em UTI identificou a necessidade de estudos com avaliações pré-planejadas de mediadores inflamatórios como potenciais biomarcadores de intervenções nutricionais⁷⁴. Em virtude do controle da inflamação estar associado à regeneração tecidual e visto que pacientes com inflamação sistêmica grave podem apresentar uma síndrome de resposta anti-inflamatória compensatória (CARS), essa está associada à paralisia imune e à redução da sobrevida⁷⁵.

Em resumo, os biomarcadores são difíceis de implementar amplamente na prática clínica ou falham em refletir completamente os mecanismos biológicos que preveem a suscetibilidade ou respostas fisiológicas às intervenções nutricionais⁷⁶. Além disso, marcadores unidimensionais (por exemplo, IL-6, pró-calcitonina) falharam em conferir classificação prognóstica em estudos clínicos randomizados avaliando outras patologias relacionadas à UTI, como sepse ou SDRA (Síndrome do desconforto respiratório agudo)⁶⁹.

Assim, a restrição de nutrientes e a inflamação sistêmica podem induzir respostas epigenéticas levando a alterações sustentadas no metabolismo que não podem ser imediatamente superadas pelo suporte nutricional. O perfil detalhado dessas alterações nos pacientes ao longo do tempo forneceria informações importantes sobre a variedade e a heterogeneidade das respostas à disponibilidade de nutrientes, bem como o momento ideal para iniciar ou suspender a terapia nutricional. Fatores sensíveis ao tempo incluem resistência anabólica, diversidade de microbioma, disfunção de órgãos e respostas endócrinas ao estresse⁷⁷

3. JUSTIFICATIVA

Considerando que a avaliação nutricional e a terapia nutricional estão diretamente associadas ao prognóstico do paciente crítico^{11;21}, é fundamental a busca de uma ferramenta para avaliação nutricional confiável, custo-efetiva e factível em pacientes críticos.

4. OBJETIVOS

Comparar a espessura do quadríceps femoral obtida por meio de ultrassonografia *point of care* e tomografia computadorizada em pacientes críticos vítimas de trauma crânioencefálico.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Desenho do estudo

Estudo prospectivo, de validação do uso da USG para mensuração da EMQ de pacientes críticos vítimas de trauma cranioencefálico. A pesquisa foi realizada em uma UTI de um hospital universitário terciário. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP-USP.

Foram coletados dados antropométricos, clínicos e nutricionais: altura, peso, índice de massa corpórea (IMC), escore de gravidade de lesões (ISS)⁷⁸, escores prognósticos SAPS-3^{79; 80}, APACHE II⁸¹, NUTRIC escore⁴¹, NRS 2002³⁸ e o gasto energético basal (GEB), por meio de fórmula de bolso com necessidades de calorias estimadas em 20 kcal/kg de peso ideal e proteínas de 1,5g/kg de peso ideal.

O peso foi medido em maca balança, marca *Stryker*®, para aferir a estatura foi utilizada fita métrica corporal padrão e as medidas foram realizadas no momento da admissão do paciente na UTI. Para a classificação do estado antropométrico dos pacientes, foram adotados os pontos de corte da Organização Mundial da Saúde: IMC <18,5kg/m² (baixo peso); IMC >18,5 até 24,9kg/m² (eutrofia); IMC ≥25 até 29,9kg/m² (sobrepeso); e IMC >30,0kg/m² (obesidade)⁸².

Diariamente a ingestão calórica e proteica foram registradas até o sétimo dia da internação, e o percentual de ingestão de dieta foi então calculado pela relação entre a quantidade realmente ingerida pelas necessidades nutricionais diárias, previamente calculadas.

Os dados clínicos obtidos na admissão e acompanhamento na UTI incluíram diagnóstico de admissão, uso de drogas vasoativas, sedação, terapia renal substitutiva, número de dias em ventilação mecânica, tempo de permanência na UTI, tempo de permanência hospitalar, mortalidade na UTI e hospitalar. Essas informações foram extraídas de prontuários. O balanço hídrico foi coletado diariamente durante todo o período do estudo por meio dos registros no prontuário eletrônico. Adicionalmente, foi analisada a variação do saldo desde a admissão na UTI até o sétimo dia de observação do estudo. Usamos o balanço hídrico de um dia de medição até o dia anterior à próxima medição.

O equilíbrio hídrico foi avaliado durante a permanência na UTI, pois o estado hídrico pode interferir na avaliação da massa muscular. A entrada de líquidos incluiu fluidos intravenosos, nutrição parenteral total, nutrição enteral, hemocomponentes e medicamentos endovenosos. A saída de líquidos incluiu: urina, perda de sangue, débito de drenos, débitos de outras cavidades do corpo e resíduo gástrico. Foram excluídas outras perdas hídricas, como transpiração e exalação respiratória, não sendo calculada as perdas insensíveis.

A USG foi realizada com o aparelho da marca Sono Site® M-Turbo, com transdutor linear (frequência: 7-13MHz) para a obtenção de imagens de alta resolução de estruturas superficiais¹, em corte transversal, em modo bidimensional, com o transdutor orientado transversalmente ao eixo longitudinal (a linha imaginária marcada antes) da coxa formando um ângulo de 90° em relação à superfície da pele, com pressão mínima sobre a pele.

As imagens de tomografia foram obtidas por tomógrafo multicanal Toshiba Aquilion®.

A mensuração foi realizada com o paciente em posição supina com a perna estendida e relaxada, no terço inferior entre a espinha ilíaca anterossuperior (EIAS) e a borda proximal da patela, onde é visualizado o quadríceps femoral, grupamento muscular localizado na coxa, formado por quatro músculos: vasto medial, intermédio, lateral e o reto femoral¹⁶. A espessura da camada do músculo quadríceps, incluindo os músculos reto femoral e vasto intermédio, foi medida da fáscia superficial do reto femoral até a parte superior do fêmur.

As medidas foram obtidas no momento da admissão do paciente no hospital, preferencialmente ainda na sala de trauma, com até 24 horas do trauma. Segunda aferição de 24 a 96 horas da admissão, preferencialmente na UTI e terceira aferição 72 a 168 horas da admissão obrigatoriamente na UTI. Todas as medidas da USG foram realizadas simultaneamente à TC do quadríceps, com intervalo máximo de seis horas entre uma técnica e outra.

As medidas foram obtidas por dois operadores, médicos intensivistas, treinados no uso da USG à beira leito. De acordo com Tillquist e colaboradores²¹ a padronização das medidas do USG tem excelente confiabilidade entre treinador e treinando quando aplicada em voluntários saudáveis. Outro estudo de Toledo e colaboradores encontrou correlação excelente, com relação interobservador ($R^2 > 0,90$)⁶¹.

Em nosso estudo, realizamos um piloto com 21 pacientes e encontramos também

elevada correlação entre os 2 examinadores ($R^2 = 0,99$, conforme figura 2a e boa concordância, conforme gráfico de *Bland & Altman*, na figura 2b).

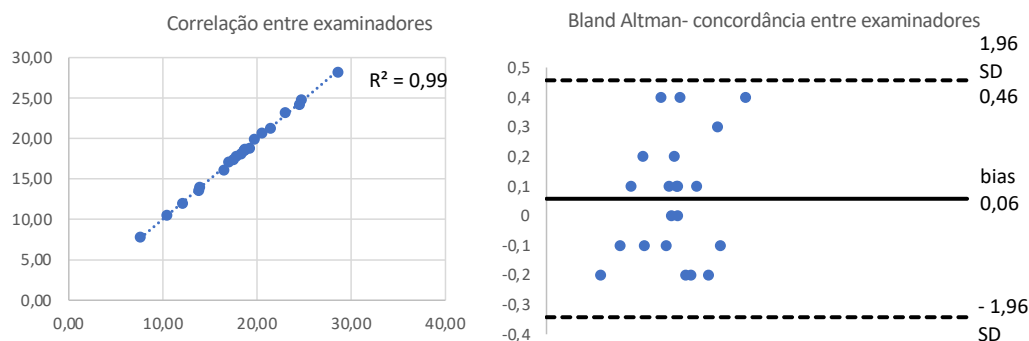


Figura 2a) Correlação de *Pearson* entre os examinadores; 2b) *Bland & Altman* – concordância entre os examinadores

Quantidades generosas de gel de contato, aproximadamente 20ml, foram usadas para compressão mínima, porque a força de compressão da sonda afeta a precisão da medição⁸³.

Os examinadores foram cuidadosos durante a manipulação dos pacientes para que todas as mensurações não acarretassem maiores riscos para os mesmos, com exceção do incômodo gerado pelo exame. Para garantir que as aferições fossem feitas no mesmo ponto, o membro estudado foi marcado com uma caneta, o local foi coberto com filme plástico e inserido um eletrodo de monitorização cardíaca para marcação radiopaca como guia para os cortes tomográficos, conforme figura 3.

Os exames de controle tomográfico da coxa foram realizados apenas na região estudada por meio da marcação realizada, com eletrodo para ECG descartável (marca DBI Medical®, modelo Radio Trace RT630 – Adulto) para diminuição da dose de radiação aos pacientes, custos, tempo do exame e para garantir que toda medição seja realizada no mesmo local. Todos os pacientes seguiram o desenho de estudo apontado na figura 4.



Figura 3- Marcação da coxa para aquisição das imagens

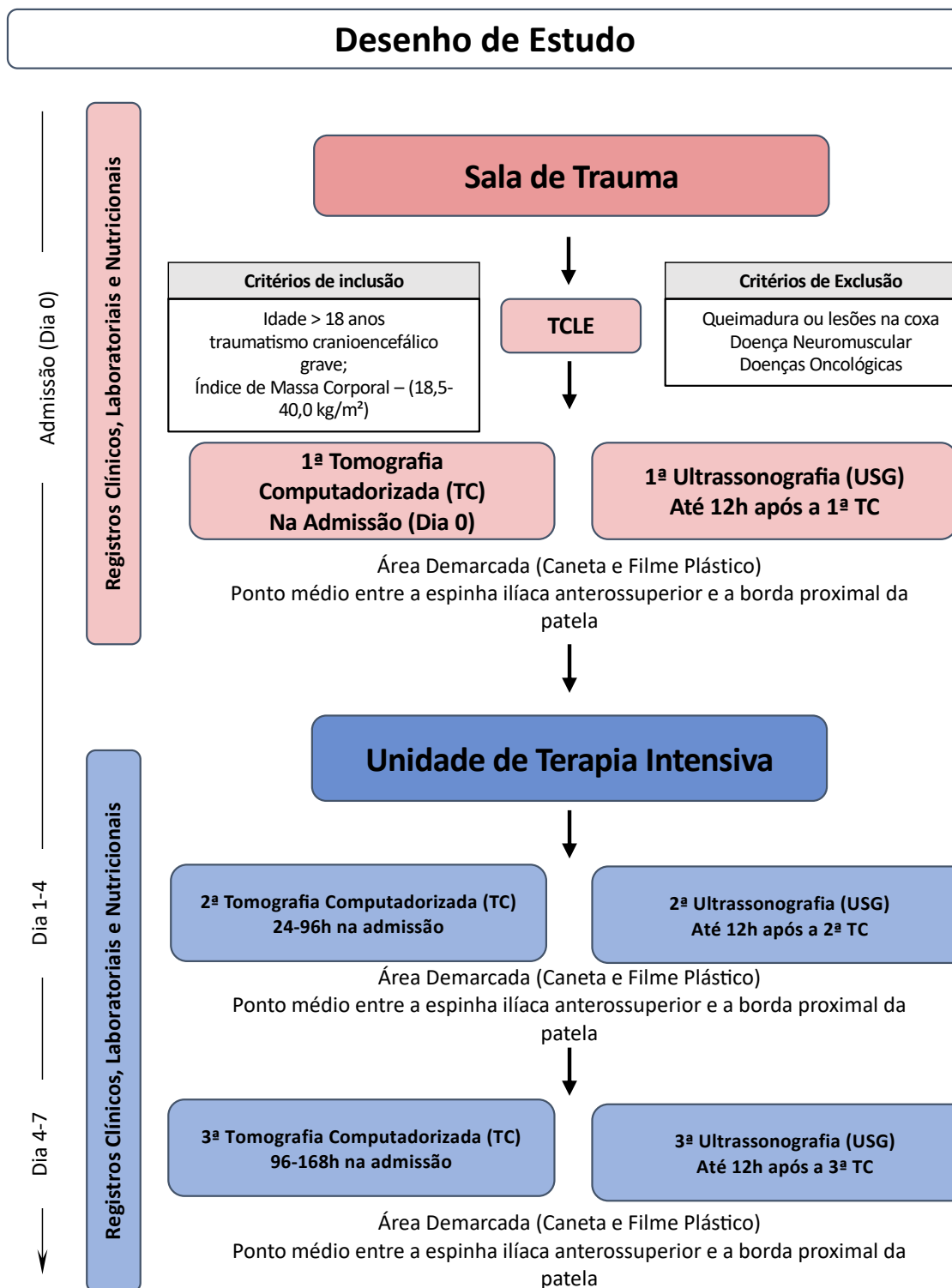


Figura 4 - Desenho do estudo

5.2 Participantes do estudo

Foram incluídos pacientes com mais de 18 anos, internados na UTI vítimas de TCE, no período de 19 de novembro de 2020 a 21 de agosto de 2022.

Durante o período estudado, foram admitidos na sala de trauma 4338 pacientes, 1135 tiveram diagnóstico de TCE e desses tivemos 214 casos de TCE grave.

A coorte foi feita com 50 pacientes vítimas de TCE grave, por abranger uma população heterogênea, minimizando o viés por comorbidades prévias e por ser uma patologia que necessita de exames tomográficos seriados, justificando a necessidade de transporte do paciente crítico para realização de exame tomográfico controle.

Durante a obtenção de exames de tomografia de crânio foi aproveitado a presença do paciente na sala de exames e realizado exame de TC do quadríceps para avaliação da EMQ e comparado com USG. O protocolo seguiu os passos da figura 5.

Protocolo do estudo

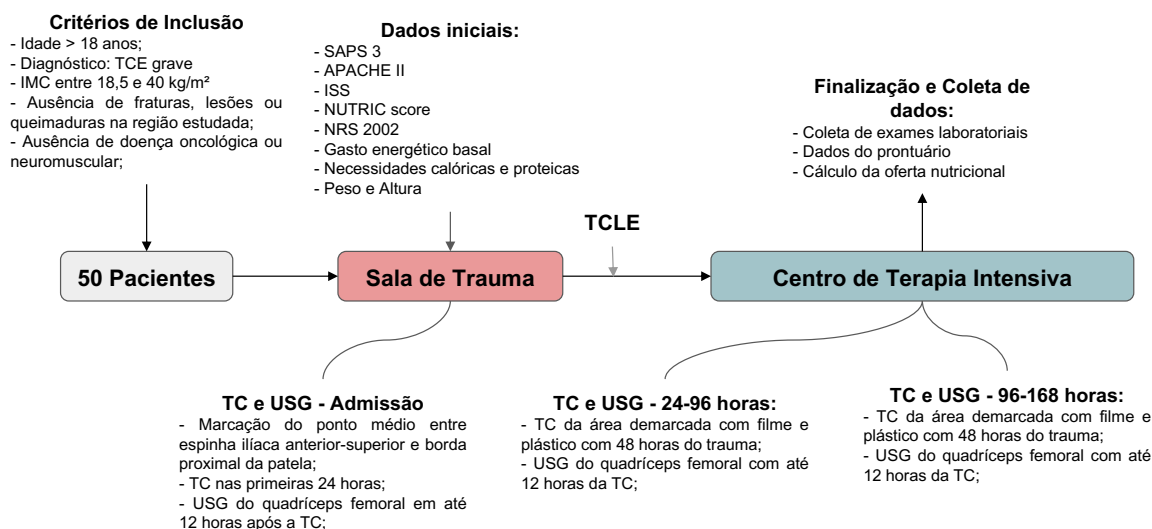


Figura 5 - Protocolo do estudo

A cada TC de crânio controle por critério de conveniência foi feito cortes de segmentos do terço inferior da coxa, nos seguintes tempos: até 24 horas da admissão, 24 a 96 horas da admissão e 96 a 168 horas da admissão, foram realizados controles com USG e essas aferições comparadas para possível validação do método.

Foram excluídos os pacientes com extremos de IMC ($\leq 18.5 \text{ kg/m}^2$ ou $\geq 40 \text{ kg/m}^2$), com fraturas, lesões ou queimaduras na região a ser estudada, pacientes com doenças neuromusculares, gestantes, câncer metastático, em cuidados de fim de vida e sob custódia do estado.

Os responsáveis legais pelos pacientes que preencheram os critérios de inclusão e não apresentassem os critérios de exclusão foram convidados a assinar Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram testados quanto à normalidade com utilização do teste de *Shapiro-Wilk* ($\alpha = 0,05$). Os dados foram descritos por mediana devido ao padrão de distribuição não paramétrico. Todos os testes estatísticos foram bicaudais, e a taxa de erro tipo 1 escolhida foi $p < 0,05$. Para variáveis contínuas, foi utilizado o teste de *Mann-Whitney*, já que as variáveis não seguiam distribuição normal. A espessura foi expressa em mediana, mínimo e máximo. Para comparação dos valores de espessura do quadríceps femoral foi aplicado o teste de *Mann-Whitney* para amostras não pareadas. Foi realizado correlação de *Pearson* e o teste de *Bland & Altman* para avaliar a correlação e concordância entre os métodos, respectivamente. Foi utilizado o software *Stata SE*® versão 14.0 (*StataCorp. 2015. Stata Statistical Software: Release 14. College Station, TX: StataCorp LP*).

7 CONTROLE DOS DADOS

Os dados foram inseridos em um banco de dados eletrônico online (Redcap®) e posteriormente analisados através do programa estatístico *Microsoft Excel®* e *Statistical Product and Service Solutions (SPSS) V.26* (SPSS Inc.®; Chicago IL, USA). As imagens foram coletadas diretamente do aparelho de USG e TC e foram armazenadas para garantir a confiabilidade.

Todos os participantes receberam uma identificação numérica do próprio estudo. Os dados pessoais ficarão armazenados no sistema digital do hospital, protegido por senha para garantir a confidencialidade.

Quaisquer modificações ou eventos adversos relacionados ao protocolo foram comunicados ao REBEC (<https://ensaiosclinicos.gov.br>) e ao Comitê de Ética em Pesquisa e Unidade de Pesquisa Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto pelo pesquisador responsável.

Todos os investigadores principais têm acesso ao conjunto de dados do ensaio final.

8 RESULTADOS

Foram elegíveis 50 pacientes para o estudo, de acordo com o fluxograma na figura 6, sendo que um evoluiu a óbito antes da obtenção das imagens.

Analizamos 252 imagens em 49 pacientes. Sendo que 49 participaram do estudo no tempo 1 de obtenção das imagens, 40 pacientes no tempo 2 e 37 no tempo 3.

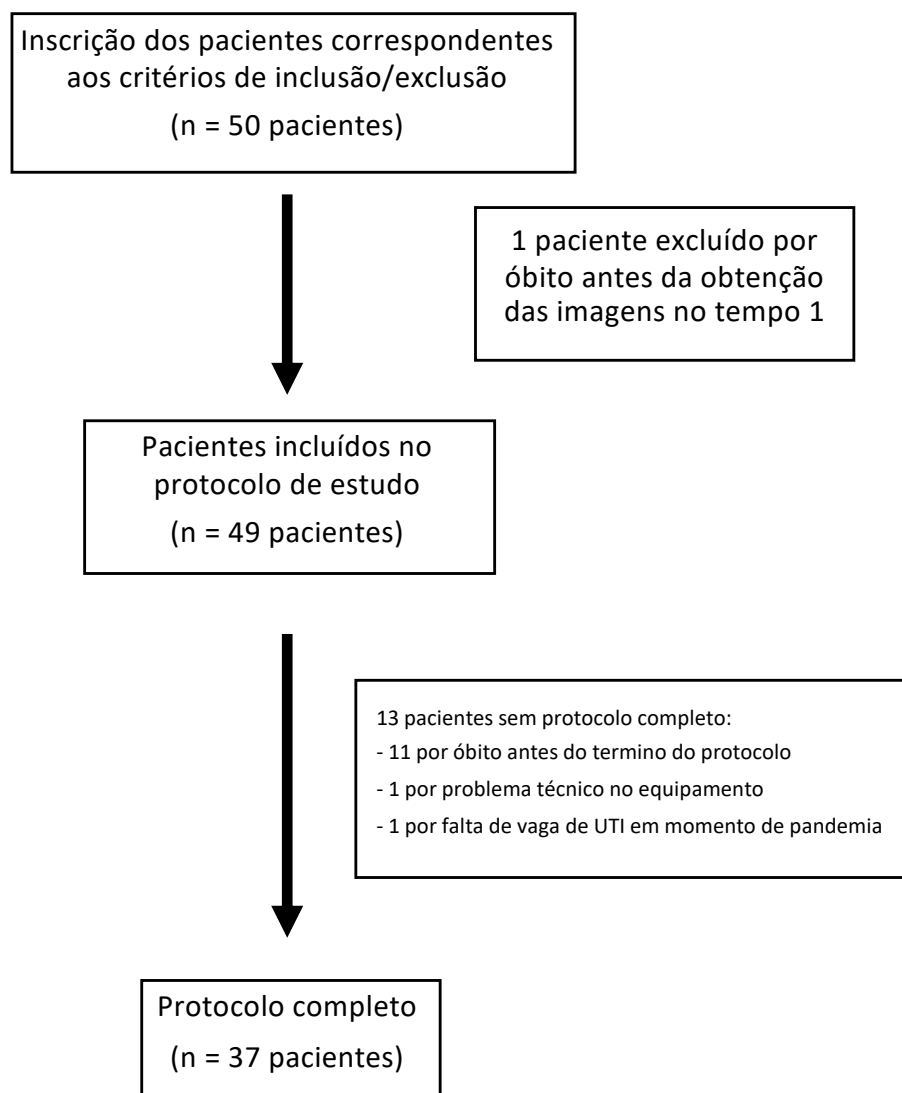


Figura 6 - Inclusão dos pacientes

O mecanismo do trauma dos pacientes estão sumarizadas na figura 7.

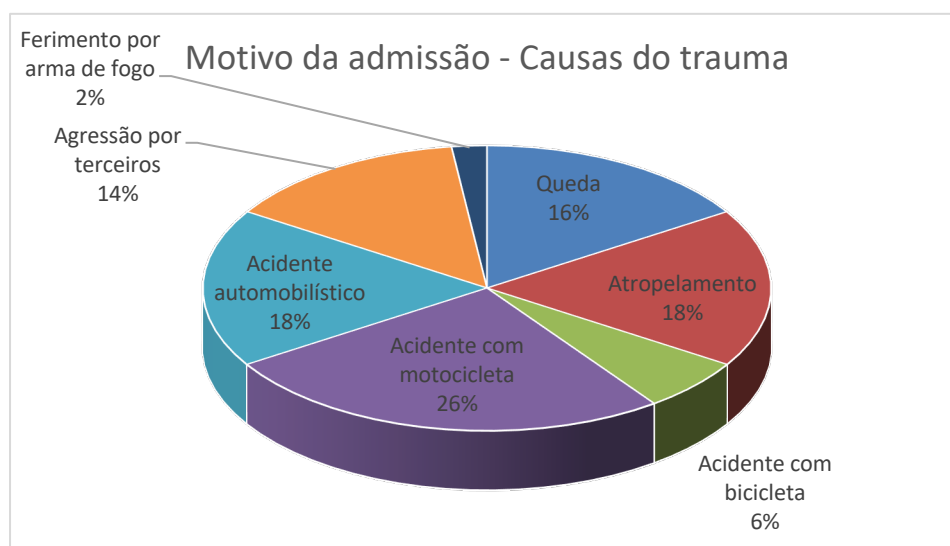


Figura 7 - Motivo da admissão dos pacientes vítimas de traumatismo cranioencefálico.

A Tabela 1 mostra as características da população estudada.

Tabela 1- Características demográficas da população.

Variáveis	Observação (n = 50)
Idade (mediana; min. e máx.)	37,5; 19-79
Masculino (%)	94 %
Índice de massa corporal (mediana; min. e máx. kg/m ²)	27,25; 18,3-44,1
NRS score (mediana; min. e máx.)	3; 3-6
NUTRIC score (mediana; min. e máx.)	3; 1-7
SAPS3 score (mediana; min. e máx.)	58; 34-79
SAPS3 RO – probabilidade de óbito (mediana; min. e máx.%)	31,5; 3,1-72,2%
SOFA (mediana; min. e máx.)	7; 0-18
Tempo de permanência na UTI (mediana; min. e máx.)	14; 2-42

Tempo de permanência hospitalar (mediana; min. e máx.)	21; 0-63
Balanço hídrico acumulado em 7 dias (mediana; min. e máx.)	823,1; -6732,9-8797
Taxa de mortalidade hospitalar (%)	28%

Índice de massa corporal [IMC = peso(kg)/altura²(m)]; NRS score: *Nutritional Risk Screening*; NUTRIC score: *Nutrition Risk in the Critically Ill*; SAPS3 RO: *Simplified Acute Pysiology Score Risco de Óbito*; SOFA: *Sequential Organ Failure Assessment*.

A gravidade dos pacientes pelo escore de SOFA, o grau de disfunção renal, os aportes proteicos e calóricos, bem como o uso de vasopressores e antimicrobianos foram avaliados diariamente, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de SOFA, creatinina, aportes calóricos e proteicos e uso de antimicrobianos e drogas vasoativas são apresentados diariamente.

	D1(n=50)	D2(n=45)	D3(n=44)	D4(n=44)	D5(n=44)	D6(n=43)	D7(n=43)
SOFA (mediana; min-máx)	6; 0-15	9; 3-14	9; 2-16	8; 0-15	7; 0-16	5; 0-18	6; 0-16
Creatinina (mediana; min-máx)	1,08; 0,46-1,96	1,1; 0,7-2,82	0,93; 0,51-4,79	0,88; 0,36-3,86	0,88; 0,3-4,68	0,86; 0,37-5,12	0,84; 0,27-4,72
Uso de antibióticos	48%	80%	88%	93%	93%	100%	100%
Uso de droga vasoativa	38%	70%	66%	56%	42%	34%	30%
Proteína recebida (mediana; min-máx)	0; 0-7,3	0; 0-30,19	2,3; 0-55,5	17,8; 0-70,8	21,75; 0-86	21,8; 0-93,4	29,7; 0-119,6
% Proteína recebida (mediana; min-máx)	0; 0-7,7%	0; 0-32,1%	2,31; 0-53,7%	14,52; 0-68,5%	22,37; 0-88,89%	20,15; 0-96,5%	27,14; 0-97,6%
Caloria recebida (mediana; min-máx)	0; 0-198	0; 0-817	92; 0-1500	478; 0-1914	585; 0-2160	585; 0-2226	772; 0-2400
% Caloria recebida (mediana; min-máx)	0; 0-15,7%	0; 0-56,7%	5,79 - 0-87,11%	29,17; 0-111,1%	44,95 - 0-144,97%	39,72; 0-162,24%	54,32; 0-176,11%

SOFA: *Sequential Organ Failure Assessment*.

Os desfechos obtidos dos pacientes durante internação estão sumarizados na figura 8.

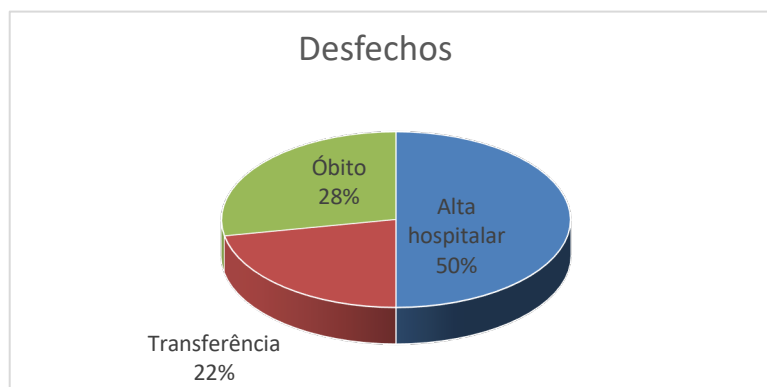


Figura 8 - Desfechos clínicos

Em nosso estudo, o padrão de referência da avaliação da massa muscular foi a tomografia computadorizada, por ser considerada uma ferramenta de avaliação precisa da massa muscular e o padrão ouro de aferição¹⁵.

A avaliação da EMQ entre ultrassom e TC foi altamente correlacionada nos 3 tempos de aferição. O coeficiente de correlação de *Pearson* foi utilizado para investigar as relações entre as variáveis medidas.

Os coeficientes obtidos foram: $r = 0,95$, $p < 0,01$ no tempo 1, (figura 9a), $r = 0,91$, $p < 0,01$ no tempo 2 (figura 9b), $r = 0,87$, $p < 0,01$ no tempo 3 (figura 9c).

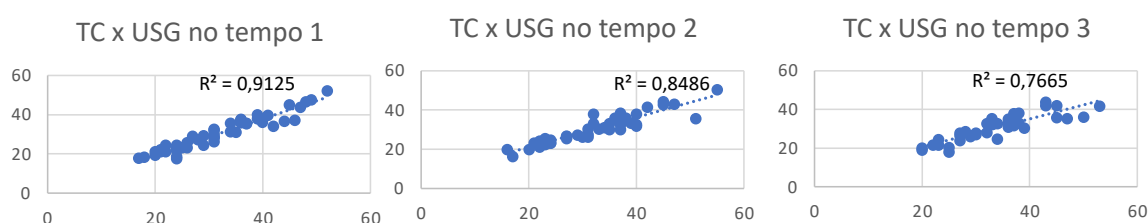


Figura 9a) Correlação no tempo 1; 9b) Correlação no tempo 2; 9c) Correlação no tempo 3

A mediana das aferições foi também concordante em todas as medidas aferidas nos 3 tempos, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Mediana das aferições (mm)

Tempo de obtenção das imagens	USG (mediana)	TC (mediana)	p valor
Tempo 1 (0 – 24h)	30	31	0,0002
Tempo 2 (24 – 96h)	30,15	32	0,0021
Tempo 3 (72 – 168h)	31,7	34	0,00002

Embora obtivemos excelente índice de correlação tal correlação positiva não refletiu perfeita concordância entre os valores alcançados pelos dois diferentes métodos. Muitos autores utilizam correlações para comparar variáveis obtidas por meio de dois métodos distintos. No presente caso, o emprego de uma correlação é uma análise incompleta. Ao invés disso, é necessário empregar também um método que avalie a concordância entre os métodos.

Para resolver essa questão, optou-se também por utilizar o método de *Bland & Altman* para avaliar se havia concordância.

Quando utilizado o teste de *Bland & Altman*, observamos no tempo 1 uma média das diferenças de 1,52 mm. A mediana foi de 31 mm para tomografia e 30 mm no USG, com $p = 0,0002$. No tempo 2 a média das diferenças foi de 1,92 mm. A mediana foi de 32 mm para tomografia e 30,15 mm no USG, com $p = 0,0021$. No tempo 3 a média das diferenças foi de 3 mm. A mediana foi de 34 mm para tomografia e 31,7 mm no USG, com $p = 0,00002$. Conforme apresentado na Figura 10.

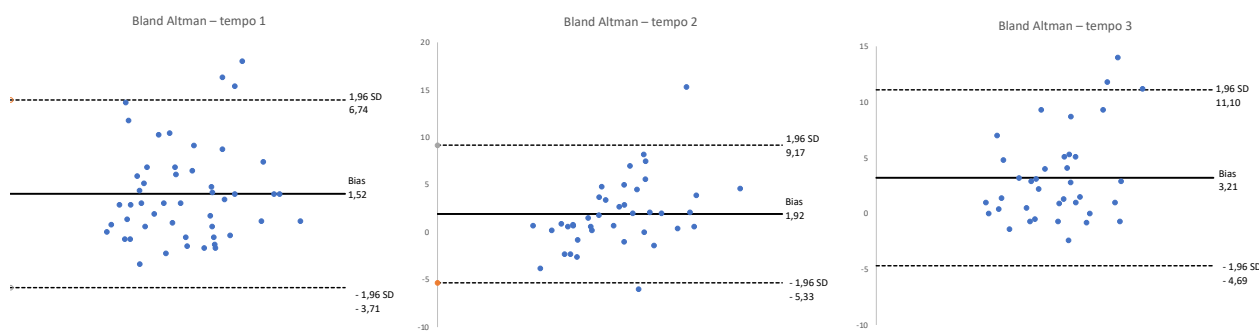


Figura 10a) Concordância no tempo 1; 10b) Concordância no tempo 2; 10c) Concordância no tempo 3.

Observamos uma tendência à queda da massa muscular nos pacientes estudados com o decorrer da internação, conforme mostrado na figura 11 pela média das medidas entre os métodos. Entretanto, notamos que não ocorreu diminuição da massa muscular na totalidade dos pacientes, alguns apresentaram aumento da EMQ, e a Tabela 4 mostra essa variação percentual discriminada pelo método.

Campbell encontrou achados semelhantes a estes, nos músculos de pacientes edematosos em cortes histológicos foi observada infiltração de líquidos e gorduras que se entremeiam nas fibras musculares, ficando retidas no corpo do músculo, com isso aumentando a espessura muscular¹⁶.

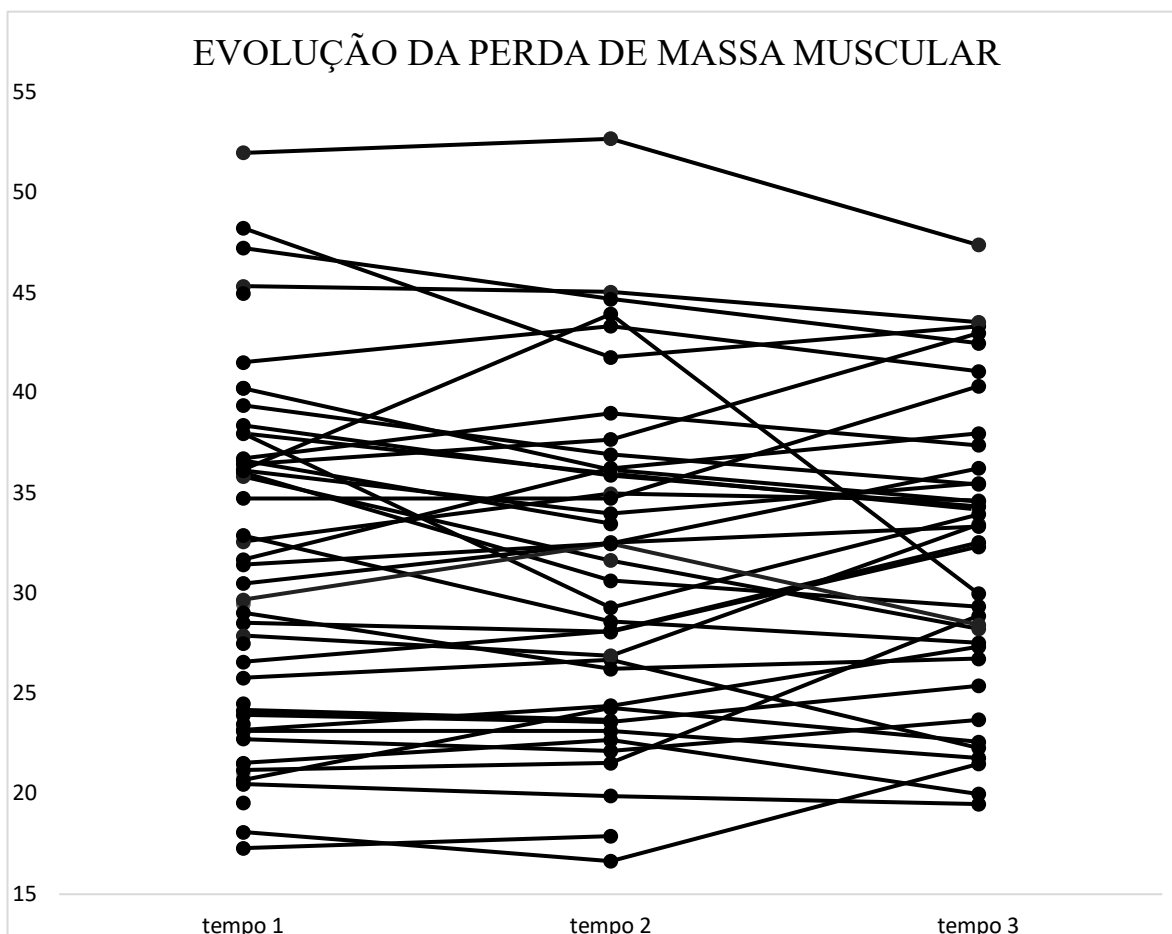


Figura 11 – Evolução da perda de massa muscular (medidas de massa muscular pela média entre os dois métodos aferidos).

Tabela 4 - Variação percentual de massa muscular nos diferentes tempos de aferição, por TC e USG respectivamente.

	VARIAÇÃO D2/D1 TC	VARIAÇÃO D3/D2 TC	VARIAÇÃO D3/D1 TC	VARIAÇÃO D2/D1 USG	VARIAÇÃO D3/D2 USG	VARIAÇÃO D3/D1 USG
1						
2	-6%	10%	3%	4%	20%	25%
3	-13%	10%	-4%	8%	5%	13%
4	-6%	22%	15%	22%	-20%	-3%
5	9%	13%	23%	2%	12%	14%
6	9%	22%	32%	-8%	10%	1%
7	22%	-29%	-14%	21%	-35%	-21%
8	-14%	2%	-12%	-12%	5%	-8%
9	4%	-15%	-12%	3%	-18%	-16%
10	-11%	-8%	-18%	-8%	-1%	-9%

11	6%	-4%	2%	-3%	-17%	-20%
15	-16%	10%	-8%	-14%	-18%	-30%
16	11%	-8%	2%	-4%	-1%	-5%
17	3%	10%	14%	9%	22%	33%
18	0%	33%	33%	-7%	15%	7%
19	-10%	-8%	-18%	0%	-2%	-2%
20	3%	-8%	-5%	-16%	0%	-16%
21	10%	0%	10%	4%	5%	9%
22	11%	-8%	3%	1%	-1%	1%
25	0%	-4%	-4%	-1%	-2%	-4%
26	-11%	-6%	-17%	-15%	0%	-15%
27	-6%	-4%	-10%	-5%	-5%	-10%
28	3%			-20%		
30	-26%	16%	-14%	-19%	16%	-6%
31	-8%	0%	-8%	9%	-11%	-3%
32	-8%	-15%	-22%	-15%	-6%	-20%
33	-4%	9%	4%	47%	-21%	16%
34	0%	0%	0%	-6%	-4%	-10%
36	-3%	3%	0%	-9%	6%	-4%
38	-6%			13%		
40	-3%	0%	-3%	-10%	-8%	-17%
41	5%	-13%	-9%	6%	-11%	-5%
42	-6%	47%	39%	-10%	10%	-1%
43	-8%	36%	25%	15%	32%	51%
44	0%			-4%		
45	3%	35%	39%	4%	-6%	-2%
46	13%	-14%	-3%	6%	-10%	-5%
47	-7%	0%	-7%	-12%	4%	-9%
48	29%	-5%	23%	0%	17%	17%
49	-4%	13%	8%	1%	3%	4%
50	3%	16%	19%	3%	8%	11%

TC: tomografia computadorizada; USG: ultrassonografia

De acordo com a figura 12, o estado nutricional da população estudada, observou-se que 82% da população estudada apresentava risco nutricional baixo pelo NUTRIC escore, (pontuação de 0-4) e 18% dos pacientes possuíam alta pontuação (5 – 9), como apontado na figura 12. A população de maior risco nutricional apresentou os piores resultados clínicos (maior mortalidade e maior necessidade de ventilação / tempo de ventilação / tempo de UTI),

66% de mortalidade, enquanto que o grupo de menor risco obteve 28% de mortalidade. Dessa forma, conforme já descrito em literatura, o grupo de maior risco nutricional pode se beneficiar de uma terapia nutricional mais agressiva, de acordo com o risco nutricional prévio²³.

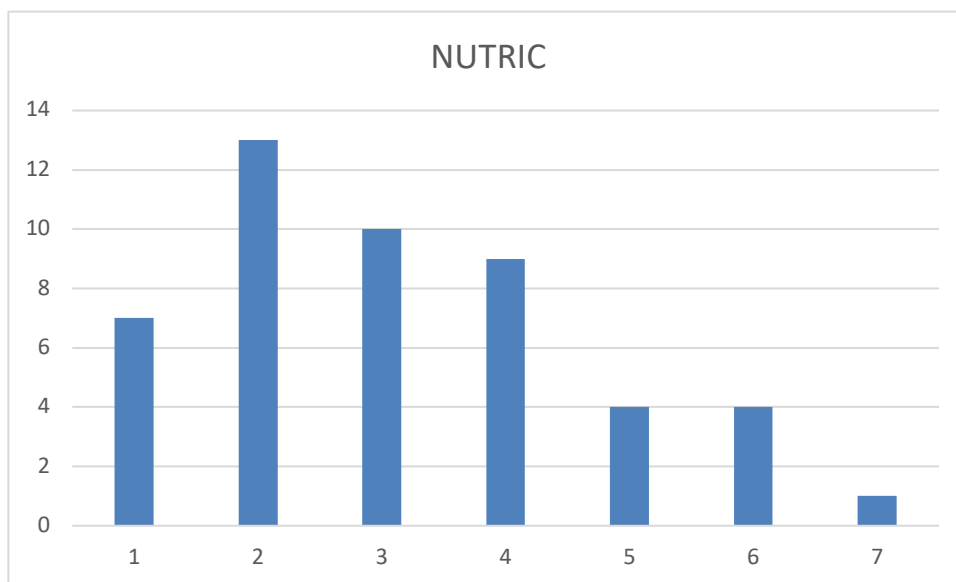


Figura 12 – NUTRIC score da população estudada

Com relação ao aporte calórico dos pacientes a média de calorias ingeridas nos primeiros 7 dias foi de apenas 13,4% do gasto energético basal calculado pela fórmula de bolso com mediana de 15%.

Sendo que nos pacientes não sobreviventes a média de ingesta foi ainda menor, de 10,6% das calorias estimadas pelo GEB.

9 DISCUSSÃO

Neste estudo, propomos a realização de um estudo de validação do ultrassom com o padrão ouro (TC) para avaliação da espessura do músculo quadríceps de pacientes críticos vítimas de trauma cranioencefálico.

O reconhecimento da baixa musculatura na admissão na UTI é importante para a intervenção nutricional e reabilitação. A baixa musculatura na admissão na UTI apresenta maior risco de mortalidade e incapacidade física⁸⁴. Medidas como nutrição enteral e mobilização precoces podem ser benéficas em alguns pacientes críticos^{85; 86}.

Nossos achados, mostram que as medidas entre os dois métodos avaliados, a tomografia e ultrassonografia, encontramos uma média de diferenças entre as medidas muito pequena, irrelevante para a prática clínica, que foram de 1,52 mm, 1,92 mm e 3mm, respectivamente. Portanto, obtivemos excelente correlação e boa concordância dos valores, extrapolando os dados para a prática clínica.

Estudos anteriores investigaram a espessura do músculo quadríceps e mostraram que sua espessura está correlacionada com a massa muscular do tronco medida por TC^{11; 87}.

A espessura da camada do músculo quadríceps de 2,0 cm pode ser definida na admissão na UTI como valor de corte para baixa musculatura na admissão da UTI⁸⁸.

A diminuição da espessura muscular em pacientes em ventilação mecânica mostrou que a perda de EMQ foi associada à mortalidade em 60 dias⁸⁹.

Estudos também sugerem que pacientes com pouca musculatura provavelmente têm baixa espessura do diafragma^{88; 90}.

A espessura do diafragma difere entre os pacientes críticos. Sklar e colaboradores relataram que uma espessura do diafragma menor que 2,3 mm está associada a ventilação mecânica prolongada e aumento da mortalidade⁹⁰. Assim, a prevenção da atrofia do diafragma é uma questão importante em tais pacientes. A atrofia do diafragma pode ser prevenida com estratégias apropriadas como: terapia nutricional adequada, menor tempo de suporte ventilatório e redução de fatores pró-inflamatórios⁹¹.

Um estudo publicado⁹² que utilizou a ultrassonografia para reconhecer a perda de massa muscular em pacientes com sepse na UTI encontrou associação significativa entre perda muscular, infecção e disfunção orgânica. Além disso, pacientes com maior perda de

massa muscular apresentaram mais complicações no pós-alta da UTI e maior taxa de mortalidade. Identificou-se que as perdas mais significativas de massa muscular ocorreram nos primeiros dias de internação e os cuidados preventivos nesta perda muscular devem ser realizados o quanto antes. Assim, os autores recomendam o uso da ultrassonografia como ferramenta na predição do prognóstico em pacientes com sepse na UTI.

Outro estudo observacional⁹³, que teve como objetivo avaliar o papel da ultrassonografia muscular na análise do estado nutricional em 29 pacientes internados na UTI, também identificou uma maior perda de massa muscular na primeira semana de internação, tendo associação direta com o estado nutricional do paciente.

Outro estudo que avaliou a espessura do músculo quadríceps por USG revelou que ao longo da primeira semana de doença crítica a redução da espessura está associada a 5% mais chances de mortalidade em 60 dias⁸⁹.

Embora alguns estudos^{64,94} utilizando a USG tenham mostrado resultados decepcionantes, nenhum deles foi realizado estritamente em pacientes críticos em ventilação mecânica.

O IMC apesar de ser um parâmetro comumente utilizado para triagem do estado nutricional, ele não indica a quantidade de perda muscular nesses pacientes^{95, 96}. Em contraste, a USG é uma ferramenta de medida valiosa e prática, que pode ser promissora para ajudar a orientar o suporte metabólico que permite que as alterações morfológicas dos músculos sejam avaliadas em pacientes críticos⁹⁷.

Também é importante observar o quão segura e viável a ferramenta é. Em pacientes com trauma grave, o uso da USG de quadríceps foi fácil de realizar e confiável mesmo nas mãos de operadores menos experientes⁹⁸. Assim, a USG acaba ganhando espaço por sua facilidade de uso e custos mais baixos.

Existem vantagens e limitações entre os métodos de medição. TC e RM podem ser mais precisas na avaliação da massa muscular, no entanto, pacientes críticos precisam ser transferidos para a sala de exames o que imputa alguns riscos para utilizar esses métodos.

Em contraste, a avaliação da espessura muscular por meio de ultrassonografia pode ser usada de forma não invasiva à beira leito, com rápido treinamento dos profissionais para seu uso e com excelente correlação interobservadores. E a realização mesmo nas primeiras 24 horas após a admissão hospitalar, no pronto-socorro é segura e viável em pacientes

críticos. As imagens de ultrassom foram adquiridas no presente estudo em menos de 10 minutos para cada paciente, corroborando com estudos prévios em terapia intensiva¹⁰.

Assim, nosso estudo aponta para a possibilidade do uso da USG em pacientes críticos com perda muscular, não só por reconhecer pacientes com componente nutricional mais frágil, mas também por diferenciar os pacientes mais graves que estão sob maior risco de evolução desfavorável nas UTIs e assim, propor abordagens precoces que poderiam ser aplicadas para otimizar o tratamento.

A avaliação da EMQ por USG é uma ferramenta emergente no manejo de pacientes críticos, sendo uma extensão do exame físico, assim como outras abordagens do USG em contexto *point of care*, traz um olhar diferenciado no manejo da terapia nutricional, por meio de intervenções precoces, que podem prevenir a sarcopenia e desnutrição.

O presente estudo apresenta limitações tais como a caracterização da população de estudo com relação à idade e sexo, gravidade do trauma, balanço hídrico e comorbidades associadas, que podem afetar tanto a espessura muscular quanto os desfechos clínicos.

Além disso, trata-se de um estudo realizado em um único centro e apenas em população de pacientes acometidos por TCE, o que certamente traz limitações no perfil de pacientes e variações loco regionais.

Os achados do presente estudo evidenciam que a maioria dos pacientes apresentou decréscimo da massa muscular, mas isso não foi uma constante já que o edema intramuscular é um dos fatores contribuintes, principalmente pela limitação de não termos utilizado protocolo de compressão muscular máxima para reduzir o viés do edema. Variações da espessura dos membros inferiores são comumente relacionadas a edema subcutâneo, porém edema muscular também pode ocorrer.

O edema é motivo de preocupação para a avaliação da massa muscular por ultrassonografia. O edema intramuscular pode dificultar a avaliação da massa muscular⁹⁹, o que pode justificar nossos achados de que em alguns casos tivemos incremento da massa muscular.

Recomenda-se a condução de outros protocolos de validação comparando o ultrassom com técnicas de referência, principalmente em pacientes críticos com áreas edematosas, nos quais podem ocorrer perda de massa muscular sem alterações na EMQ, onde o teor de água pode afetar as medidas. Pesquisas futuras são necessárias para abordar

essas questões; por exemplo, estudar pacientes gravemente edematosos com protocolos de compressão máxima de ultrassom pode ser uma alternativa a ser explorada.

10 CONCLUSÃO

Os achados do presente estudo sugerem que a avaliação da EMQ pelo USG é comparável à TC em pacientes acometidos por TCE, pela excelente correlação e boa concordância com o padrão ouro para avaliação da musculatura em pacientes críticos. Todavia, recomenda-se a realização de estudos clínicos que possam corroborar esses achados, em outra coorte de pacientes críticos e com distintos protocolos de aplicação.

11 REFERÊNCIAS

- 1 BOKSHAN, S. L. et al. Inpatient costs and blood transfusion rates of sarcopenic patients following thoracolumbar spine surgery. **J Neurosurg Spine**, v. 27, n. 6, p. 676-680, Dec 2017. ISSN 1547-5646. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28984514> >.
- 2 GALINDO MARTÍN, C. A.; MONARES ZEPEDA, E.; LESCAS MÉNDEZ, O. A. Bedside Ultrasound Measurement of Rectus Femoris: A Tutorial for the Nutrition Support Clinician. **J Nutr Metab**, v. 2017, p. 2767232, 2017. ISSN 2090-0724. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28386479> >.
- 3 ANNETTA, M. G. et al. Ultrasound assessment of rectus femoris and anterior tibialis muscles in young trauma patients. **Ann Intensive Care**, v. 7, n. 1, p. 104, Oct 2017. ISSN 2110-5820. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28986861> >.
- 4 FISCHER, A. et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? The Catastim 2 randomized controlled trial. **Crit Care**, v. 20, p. 30, Jan 2016. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26825278> >.
- 5 HIROSE, T. et al. The effect of electrical muscle stimulation on the prevention of disuse muscle atrophy in patients with consciousness disturbance in the intensive care unit. **J Crit Care**, v. 28, n. 4, p. 536.e1-7, Aug 2013. ISSN 1557-8615. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23561945> >.
- 6 MOISEY, L. L. et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. **Crit Care**, v. 17, n. 5, p. R206, Sep 2013. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24050662> >.
- 7 PARIS, M. T. et al. Validation of Bedside Ultrasound of Muscle Layer Thickness of the Quadriceps in the Critically Ill Patient (VALIDUM Study). **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 41, n. 2, p. 171-180, 02 2017. ISSN 1941-2444. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26962061> >.

- 8 NEDERGAARD, H. K. et al. Non-sedation versus sedation with a daily wake-up trial in critically ill patients receiving mechanical ventilation--effects on physical function: study protocol for a randomized controlled trial: a substudy of the NONSEDA trial. **Trials**, v. 16, p. 310, Jul 2015. ISSN 1745-6215. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26201718> >.
- 9 EVANS, D. C. et al. The Use of Visceral Proteins as Nutrition Markers: An ASPEN Position Paper. **Nutr Clin Pract**, v. 36, n. 1, p. 22-28, Feb 2021. ISSN 1941-2452. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33125793> >.
- 10 PARRY, S. M. et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. **J Crit Care**, v. 30, n. 5, p. 1151.e9-14, Oct 2015. ISSN 1557-8615. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26211979> >.
- 11 PARIS, M.; MOURTZAKIS, M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**, v. 19, n. 2, p. 125-30, Mar 2016. ISSN 1473-6519. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26808266> >.
- 12 CHAPPLE, L. S. et al. Longitudinal changes in anthropometrics and impact on self-reported physical function after traumatic brain injury. **Crit Care Resusc**, v. 19, n. 1, p. 29-36, Mar 2017. ISSN 1441-2772. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28215129> >.
- 13 HAMMOND, K. et al. Validity and reliability of rectus femoris ultrasound measurements: Comparison of curved-array and linear-array transducers. **J Rehabil Res Dev**, v. 51, n. 7, p. 1155-64, 2014. ISSN 1938-1352. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25437305> >.
- 14 SARWAL, A. et al. Interobserver Reliability of Quantitative Muscle Sonographic Analysis in the Critically Ill Population. **J Ultrasound Med**, v. 34, n. 7, p. 1191-200, Jul 2015. ISSN 1550-9613. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26112621> >.
- 15 CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older

- People. **Age Ageing**, v. 39, n. 4, p. 412-23, Jul 2010. ISSN 1468-2834.
Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20392703> >.
- 16 CAMPBELL, I. T. et al. Muscle thickness, measured with ultrasound, may be an indicator of lean tissue wasting in multiple organ failure in the presence of edema. **Am J Clin Nutr**, v. 62, n. 3, p. 533-9, Sep 1995. ISSN 0002-9165.
Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7661114> >.
- 17 CHACKO, J.; BRAR, G. Bedside ultrasonography: Applications in critical care: Part I. **Indian J Crit Care Med**, v. 18, n. 5, p. 301-9, May 2014. ISSN 0972-5229. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24914259> >.
- 18 MOURTZAKIS, M.; WISCHMEYER, P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**, v. 17, n. 5, p. 389-95, Sep 2014. ISSN 1473-6519. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25023190> >.
- 19 EARTHMAN, C. P. Body Composition Tools for Assessment of Adult Malnutrition at the Bedside: A Tutorial on Research Considerations and Clinical Applications. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 39, n. 7, p. 787-822, Sep 2015. ISSN 1941-2444. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26287016> >.
- 20 MUELLER, N. 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. **Ann Surg**, v. 264, n. 6, p. 1116-1124, Dec 2016. ISSN 1528-1140. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26655919> >.
- 21 TILLQUIST, M. et al. Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 38, n. 7, p. 886-90, Sep 2014. ISSN 1941-2444. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23980134> >.
- 22 PUTHUCHEARY, Z. A. et al. Qualitative Ultrasound in Acute Critical Illness Muscle Wasting. **Crit Care Med**, v. 43, n. 8, p. 1603-11, Aug 2015. ISSN 1530-0293. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25882765> >.

- 23 SINGER, P. et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. **Clin Nutr**, v. 38, n. 1, p. 48-79, Feb 2019. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30348463> >.
- 24 MARCHETTI, J. et al. High nutritional risk is associated with unfavorable outcomes in patients admitted to an intensive care unit. **Rev Bras Ter Intensiva**, v. 31, n. 3, p. 326-332, 2019. ISSN 1982-4335. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31618351> >.
- 25 CUTHBERTSON, D. P.; ANGELES VALERO ZANUY, M. A.; LEÓN SANZ, M. L. Post-shock metabolic response. 1942. **Nutr Hosp**, v. 16, n. 5, p. 176-82; discussion 175-6, 2001. ISSN 0212-1611. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708288> >.
- 26 MARIK, P. E.; BELLOMO, R. Stress hyperglycemia: an essential survival response! **Crit Care Med**, v. 41, n. 6, p. e93-4, Jun 2013. ISSN 1530-0293. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23685597> >.
- 27 LAMBELL, K. J. et al. Nutrition therapy in critical illness: a review of the literature for clinicians. **Crit Care**, v. 24, n. 1, p. 35, Feb 04 2020. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32019607> >.
- 28 WISCHMEYER, P. E. Tailoring nutrition therapy to illness and recovery. **Crit Care**, v. 21, n. Suppl 3, p. 316, Dec 28 2017. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29297385> >.
- 29 GROUP, T. I. O. B. O. T. A. A. N. Z. I. C. S. C. T. Study protocol for the Augmented versus Routine Approach to Giving Energy Trial (TARGET). **Crit Care Resusc**, v. 20, n. 1, p. 6-14, Mar 2018. ISSN 1441-2772. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29458316> >.
- 30 RICE, T. W. et al. Initial trophic vs full enteral feeding in patients with acute lung injury: the EDEN randomized trial. **JAMA**, v. 307, n. 8, p. 795-803, Feb 22 2012. ISSN 1538-3598. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22307571> >.
- 31 CASAER, M. P. et al. Early versus late parenteral nutrition in critically ill adults. **N Engl J Med**, v. 365, n. 6, p. 506-17, Aug 11 2011. ISSN 1533-4406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21714640> >.

- 32 ALLINGSTRUP, M. J. et al. Early goal-directed nutrition versus standard of care in adult intensive care patients: the single-centre, randomised, outcome assessor-blinded EAT-ICU trial. **Intensive Care Med**, v. 43, n. 11, p. 1637-1647, Nov 2017. ISSN 1432-1238. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28936712>>.
- 33 SCHUETZ, P. et al. Individualised nutritional support in medical inpatients at nutritional risk: a randomised clinical trial. **Lancet**, v. 393, n. 10188, p. 2312-2321, Jun 08 2019. ISSN 1474-547X. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31030981>>.
- 34 WHITE, J. V. et al. Consensus statement of the Academy of Nutrition and Dietetics/American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: characteristics recommended for the identification and documentation of adult malnutrition (undernutrition). **J Acad Nutr Diet**, v. 112, n. 5, p. 730-8, May 2012. ISSN 2212-2672. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22709779>>.
- 35 TATUCU-BABET, O. A.; RIDLEY, E. J.; TIERNEY, A. C. Prevalence of Underprescription or Overprescription of Energy Needs in Critically Ill Mechanically Ventilated Adults as Determined by Indirect Calorimetry: A Systematic Literature Review. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 40, n. 2, p. 212-25, Feb 2016. ISSN 1941-2444. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25605706>>.
- 36 MCCLAVE, S. A. et al. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 40, n. 2, p. 159-211, Feb 2016. ISSN 1941-2444. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26773077>>.
- 37 ANTHONY, P. S. Nutrition screening tools for hospitalized patients. **Nutr Clin Pract**, v. 23, n. 4, p. 373-82, 2008. ISSN 0884-5336. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18682588>>.
- 38 KONDRUP, J. et al. Nutritional risk screening (NRS 2002): a new method based on an analysis of controlled clinical trials. **Clin Nutr**, v. 22, n. 3, p. 321-36, Jun 2003. ISSN 0261-5614. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12765673>>.

- 39 SANSON, G. et al. Prediction of early- and long-term mortality in adult patients acutely admitted to internal medicine: NRS-2002 and beyond. **Clin Nutr**, v. 39, n. 4, p. 1092-1100, Apr 2020. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31047715> >.
- 40 HERSBERGER, L. et al. Nutritional risk screening (NRS 2002) is a strong and modifiable predictor risk score for short-term and long-term clinical outcomes: secondary analysis of a prospective randomised trial. **Clin Nutr**, v. 39, n. 9, p. 2720-2729, Sep 2020. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31882232> >.
- 41 HEYLAND, D. K. et al. Identifying critically ill patients who benefit the most from nutrition therapy: the development and initial validation of a novel risk assessment tool. **Crit Care**, v. 15, n. 6, p. R268, 2011. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22085763> >.
- 42 RAHMAN, A. et al. Identifying critically-ill patients who will benefit most from nutritional therapy: Further validation of the "modified NUTRIC" nutritional risk assessment tool. **Clin Nutr**, v. 35, n. 1, p. 158-162, Feb 2016. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25698099> >.
- 43 MENDES, R. et al. Nutritional risk assessment and cultural validation of the modified NUTRIC score in critically ill patients-A multicenter prospective cohort study. **J Crit Care**, v. 37, p. 249, Feb 2017. ISSN 1557-8615. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27938907> >.
- 44 MUKHOPADHYAY, A. et al. Association of modified NUTRIC score with 28-day mortality in critically ill patients. **Clin Nutr**, v. 36, n. 4, p. 1143-1148, Aug 2017. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27582120> >.
- 45 THIBAUT, R. et al. Fat-free mass at admission predicts 28-day mortality in intensive care unit patients: the international prospective observational study Phase Angle Project. **Intensive Care Med**, v. 42, n. 9, p. 1445-53, Sep 2016. ISSN 1432-1238. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27515162> >.
- 46 STAPEL, S. N. et al. Bioelectrical impedance analysis-derived phase angle at admission as a predictor of 90-day mortality in intensive care patients. **Eur J**

- Clin Nutr**, v. 72, n. 7, p. 1019-1025, Jul 2018. ISSN 1476-5640. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29748659> >.
- 47 KYLE, U. G. et al. Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. **Clin Nutr**, v. 31, n. 6, p. 875-81, Dec 2012. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22560739> >.
- 48 CENICCOLA, G. D. et al. Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. **Nutrition**, v. 62, p. 25-31, Jun 2019. ISSN 1873-1244. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30826596> >.
- 49 KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. **Clin Nutr**, v. 23, n. 5, p. 1226-43, Oct 2004. ISSN 0261-5614. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15380917> >.
- 50 LOOIJAAARD, W. G. P. M. et al. Identifying critically ill patients with low muscle mass: Agreement between bioelectrical impedance analysis and computed tomography. **Clin Nutr**, v. 39, n. 6, p. 1809-1817, Jun 2020. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31492456> >.
- 51 BOSAEUS, I. et al. Skeletal muscle mass in hospitalized elderly patients: comparison of measurements by single-frequency BIA and DXA. **Clin Nutr**, v. 33, n. 3, p. 426-31, Jun 2014. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23827183> >.
- 52 TEWARI, N. et al. A comparison of three methods to assess body composition. **Nutrition**, v. 47, p. 1-5, Mar 2018. ISSN 1873-1244. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29429527> >.
- 53 HAVERKORT, E. B. et al. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in surgical and oncological patients: a systematic review. **Eur J Clin Nutr**, v. 69, n. 1, p. 3-13, Jan 2015. ISSN 1476-5640. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25271012> >.
- 54 MOON, J. R. et al. Tracking fat-free mass changes in elderly men and women using single-frequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry:

- a four-compartment model comparison. **Eur J Clin Nutr**, v. 67 Suppl 1, p. S40-6, Jan 2013. ISSN 1476-5640. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23299870> >.
- 55 YIP, C. et al. Imaging body composition in cancer patients: visceral obesity, sarcopenia and sarcopenic obesity may impact on clinical outcome. **Insights Imaging**, v. 6, n. 4, p. 489-97, Aug 2015. ISSN 1869-4101. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26070723> >.
- 56 PRADO, C. M.; BIRDSELL, L. A.; BARACOS, V. E. The emerging role of computerized tomography in assessing cancer cachexia. **Curr Opin Support Palliat Care**, v. 3, n. 4, p. 269-75, Dec 2009. ISSN 1751-4266. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19667996> >.
- 57 FOSBØL, M.; ZERAHN, B. Contemporary methods of body composition measurement. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 35, n. 2, p. 81-97, Mar 2015. ISSN 1475-097X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24735332> >.
- 58 LOOIJAARD, W. G. et al. Skeletal muscle quality as assessed by CT-derived skeletal muscle density is associated with 6-month mortality in mechanically ventilated critically ill patients. **Crit Care**, v. 20, n. 1, p. 386, Dec 01 2016. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27903267> >.
- 59 AUBREY, J. et al. Measurement of skeletal muscle radiation attenuation and basis of its biological variation. **Acta Physiol (Oxf)**, v. 210, n. 3, p. 489-97, Mar 2014. ISSN 1748-1716. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24393306> >.
- 60 TOLEDO, D. O. et al. Peripheral muscular ultrasound as outcome assessment tool in critically ill patients on mechanical ventilation: An observational cohort study. **Clin Nutr ESPEN**, v. 43, p. 408-414, Jun 2021. ISSN 2405-4577. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34024548> >.
- 61 _____. Bedside ultrasound is a practical measurement tool for assessing muscle mass. **Rev Bras Ter Intensiva**, v. 29, n. 4, p. 476-480, 2017 Oct-Dec 2017. ISSN 1982-4335. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29340537> >.

- 62 PUTHUCHEARY, Z. A. et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. **JAMA**, v. 310, n. 15, p. 1591-600, Oct 16 2013. ISSN 1538-3598. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24108501> >.
- 63 SEYMOUR, J. M. et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. **Thorax**, v. 64, n. 5, p. 418-23, May 2009. ISSN 1468-3296. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19158125> >.
- 64 PUTHUCHEARY, Z. A. et al. Rectus Femoris Cross-Sectional Area and Muscle Layer Thickness: Comparative Markers of Muscle Wasting and Weakness. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 195, n. 1, p. 136-138, 01 01 2017. ISSN 1535-4970. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28035857> >.
- 65 MARINANGELI, C. P.; KASSIS, A. N. Use of dual X-ray absorptiometry to measure body mass during short- to medium-term trials of nutrition and exercise interventions. **Nutr Rev**, v. 71, n. 6, p. 332-42, Jun 2013. ISSN 1753-4887. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23731444> >.
- 66 GUGLIELMI, G. et al. The role of DXA in sarcopenia. **Ageing Clin Exp Res**, v. 28, n. 6, p. 1047-1060, Dec 2016. ISSN 1720-8319. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27256078> >.
- 67 BAZZOCCHI, A. et al. A 360-degree overview of body composition in healthy people: relationships among anthropometry, ultrasonography, and dual-energy x-ray absorptiometry. **Nutrition**, v. 30, n. 6, p. 696-701, Jun 2014. ISSN 1873-1244. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24800668> >.
- 68 KENDLER, D. L. et al. The Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry: Indications of Use and Reporting of DXA for Body Composition. **J Clin Densitom**, v. 16, n. 4, p. 496-507, 2013. ISSN 1094-6950. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24090645> >.
- 69 STOPPE, C. et al. Biomarkers in critical care nutrition. **Crit Care**, v. 24, n. 1, p. 499, Aug 12 2020. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32787899> >.
- 70 ENGELEN, M. P. K. J. et al. New advances in stable tracer methods to assess whole-body protein and amino acid metabolism. **Curr Opin Clin Nutr Metab**

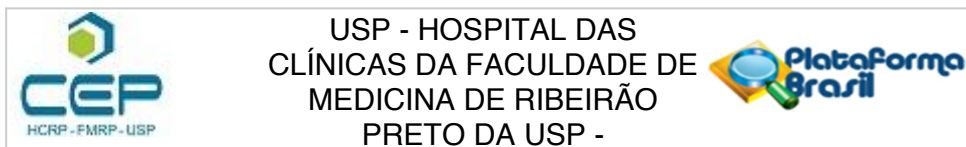
- Care**, v. 22, n. 5, p. 337-346, Sep 2019. ISSN 1473-6519. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31192825> >.
- 71 RAND, W. M.; PELLETT, P. L.; YOUNG, V. R. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. **Am J Clin Nutr**, v. 77, n. 1, p. 109-27, Jan 2003. ISSN 0002-9165. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12499330> >.
- 72 BHARADWAJ, S. et al. Malnutrition: laboratory markers vs nutritional assessment. **Gastroenterol Rep (Oxf)**, v. 4, n. 4, p. 272-280, Nov 2016. ISSN 2052-0034. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27174435> >.
- 73 PARENT, B.; SEATON, M.; O'KEEFE, G. E. Biochemical Markers of Nutrition Support in Critically Ill Trauma Victims. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 42, n. 2, p. 335-342, Feb 2018. ISSN 1941-2444. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27875279> >.
- 74 ARABI, Y. M. et al. The intensive care medicine research agenda in nutrition and metabolism. **Intensive Care Med**, v. 43, n. 9, p. 1239-1256, Sep 2017. ISSN 1432-1238. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28374096> >.
- 75 BOOMER, J. S. et al. Immunosuppression in patients who die of sepsis and multiple organ failure. **JAMA**, v. 306, n. 23, p. 2594-605, Dec 21 2011. ISSN 1538-3598. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22187279> >.
- 76 WARE, L. B. Biomarkers in Critical Illness: New Insights and Challenges for the Future. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 196, n. 8, p. 944-945, Oct 15 2017. ISSN 1535-4970. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28475361> >.
- 77 PREISER, J. C. et al. Metabolic response to the stress of critical illness. **Br J Anaesth**, v. 113, n. 6, p. 945-54, Dec 2014. ISSN 1471-6771. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24970271> >.
- 78 BAKER, S. P. et al. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. **J Trauma**, v. 14, n. 3, p.

- 187-96, Mar 1974. ISSN 0022-5282. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4814394> >.
- 79 METNITZ, P. G. et al. SAPS 3--From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 1: Objectives, methods and cohort description. **Intensive Care Med**, v. 31, n. 10, p. 1336-44, Oct 2005. ISSN 0342-4642. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16132893> >.
- 80 MORENO, R. P. et al. SAPS 3--From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. **Intensive Care Med**, v. 31, n. 10, p. 1345-55, Oct 2005. ISSN 0342-4642. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16132892> >.
- 81 KNAUS, W. A. et al. APACHE II: a severity of disease classification system. **Crit Care Med**, v. 13, n. 10, p. 818-29, Oct 1985. ISSN 0090-3493. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3928249> >.
- 82 Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. **World Health Organ Tech Rep Ser**, v. 854, p. 1-452, 1995. ISSN 0512-3054. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8594834> >.
- 83 NAKANISHI, N. et al. Rectus Femoris Mimicking Ultrasound Phantom for Muscle Mass Assessment: Design, Research, and Training Application. **J Clin Med**, v. 10, n. 12, Jun 20 2021. ISSN 2077-0383. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34202957> >.
- 84 JAITOVICH, A. et al. ICU admission body composition: skeletal muscle, bone, and fat effects on mortality and disability at hospital discharge-a prospective, cohort study. **Crit Care**, v. 24, n. 1, p. 566, 09 21 2020. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32958059> >.
- 85 LANG, J. K. et al. Clinical Practice Guidelines for Early Mobilization in the ICU: A Systematic Review. **Crit Care Med**, v. 48, n. 11, p. e1121-e1128, 11 2020. ISSN 1530-0293. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32947470> >.
- 86 REINTAM BLASER, A. et al. Early enteral nutrition in critically ill patients: ESICM clinical practice guidelines. **Intensive Care Med**, v. 43, n. 3, p. 380-

- 398, Mar 2017. ISSN 1432-1238. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28168570>>.
- 87 FETTERPLACE, K. et al. Assessment of muscle mass using ultrasound with minimal versus maximal pressure compared with computed tomography in critically ill adult patients. **Aust Crit Care**, v. 34, n. 4, p. 303-310, Jul 2021. ISSN 1036-7314. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33246863>>.
- 88 ARAI, Y. et al. Ultrasound assessment of muscle mass has potential to identify patients with low muscularity at intensive care unit admission: A retrospective study. **Clin Nutr ESPEN**, v. 45, p. 177-183, 10 2021. ISSN 2405-4577. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34620314>>.
- 89 LEE, Z. Y. et al. Association between ultrasound quadriceps muscle status with pre-morbid functional status and 60-day mortality in mechanically ventilated critically ill patient: A single-center prospective observational study. **Clin Nutr**, v. 40, n. 3, p. 1338-1347, 03 2021. ISSN 1532-1983. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32919818>>.
- 90 SKLAR, M. C. et al. Association of Low Baseline Diaphragm Muscle Mass With Prolonged Mechanical Ventilation and Mortality Among Critically Ill Adults. **JAMA Netw Open**, v. 3, n. 2, p. e1921520, 02 05 2020. ISSN 2574-3805. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32074293>>.
- 91 ZAMBON, M. et al. Mechanical Ventilation and Diaphragmatic Atrophy in Critically Ill Patients: An Ultrasound Study. **Crit Care Med**, v. 44, n. 7, p. 1347-52, Jul 2016. ISSN 1530-0293. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26992064>>.
- 92 HADDA, V. et al. Trends of loss of peripheral muscle thickness on ultrasonography and its relationship with outcomes among patients with sepsis. **J Intensive Care**, v. 6, p. 81, 2018. ISSN 2052-0492. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30564367>>.
- 93 PARDO, E. et al. Reliability of ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in critically ill patients. **BMC Anesthesiol**, v. 18, n. 1, p. 205, 12 27 2018. ISSN 1471-2253. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30591032>>.

- 94 PALAKSHAPPA, J. A. et al. Quantitative peripheral muscle ultrasound in sepsis: Muscle area superior to thickness. **J Crit Care**, v. 47, p. 324-330, 10 2018. ISSN 1557-8615. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30224027> >.
- 95 TOLEDO, D. O. et al. The use of computed tomography images as a prognostic marker in critically ill cancer patients. **Clin Nutr ESPEN**, v. 25, p. 114-120, 06 2018. ISSN 2405-4577. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29779805> >.
- 96 WEIJS, P. J. et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. **Crit Care**, v. 18, n. 2, p. R12, Jan 13 2014. ISSN 1466-609X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24410863> >.
- 97 LOOIJAARD, W. G. P. M.; MOLINGER, J.; WEIJS, P. J. M. Measuring and monitoring lean body mass in critical illness. **Curr Opin Crit Care**, v. 24, n. 4, p. 241-247, 08 2018. ISSN 1531-7072. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29847342> >.
- 98 VIEIRA, L. et al. Reliability of skeletal muscle ultrasound in critically ill trauma patients. **Rev Bras Ter Intensiva**, v. 31, n. 4, p. 464-473, 2019 Oct-Dec 2019. ISSN 1982-4335. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31967220> >.
- 99 NAKANISHI, N. et al. Monitoring of muscle mass in critically ill patients: comparison of ultrasound and two bioelectrical impedance analysis devices. **J Intensive Care**, v. 7, p. 61, 2019. ISSN 2052-0492. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31890223> >.

12 Apêndice 1 - Parecer consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Comparação da ultrassonografia com a tomografia computadorizada para medida da massa muscular esquelética em pacientes críticos

Pesquisador: LEANDRO MOREIRA PERES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 15036719.5.0000.5440

Instituição Proponente: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.475.851

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de doutorado a ser realizado junto ao DEPARTAMENTO DE CIRURGIA E ANATOMIA da FMRP-USP. Segundo os autores trata-se de um estudo inédito que irá validar o uso do ultrassom como padrão ouro (TC) para avaliação da musculatura de pacientes críticos vítimas de trauma cranioencefálico. Os resultados obtidos poderão estimular o desenvolvimento de novos campos de investigação e contribuir para a descoberta de nova abordagem para o tratamento da sarcopenia do doente crítico, com baixo custo e factível em pacientes críticos.

Objetivo da Pesquisa:

Comparar a medida da espessura do quadríceps femoral realizada por ultrassonografia com aquela realizada pela tomografia computadorizada em pacientes vítimas de trauma crânio-encefálico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os autores são descritos como riscos no corpo do projeto: "Serão tomados cuidados durante a manipulação dos pacientes para que todas as mensurações não acarretem prejuízos para os mesmos, como retirada acidental de dispositivos invasivos e mobilização excessiva, com exceção do incômodo pela realização exame. Todas as aferições serão feitas pelo mesmo examinador e no mesmo ponto, pois marcaremos o membro estudado com caneta marcadora e cobertura com filme plástico. A marcação da coxa de cada paciente ocorrerá na sala de trauma, o mais precoce possível, a depender da condição clínica do paciente e a primeira aferição será a

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3602-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Participante: _____

Prezado participante:

Você está sendo convidado para participar do estudo **“Comparação da ultrassonografia com a tomografia computadorizada para medida da massa muscular esquelética em pacientes crítico”**, e sua participação não é obrigatória.

Gostaria de explicar a você sobre um estudo que a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Se você não quiser participar, isso não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com qualquer outro setor de atendimento do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP (HCFMRPUSP), ou seja, não haverá nenhum tipo de prejuízo ou mudança no curso do tratamento. Não haverá qualquer tipo de remuneração para a participação no estudo.

O objetivo desse estudo é correlacionar a medida de músculos com diferentes exames: tomografia computadorizada e ultrassonografia, e avaliar a perda de massa muscular em pacientes internados na Unidade de Terapia Intensiva. Para isso, esse estudo pretende medir o quadríceps femoral, alguns músculos da coxa, por meio do exame de tomografia computadorizada realizado em pacientes submetidos a esse exame e comparar com novas medidas realizadas com ultrassonografia em pacientes com trauma de crânio (cabeça) que estejam internados na Unidade de Emergência, em períodos específicos durante a internação em que já serão submetidos a exame de tomografia.

O paciente não estará exposto a nenhum risco de dano decorrente do exame de ultrassonografia, não haverá nenhuma alteração na rotina de cuidados que o paciente já estará recebendo. O único risco possível é o eventual desconforto com a realização do ultrassom no leito. Os participantes desse estudo poderão contribuir com possíveis descobrimentos no diagnóstico e tratamento de pacientes que ficam internados e sofrem de perda de massa e função muscular, chamada de sarcopenia.

Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois os dados serão codificados através de números e isto assegurará a total privacidade. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal e do Comitê de Ética do HCFMRPUSP, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Eu, _____, RG: _____, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro para que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos do estudo, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade, bem como de esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto e de espontânea vontade, expresso minha concordância em participar deste estudo.

Assinatura do paciente ou responsável legal

Nome:

RG:

Colar aqui a
etiqueta do paciente

Leandro Moreira Peres
Médico (CRM/SP: 161009)
Pesquisador Responsável pelo estudo
Endereço e telefone institucional do
Pesquisador Principal:
Divisão de Medicina Intensiva,
Departamento de Cirurgia e Anatomia,
Hospital das Clínicas da FMRP-USP
Av. Bandeirantes, s/n - Bairro Monte
Alegre -Ribeirão Preto/SP (CEP
14038900)
Telefone: 16-36022439 ou 16-36022453

Ribeirão Preto (SP) _____ de _____ de 20_____