

Artigo Original

IMPACTO DA CIRURGIA DE TRANSPLANTE PULMONAR NA FUNÇÃO MUSCULAR RESPIRATÓRIA EM PACIENTES ADULTOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

IMPACT OF LUNG TRANSPLANT SURGERY ON RESPIRATORY MUSCLE FUNCTION IN ADULT PATIENTS: A NARRATIVE REVIEW

Janaina Bandeira da Silva¹, Carla Luciana Batista¹, Daniel Gonçalves dos Santos¹

RESUMO

O transplante pulmonar é a principal opção para doenças pulmonares avançadas que não respondem ao tratamento clínico. Devido à complexidade do procedimento e ao estado prévio do paciente, podem surgir complicações como estenose brônquica, hemotórax, pneumotórax e disfunção diafragmática. Identificar alterações na função muscular após o transplante é crucial para direcionar o manejo pós-operatório, desde o ajuste ventilatório até a reabilitação respiratória. Objetivos: Avaliar a função dos músculos respiratórios em pacientes submetidos ao transplante pulmonar, utilizando o ultrassom como ferramenta de monitoramento. Método: Esta revisão narrativa da literatura utilizou as bases de dados PUBMED, SCIELO e LILACS, considerando artigos publicados de janeiro de 2010 a junho de 2023. Resultados: Foram identificados 7.586 artigos; após exclusão de duplicatas, 5.376 títulos foram avaliados. Destes, 189 artigos tiveram seu texto completo analisado, resultando em oito artigos incluídos na análise final. Conclusão: O estudo destaca o ultrassom como uma ferramenta diagnóstica valiosa e segura para monitorização pós-transplante, sem exposição à radiação ionizante. A revisão evidencia não apenas sua eficácia na avaliação do diafragma, mas também sua utilidade na avaliação pulmonar geral. Uma abordagem multimodal é recomendada para o manejo pós-operatório, considerando a complexidade do transplante pulmonar.

Palavras-chave: Transplante pulmonar; músculos respiratórios; complicações pós-operatórias; disfunção diafragmática; monitorização pós-transplante.

ABSTRACT

Introduction: Lung transplantation is the main option for advanced lung diseases that do not respond to clinical treatment. Due to the complexity of the procedure and the patient's prior condition, complications such as bronchial stenosis, hemothorax, pneumothorax, and diaphragmatic dysfunction may arise. Identifying changes in muscle function after the transplant is crucial to guide postoperative management, from ventilatory adjustments to respiratory rehabilitation. Objectives: To assess the function of respiratory muscles in patients undergoing lung transplantation, using ultrasound as a monitoring tool. Method: This narrative literature review utilized the PUBMED, SCIELO, and LILACS databases, considering articles published from January 2010 to June 2023. Results: A total of 7,586 articles were identified; after removing duplicates, 5,376 titles were screened. From these, 189 articles were fully analyzed, resulting in eight articles being included in the final analysis. Conclusion: The study highlights ultrasound as a valuable and safe diagnostic tool for post-transplant monitoring, without exposure to ionizing radiation. The review demonstrates its effectiveness not only in diaphragm assessment but also in general lung evaluation. A multimodal approach is recommended for postoperative management, considering the complexity of lung transplantation.

1. Instituto de Ensino e Pesquisa Albert Einstein – MG, Brasil. End.: Rua Paraíba 550, Belo Horizonte, MG, CEP: 30380-490

E-mail correspondente:

janaina.bandeira97@gmail.com

Submetido em 11/10/2024

Aceito em 05/11/2024

DOI: 10.5281/zenodo.14577101

Keywords: Lung transplantation; Respiratory muscles; Postoperative complications; Diaphragmatic dysfunction; Respiratory rehabilitation; Post-transplant monitoring.

INTRODUÇÃO

O transplante pulmonar é uma terapia para doenças pulmonares progressivas em estágio terminal (Soetanto et al. 2022) que visa aumentar a sobrevida e melhorar a qualidade de vida dos pacientes com doenças crônicas pulmonares, através do restabelecimento das funções pulmonares e do alívio dos sintomas limitantes, permitindo um melhor desempenho de atividades de vida diárias, o retorno a atividades sociais e recreativas e uma maior sensação de bem-estar (Singer & Singer, 2013; Thabut & Mal, 2017; Singer et al. 2019). Dados epidemiológicos demonstram que de 2000 até 2017 foram realizados no Brasil 1.014 transplantes pulmonares, representando 1% do total de transplantes de órgãos sólidos no país (Soares et al. 2020).

Apesar da evolução das técnicas cirúrgicas e do manejo pós operatório, a sobrevida após o transplante pulmonar é inferior à relatada para transplantes de outros órgãos sólidos. Entretanto, na última década houve um aumento na sobrevida a curto prazo devido à melhor identificação de complicações imediatas (Kao & Parulekar, 2019).

Por ser um procedimento de alta complexidade os pacientes estão sujeitos ao desenvolvimento de complicações. Dentre as complicações pós-operatórias mais comuns, podemos destacar as que estão relacionadas ao sistema respiratório como por exemplo complicações das vias aéreas (estenose brônquica, fístulas brônquicas, etc), pleurais (hemotórax, pneumotórax e empiema) e a disfunção diafragmática (Soetanto et al. 2022).

A taxa de complicações respiratórias varia de acordo com a literatura. A incidência varia de 3% a 35%, sendo hipotetizado que algumas patologias prévias, como a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) favorecem o aparecimento de complicações no pós-operatório (Aguiar Quevedo et al. 2013; Soetanto et al. 2022; Huh et al. 2022). A disfunção diafragmática, uma das complicações mais citadas na literatura, tem sua incidência

variando de 3,2% a 8,2%, tendo sua etiologia associada a complicações intra-operatórias, condição pré-cirúrgica ou causa idiopática. Ela pode se manifestar como perda parcial de força (fraqueza) ou perda total da função (paralisia), podendo ser unilateral ou bilateral (ambos os hemidiafragmas), prolongando a recuperação no pós-operatório imediato e permanecendo presente por até 6 meses após o procedimento (Lus et al. 2020; LoMauro et al. 2020; Soetanto et al. 2022).

Uma das principais causas suspeitas da disfunção diafragmática após o transplante pulmonar é a lesão do nervo frênico durante o procedimento cirúrgico, tendo o potencial de causar lesões que variam de neuropraxia a transecção. A cirurgia torácica, incluindo o transplante pulmonar, envolve a abertura da cavidade torácica e a manipulação dos órgãos adjacentes, o que pode levar a lesões temporárias ou permanentes no diafragma (Gaussert et al. 2016; Hannan et al. 2022).

As evidências atuais sugerem que o diagnóstico precoce e um tratamento abrangente e multidisciplinar podem desempenhar um papel crucial na melhoria dos resultados clínicos. A avaliação e o diagnóstico preciso da disfunção diafragmática têm se beneficiado do avanço tecnológico e do uso de técnicas modernas de imagem, como a fluoroscopia e a ultrassonografia (Dres e Demoule, 2020; Spadaro et al. 2019; Ricoy et al. 2019).

O ultrassom diafragmático é uma ferramenta aplicável e útil para avaliar a mobilidade e espessura do diafragma, que são indicadores importantes da forma e funcionalidade desse músculo. Considera-se disfunção uma excursão diafragmática <1cm, ou uma fração de espessamento <20% (Santana et al. 2023). Diante disso, pode ser considerada uma importante ferramenta para avaliação de pacientes pós transplante (Crothers et al. 2021). Os pontos de interesse em sua aplicação incluem a avaliação de fraqueza durante a ventilação mecânica, a análise

da mobilidade do diafragma no pós-operatório de cirurgias torácicas ou abdominais, a predição do sucesso no desmame da ventilação mecânica, a estimativa do trabalho ventilatório e a identificação de lesões no nervo frênico. Essa técnica de ultrassom diafragmático oferece uma abordagem não invasiva e em tempo real para monitorar a função respiratória e proporcionar informações cruciais para a tomada de decisão clínica em pacientes críticos e com condições respiratórias diversas (Matamis et al. 2013; Zambon et al. 2017; Aljibali, 2023).

Outra forma promissora de utilização do ultrassom é para avaliação pulmonar. Por não emitir radiação ionizante, é uma alternativa segura para a avaliação, especialmente em pacientes que necessitam de monitoramento frequente. Além disso, sua capacidade de fornecer uma imagem dinâmica do tórax permite a visualização em tempo real dos movimentos respiratórios e das alterações pulmonares, o que pode ser fundamental em situações agudas. Outro benefício importante é o baixo custo associado à realização do exame, tornando-o mais acessível em comparação a outras modalidades de imagem. Além disso, sua precisão na avaliação da condição pulmonar, como identificação de congestão, derrame ou pneumotórax, contribui para uma tomada de decisão rápida e eficiente, possibilitando uma abordagem terapêutica mais adequada e oportuna. Entre os protocolos atuais, destacam-se o "blue protocol" e "escore LUS", que demonstram a crescente aplicabilidade e utilidade do ultrassom pleuro pulmonar na prática clínica (Lichtenstein & Meziere, 2008; Lichtenstein, 2014; Dexheimer et al. 2015; Sosa et al. 2021).

Estudos realizados com indivíduos pré-transplante pulmonar mostraram que tanto a força muscular periférica quanto a capacidade funcional estavam reduzidas nessa população e a principal limitação relatada para a realização das atividades era a dispnéia (Langer et al. 2012; Florian et al. 2013). Um importante contribuinte para as reduções persistentes na capacidade funcional é a disfunção muscular respiratória. Reduções na pressão inspiratória máxima (Pimáx) e pressão expiratória máxima (Pemáx) são frequentemente encontradas em pacientes listados para o transplante, e tendem a persistir no pós-operatório (Hoffman et al. 2017; Ferreira et al. 2018).

As condições pré-transplante, o processo cirúrgico e o pós-operatório somam-se como fatores de risco para desenvolvimento de complicações (Soetanto et al. 2022) e tais complicações impõem limites aos pacientes por anos após a cirurgia (Langer, 2015). Entre muitos pontos importantes, a condição muscular respiratória tem um grande impacto na recuperação pós-cirúrgica no transplante pulmonar. Diante disso, faz-se necessário entender a condição do paciente no pós-operatório e as medidas disponíveis para avaliação e mensuração de resultados nesta população, justificando a realização deste estudo.

O objetivo geral do presente estudo é reunir evidências sobre as características dos músculos respiratórios avaliados através do ultrassom em pacientes submetidos ao transplante pulmonar. Como objetivos secundários, o estudo identifica como a função pré-operatória dos músculos respiratórios avaliadas objetivamente afeta os resultados clínicos e a função ventilatória após o transplante e ainda identifica ferramentas de avaliação muscular respiratória utilizadas nesta população.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura (RNL) de natureza abrangente, cujo propósito consiste em delinear a evolução de um tema específico, enfocando-se nos aspectos teóricos e contextuais mediante uma análise crítica e interpretação da produção científica preexistente. A síntese de conhecimentos resultante, proveniente da explanação de tópicos abrangentes, revela-se propícia à identificação de lacunas de conhecimento, contribuindo para orientar futuras investigações. Além disso, a implementação da RNL pode ser conduzida de maneira sistemática, adotando-se rigor metodológico (Brum et al. 2015).

Para responder a questão norteadora "O que a literatura especializada em saúde dos últimos 13 anos traz a respeito das complicações musculares respiratórias após a cirurgia de transplante pulmonar com enfoque no uso do ultrassom como ferramenta de avaliação" foi acessada a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) nas bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific

Electronic Library Online (biblioteca SciELO) e National library of medicine (NIH - PUBMED) utilizando os Descritores em Ciências da Saúde (Decs) “Lung Transplantation”, “Diaphragm”, “ultrasonography”, “Respiratory Muscles” e o operador booleano “and” para associá-los.

Após seleção com base nos títulos, foi realizada a leitura do resumo e texto completo do artigo e através dele aplicado os critérios de inclusão e exclusão. A seleção e leitura foram realizadas por uma das autoras do presente estudo. As listas de referências dos artigos incluídos também foram exploradas com o intuito de identificar artigos relevantes não encontrados em pesquisas eletrônicas. O processo foi composto por busca, identificação, fichamento de estudos, mapeamento e análise.

Os dados coletados para a seleção dos artigos analisados neste estudo atenderam aos seguintes critérios de inclusão: tratar-se de artigo original, ter resumo completo na base de dados, cujo objeto de estudo seja de interesse desta revisão narrativa incluindo o ultrassom como

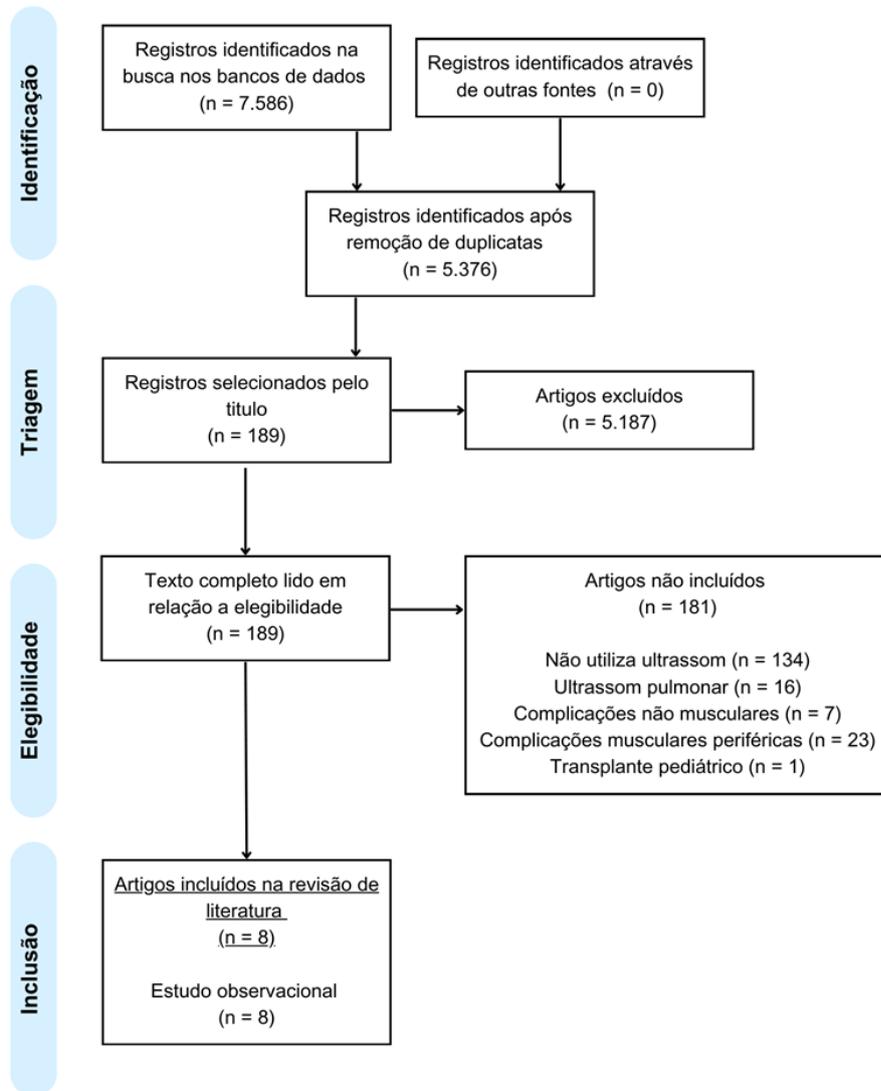
ferramenta de avaliação, publicado no período de janeiro de 2010 até novembro de 2023, participantes com idade superior a 18 anos. Já os critérios de exclusão foram: trabalhos do tipo tese, dissertação ou relato de experiência.

RESULTADOS

A figura 1 ilustra o fluxograma da pesquisa bibliográfica. Inicialmente foram encontrados 7.586 artigos para triagem. Após a exclusão de duplicatas, 5.376 tiveram seu título lido, e após a seleção por título 189 artigos tiveram seu texto lido na íntegra, e foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão. Um total de oito artigos foram incluídos na análise final.

Apresenta-se no quadro 1 a caracterização das publicações. Isso possibilita uma visão geral dos artigos selecionados para o referido estudo.

Imagem 1: fluxograma da Pesquisa Bibliográfica



Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1. Caracterização das publicações incluídas.

Autor/ano de publicação	Objetivo	Metodologia	Principais descobertas
Droneau et. al. 2019	Descrever a avaliação semiológica ultrassonográfica no pós-operatório, além de complicações respiratórias e determinar se a ultrassonografia pulmonar, pleural e diafragmática poderia ser aplicada da mesma forma em pacientes com transplante de pulmão e em pacientes não transplantados.	<p>Tipo: Estudo prospectivo, observacional e monocêntrico.</p> <p>Avaliações: US foi realizado por dois avaliadores distintos em pacientes transplantados há mais de 3 meses no período de julho/2015 a outubro/2016. Realizado avaliação pleuropulmonar e diafragmática. Coletados dados sobre doenças relacionadas ao transplante, incluindo abordagem cirúrgica e complicações pós-operatórias.</p>	<p>População: 22 pacientes</p> <p>Resultados: Os pacientes transplantados pulmonares apresentaram achados ultrassonográficos torácicos semelhantes aos da população geral. Os resultados são semelhantes aos de pacientes sem transplante em relação à distância costela-pleural, camada de tecido adiposo extrapleural, linhas pleurais e sinais de padrões de cortina. Isso nos permite considerar o uso da ultrassonografia torácica para a detecção da síndrome intersticial e anormalidades pleurais.</p>
LoMauro et. al. 2020	Implementar uma análise mecanística abrangente das propriedades fisiológicas da função do diafragma, com foco nas alterações após o transplante pulmonar bilateral utilizando uma abordagem multimodal.	<p>Tipo: Estudo observacional prospectivo</p> <p>Avaliações: realizadas em 4 momentos: pré-operatório, na alta e após 6 e 12 meses subsequentemente a cirurgia</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Geometria: radiografia ● Fraqueza: CVF e Pimáx ● Mobilidade: US ● Atividade elétrica: ENMG com estimulação do nervo frênico ● Cinemática: contribuição relativa do compartimento abdominal para o volume corrente ● Velocidade da marcha: TC6 	<p>População: 30 pacientes</p> <p>Resultados: alterações na força muscular, atividade elétrica, mobilidade diafragmática e cinemática. Redução da função diafragmática na alta e em 6 meses (neuropraxia ou axonotmese).</p> <p>Boa recuperação clínica avaliada pelo TC6 e espirometria</p>
Spiesshoefer et. al. 2020	Investigar a função pulmonar, a função muscular inspiratória e expiratória e a capacidade de exercício em pacientes pós transplante pulmonar.	<p>Tipo: Estudo de caso controle conduzido prospectivamente</p> <p>Avaliações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● TC6 ● Espirometria ● US diafragmático ● Estudo de condução do nervo frênico ● Pressão esofágica ● Medição invasiva da força muscular expiratória ● Exames de sangue (citocinas) 	<p>População: 15 pacientes e 15 controles</p> <p>Resultados: Em comparação com os controles, os pacientes apresentaram valores mais baixos de CVF, Pemax, fração de espessamento do diafragma (está relacionada ao VEF1 - que está associado a intolerância ao exercício - pode-se levantar a hipótese de que a disfunção do diafragma está especificamente relacionada à intolerância ao exercício) e pressão esofágica. A restrição pulmonar nos transplantados está relacionada à intolerância ao exercício e aos níveis elevados de TNF-α circulante. Sugere que a fraqueza expiratória pode ter origem em disfunção muscular abdominal ou intercostal.</p>

Crothers et al. 2021	Estimar a incidência de disfunção diafragmática usando ultrassom em pacientes transplantados de pulmão em até 3 meses após a cirurgia e avaliar o impacto nos resultados clínicos.	<p>Tipo: Estudo de coorte observacional prospectivo unicêntrico</p> <p>Avaliações:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizadas 4 avaliações ultrassonográficas: 1º dia, 1º semana, 1º mês e 3º mês após o transplante. Considerado disfunção diafragmática quando excursão <10mm em homens e <9mm em mulheres. Duração da VMI e tempo de permanência em UTI e hospitalar. 	<p>População: 27 receptores de transplante de pulmão</p> <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> 62% tiveram disfunção diafragmática no PO → 22% em 3 meses. Pacientes que apresentaram disfunção diafragmática no 1º dia PO eram mais jovens e com IMC menor.
Genty et al. 2022	Investigar a incidência de disfunção diafragmática e seu curso durante a internação na UTI.	<p>Tipo: Estudo observacional prospectivo</p> <p>Avaliações:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pacientes admitidos na UTI pós transplante entre janeiro/2019 a janeiro/2021 US → excursão diafragmática e fração de espessamento durante inspiração forçada no D1, D3, D7 e D14. 	<p>População: 75 pacientes</p> <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> D1: 81% tinham disfunção diafragmática → 56% da disfunção se recuperou 7 dias Fatores associados à presença de disfunção: tempo de cirurgia, transfusão intraoperatória e presença de dreno.
Huh S et al. 2022	Avaliar como a disfunção pré-operatória do diafragma afeta os resultados clínicos e a função ventilatória após o transplante.	<p>Tipo: Estudo observacional retrospectivo</p> <p>Avaliações:</p> <ul style="list-style-type: none"> Prontuários de pacientes submetidos ao transplante entre 2017-2021; US diafragmático, TIE, 3D-CT e espirometria O desfecho primário foi comparar a VM prolongada após o transplante de acordo com a disfunção diafragmática pré-operatória. 	<p>População: 102 pacientes</p> <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> 32,4% tinham disfunção pré-operatória (18 deles recuperaram a função no PO). Presença de disfunção resultou em VM prolongada, maior tempo de permanência na UTI e hospitalização, ventilação mais heterogênea e menor volume pulmonar total; Em 1 mês e 3 meses após o transplante, a CVF foi significativamente menor no grupo de disfunção diafragmática pré-operatória.
Hernández-Hernández et al. 2022	Avaliar a incidência da lesão do nervo frênico e os fatores de risco, especificamente relacionados às técnicas cirúrgicas.	<p>Tipo: Estudo observacional prospectivo unicêntrico</p> <p>Avaliações:</p> <ul style="list-style-type: none"> US do diafragma e a PNCS foram realizadas nos primeiros 21 dias de PO e a lesão foi definida quando ambos os exames estavam alterados. 	<p>População: 127 pacientes (211 enxertos pulmonares)</p> <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Após o transplante - LNF foi diagnosticada em 43,3% dos indivíduos e em 29% dos hemitórax operados. As variáveis associadas a

			<p>disfunção diafragmática foram sexo feminino, transplante bilateral, enxerto pulmonar direito, incisão em concha, aderências mediastinais, maior tempo cirúrgico, suporte extracorpóreo e transfusão sanguínea.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Idade >61 anos e maior diâmetro torácico foram fatores de proteção. • A morbidade aumentou sem qualquer diferença na mortalidade.
Boscolo et al. 2023	Identificar a ocorrência de disfunção do diafragma e seus efeitos nos resultados do desmame do ventilador em paciente pós-transplante pulmonar bilateral	<p>Tipo: estudo observacional prospectivo</p> <p>Avaliações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Triagem realizada no momento do TRE. • No quinto minuto: medida a fração de espessamento do diafragma e a eficiência neuroventilatória durante três ciclos respiratórios. • O desmame foi classificado como simples, difícil ou prolongado (extubação bem sucedida na primeira tentativa de respiração espontânea, dentro de três ou após três tentativas de respiração espontânea, respectivamente) 	<p>População: 44 indivíduos</p> <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 32% apresentaram disfunção diafragmática, todos com desmame difícil. • Tanto a fração de espessamento do diafragma quanto a eficiência neuroventilatória foram menores no desmame difícil. • A duração da VM demonstrou correlação linear inversa tanto com a fração de espessamento do diafragma quanto com a eficiência neuroventilatória.

Legenda: US: ultrassom; CVF: capacidade vital forçada; Pimáx: pressão inspiratória máxima; ENMG: eletroneuromiografia; TC6: teste de caminhada de 6 minutos; Pemáx: pressão expiratória máxima; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo; TNF- α : fator de necrose tumoral alfa; VMI: ventilação mecânica invasiva; UTI: unidade de terapia intensiva; PO: pós-operatório; IMC: índice de massa corpórea; TIE: tomografia de impedância elétrica; 3D-CT: tomografia computadorizada tridimensional; PNCS: estudo de condução do nervo frênico; LNF: lesão do nervo frênico; TRE: teste de respiração espontânea.

CARACTERIZAÇÃO PRÉ-OPERATÓRIA

O transplante pulmonar é realizado para diversas doenças pulmonares avançadas, com indicações primárias incluindo doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), doença pulmonar intersticial (DPI), fibrose cística (FC) e doença vascular pulmonar. A seleção de candidatos ao transplante de pulmão evoluiu ao longo do tempo devido aos avanços cirúrgicos e médicos, a demografia dos candidatos a transplante mudou apenas dos candidatos mais jovens e mais aptos, para adultos com idades mais avançadas e com aumento de comorbidades e limitações funcionais (Yusen et al., 2015). Esta mudança na demografia pode ter implicações importantes para as abordagens de reabilitação e expectativas

funcionais pré e pós-transplante. Além disso, os candidatos a transplante de pulmão podem apresentar descompensação clínica aguda, e diversas estratégias médicas estão sendo usadas para “conectar” os candidatos ao transplante, como o uso da ventilação mecânica e/ou suporte de vida extracorpórea. Estas tecnologias podem ter um impacto significativo no grau de descondiçãoamento que estes indivíduos experimentam antes do transplante, pois há necessidade de sedação, a mobilidade é limitada e a capacidade de participar da reabilitação ativa também é limitada, e os indivíduos podem inclusive desenvolver polineuropatia e miopatia do doente crítico (Vermeijden et al. 2009; Cypel & Keshavjee,

2011; Gottlieb et al. 2012; Fuehner et al. 2012; Dos Santos et al. 2016).

Os mecanismos de restrição do exercício antes e após o transplante são complexos e abrangem uma série de fatores. Entre esses, destacam-se as modificações na mecânica pulmonar e nas trocas gasosas, que impactam diretamente na capacidade de oxigenação e na eficiência ventilatória durante o exercício. Além disso, as limitações cardiovasculares desempenham um papel significativo, afetando a capacidade do coração de bombear sangue adequadamente para os tecidos musculares. A disfunção muscular periférica também contribui para a limitação do exercício, resultando em fraqueza e fadiga muscular, o que pode comprometer a capacidade do paciente de se engajar em atividades físicas tanto antes quanto após o transplante pulmonar. Esses diversos mecanismos interagem de maneira complexa, influenciando diretamente a capacidade funcional e a qualidade de vida dos pacientes submetidos a essa intervenção cirúrgica (Mathur, Reid & Levy, 2004; Williams & Mckenna, 2012).

Em relação a disfunções musculares, os pacientes tendem a ter uma capacidade de exercício dos braços reduzida se comparado a controles saudáveis, e sabe-se que os membros superiores desempenham um papel crucial em várias atividades essenciais e instrumentais da vida diária (Janaudis-Ferreira et al. 2012; Mendes et al. 2015). E isso se acentua quando pensamos na musculatura dos membros inferiores, pois é notável que os pacientes geralmente apresentam uma fraqueza mais significativa destes grupos musculares do que os músculos das extremidades superiores. O quadríceps é o músculo mais comumente avaliado na literatura, e os candidatos a transplante pulmonar frequentemente apresentam fraqueza nessa região, variando de 49% a 86% em relação ao esperado (Rozenberg et al. 2014). Uma diminuição imediata na força do quadríceps, de 15% a 32%, foi observada da fase pré-transplante para o momento da alta hospitalar, seguida de uma recuperação gradual para os níveis pré-transplante de três a quatro meses após a cirurgia (Mendes et al. 2015; Rozenberg et al. 2014; Kelm et al. 2016).

A sarcopenia, definida como uma síndrome caracterizada pela perda progressiva e generalizada de massa e força muscular esquelética (Cruz-Jentoft

et al. 2010) representa um fator preditor de risco aumentado para uma série de desfechos adversos em pacientes idosos, incluindo incapacidade física, diminuição da qualidade de vida e mortalidade (Goodpaster et al. 2006; Delmonico et al. 2007). Em receptores de transplante renal e hepático, a presença de sarcopenia tem sido correlacionada com uma redução na sobrevida pós-transplante (Englesbe et al. 2010; Streja et al. 2011). Além disso, em pacientes com DPOC, diversos parâmetros indicativos de sarcopenia, tais como força muscular, área transversal do músculo da coxa e massa livre de gordura, têm sido associados à mortalidade (Marquis et al. 2002; Slinde et al. 2005; Swallow et al. 2006). A atrofia muscular foi relatada em estudos sobre candidatos e receptores de transplante de pulmão usando diversas medidas, como baixa massa livre de gordura, volume muscular reduzido e área de secção transversal (Rozenberg et al. 2014; Mendes et al. 2015). Embora os mecanismos fisiopatológicos subjacentes à sarcopenia não tenham sido especificamente estudados em pacientes submetidos a transplante pulmonar, as causas presumidas da redução da massa muscular relacionada ao envelhecimento e a doenças crônicas incluem um desequilíbrio entre a síntese e a degradação proteica, resultando em atrofia muscular (Fanzani et al. 2012; Carey et al. 2014). Em pacientes com DPOC, a diminuição da massa muscular tem sido associada à hiperativação do sistema de proteassoma ubiquitina, uma das vias primárias relacionadas à perda de área de secção transversa do quadríceps e da força muscular (Plant et al. 2010; Lemire et al. 2012). Contudo, as adaptações celulares subjacentes às medidas clínicas de sarcopenia, tais como a área transversal da fibra muscular e as propriedades contráteis das fibras musculares individuais, não foram devidamente exploradas em pacientes submetidos a transplante pulmonar, diferentemente de outros tipos de transplantes de órgãos sólidos. Em receptores de transplante renal, por exemplo, observou-se uma redução significativa na área de secção transversa das fibras musculares, juntamente com alterações ultraestruturais (como menor volume miofibrilar, aumento da deposição de lipídios e mitocôndrias), sugerindo possíveis contribuições para a fraqueza muscular (Horber et al. 1986). De maneira semelhante, em pacientes submetidos a transplante cardíaco, não foram identificadas diferenças ultraestruturais nas fibras

musculares em relação aos controles, exceto pela redução na densidade capilar, o que pode contribuir para uma capacidade oxidativa muscular prejudicada (Lampert et al. 1996). Portanto, os mecanismos celulares subjacentes à sarcopenia em transplantes, especialmente em transplantes pulmonares, permanecem pouco compreendidos.

Além das complexidades relacionadas às limitações de exercício e à sarcopenia em pacientes submetidos a transplante pulmonar, é crucial reconhecer a interseção desses fatores com a fragilidade. A fragilidade emerge como um fator de risco crucial para a incapacidade, complicações perioperatórias e mortalidade em populações idosas, tanto médicas (Guralnik et al. 1995; Newman et al. 2001; Sancarolo et al. 2012) quanto cirúrgicas (Kristjansson et al. 2010; Lee et al. 2010; Makary et al. 2010). Originada no âmbito da geriatria, a fragilidade é caracterizada como uma suscetibilidade generalizada a estressores decorrentes da acumulação de déficits fisiológicos em diversos sistemas interconectados (Fried et al. 2001). Esses déficits consomem as reservas fisiológicas do corpo, resultando em um "estado de risco" para declínios desproporcionais no estado de saúde após exposição a fatores de estresse adicionais, como procedimentos cirúrgicos de grande porte. Observações na geriatria levaram ao reconhecimento mais recente da fragilidade como um preditor de maus desfechos no transplante de órgãos sólidos. Notavelmente, a fragilidade está associada ao retardo na função do enxerto e à mortalidade em receptores de transplante renal, além da mortalidade em lista de espera em candidatos a transplante de fígado (Garonzik-Wang et al. 2012; Lai et al. 2014; Mcadams-Demarco et al. 2015). Em candidatos a transplante de pulmão, houve um desempenho funcional reduzido na Short Physical Performance Battery (SPPB) e Timed Up and Go (TUG), que são algumas das medidas utilizadas comumente para avaliação da fragilidade, em comparação com controles (Rozenberg et al. 2014; Mendes et al. 2015).

Diante da complexidade das implicações do transplante pulmonar e dos desafios enfrentados pelos pacientes ao longo do processo, é evidente que uma abordagem multidisciplinar se faz necessária para otimizar os resultados clínicos e a qualidade de vida pós-transplante. A evolução na seleção de candidatos, que agora inclui uma

população mais idosa e com maior número de comorbidades, destaca a importância de estratégias de reabilitação adaptadas às necessidades individuais de cada paciente, tanto antes quanto após a cirurgia. Além disso, a compreensão dos mecanismos subjacentes à limitação do exercício e à sarcopenia em pacientes submetidos a transplante pulmonar é crucial para desenvolver intervenções preventivas e terapêuticas eficazes. A fragilidade, reconhecida como um fator de risco significativo em várias populações de pacientes, incluindo candidatos a transplante pulmonar, ressalta a importância de uma abordagem holística na avaliação e no manejo desses indivíduos. Portanto, é imperativo que futuras pesquisas continuem a explorar essas áreas, a fim de melhorar os resultados e a qualidade de vida dos pacientes submetidos a transplante pulmonar.

COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS

Spiesshoefer et al. (2020) investigaram as alterações na musculatura respiratória pós-transplante pulmonar e o impacto delas na capacidade de exercício. Foram observadas diminuições nos valores da CVF, Pimax, Pemax e PFT sugerindo um comprometimento da função pulmonar e adicionalmente a redução da Pemax sugere uma possível origem da fraqueza expiratória em disfunções musculares abdominais ou intercostais. A fração de espessamento do diafragma foi menor nos pacientes após o transplante, indicando possível disfunção diafragmática associada ao procedimento. Marcadores inflamatórios como TNF- α e IL-6 mostraram-se aumentados, refletindo um estado pró-inflamatório que pode contribuir para as complicações respiratórias e a deterioração da função muscular respiratória. Adicionalmente, houve uma redução significativa na distância percorrida no TC6 e um aumento na sensação de dispneia, conforme avaliado pela Escala de Borg, refletindo o impacto das alterações na capacidade funcional dos pacientes.

Diante das complexas alterações na musculatura respiratória após o transplante pulmonar, diversos estudos têm se dedicado a investigar especificamente a disfunção diafragmática e suas implicações clínicas. O estudo

conduzido por LoMauro et al. (2020) revelou sinais de disfunção diafragmática subclínica após o transplante pulmonar bilateral, apesar de um curso clínico geralmente estável e resultados respiratórios adequados. A análise dos dados demonstrou que a disfunção diafragmática estava presente na alta hospitalar e persistiu por pelo menos 3 a 6 meses após a cirurgia, retornando gradualmente à função normal ao longo do tempo. Mesmo considerando diversos aspectos da função muscular, como fraqueza, redução da contratilidade e cinemática, a disfunção diafragmática não teve um impacto significativo na recuperação dos pacientes, porém é importante destacar que os autores optaram por excluir participantes que apresentassem lesão do nervo frênico que resultaria no desenvolvimento de paralisia diafragmática. Em concordância, Crothers et al. (2021) identificaram uma incidência pós-operatória considerável, atingindo 62% dos pacientes avaliados um dia após o transplante. No entanto, ao longo do período de três meses pós-operatório, a prevalência da disfunção diafragmática diminuiu para 22%, sugerindo uma resolução parcial ou completa desta complicação ao longo do tempo, e apesar do grande número de pacientes acometidos, a presença de disfunção não resultou em desfechos clínicos adversos.

Em contrapartida, Boscolo et al. (2023) apesar de também usarem como critério de exclusão a lesão do nervo frênico, revelaram uma prevalência significativa de disfunção diafragmática em receptores de transplante pulmonar bilateral, com uma incidência ainda maior entre os pacientes que apresentaram dificuldades no processo de desmame ventilatório. A disfunção foi identificada em 32% da população geral de receptores, enquanto esse número aumentou para 78% nos pacientes com desmame difícil. Tanto a fração de espessamento do diafragma quanto a eficiência neuroventilatória demonstraram-se reduzidas em pacientes com desmame difícil. Além disso, a duração da ventilação mecânica invasiva antes da primeira tentativa do teste de respiração espontânea apresentou uma relação inversa com a fração de espessamento do diafragma e a eficiência neuroventilatória, sugerindo uma possível influência da função muscular no tempo de ventilação pós-transplante.

Hernández-Hernández et al. (2021) encontraram uma incidência ainda maior. Dos 127 pacientes incluídos em seu estudo, 43,3% foram diagnosticados com lesão do nervo frênico no pós-operatório resultando em graus variados de acometimento muscular e isto foi associada a uma série de desfechos adversos, incluindo atraso na extubação, maior taxa de reintubação, uso mais frequente de ventilação mecânica não invasiva, incidência aumentada de pneumonia, além de prolongamento da permanência na UTI e no hospital. Em uma análise mais profunda, os autores buscaram compreender a causa da disfunção, procurando outros fatores além da lesão intraoperatória do nervo frênico. Eles destacam que a neuropatia inflamatória pós-cirúrgica, caracterizada por microvasculite e inflamação nervosa, emerge como uma possível explicação para a disfunção do nervo frênico observada. Os autores encontraram relação entre transfusão sanguínea, circulação extracorpórea prolongada e a duração estendida da cirurgia com o desenvolvimento de graus variados de disfunção diafragmática. Em concordância, Genty et al. (2022) encontraram uma incidência de 81% de disfunção diafragmática no primeiro dia pós-operatório, com uma queda pela metade no sétimo dia. Isso demonstra um curso positivo na recuperação funcional desta musculatura. Os autores também encontraram relação entre o tempo de cirurgia, transfusão intraoperatória e presença de dreno torácico com o desenvolvimento de disfunção diafragmática.

No estudo realizado por Huh et al. (2022), a análise concentrou-se nas complicações pós-operatórias em pacientes transplantados relacionadas à disfunção diafragmática existente no pré-operatório. Dos 102 pacientes incluídos no estudo, foi observado que 54,5% daqueles com disfunção diafragmática pré-operatória apresentaram melhora gradual após o transplante, enquanto 15% ainda apresentavam disfunção persistente após 1 ano do procedimento cirúrgico. A presença de disfunção diafragmática no PO foi associada a uma proporção significativamente maior de ventilação mecânica prolongada, refletindo-se em internação prolongada na unidade de terapia intensiva.

Após abordar as disfunções musculares respiratórias e diafragmáticas comuns no pós-

operatório de transplante pulmonar, é crucial explorar as complicações que podem afetar outros sistemas do corpo, devido ao seu potencial impacto na recuperação dos pacientes transplantados. Essas complicações podem surgir tanto como resultado direto do procedimento cirúrgico quanto como consequência de condições pré-existentes do paciente.

Em relação às complicações das vias aéreas podemos citar estenose brônquica, deiscência brônquica, traqueobroncomalácia, fístulas brônquicas, formação excessiva de tecido de granulação exofítica e infecções endobrônquicas (Mahajan et al. 2017), tendo incidência relatada entre 15-20% (Murthy et al. 2007; Yserbyt et al. 2016). Foram documentadas diversas abordagens terapêuticas, abrangendo desde a ablação por radiofrequência em casos de deiscência das vias aéreas (Backer et al. 2020) até técnicas de sutura única para minimizar complicações anastomóticas (Schweiger et al. 2020), assim como a aplicação de fotoressecção a laser e revascularização da artéria brônquica, com resultados variados em termos de eficácia (Santacruz et al. 2009).

Outra complicação muito frequente, porém não citada nos artigos anteriores é a disfunção do enxerto, que pode ser aguda, sendo caracterizado por um edema pulmonar não cardiogênico de gravidade variável que se desenvolve nas primeiras 72 horas pós-transplante (Lee & Christie, 2009; Camargo et al. 2015), ou crônica, em que há diversos fenótipos atuais descritos na literatura, sendo o mais comum a síndrome da bronquiólite obliterante (Camargo et al. 2015), e é considerada a principal causa de morbimortalidade, afetando mais de 50% dos sobreviventes após cinco anos de transplante pulmonar (Davidsen et al. 2021). A disfunção aguda do enxerto tem sido associada a uma elevada mortalidade perioperatória (King et al. 2000; Christie et al. 2003; Christie et al. 2005), menor sobrevida a longo prazo (Christie et al. 2005) e a uma progressão mais rápida para a síndrome da bronquiólite obliterante (BOS) (Fiser et al. 2002). Há uma emergente discussão na literatura sobre a possibilidade de utilizar o ultrassom como ferramenta diagnóstica nos casos de disfunção aguda (Schroeder et al. 2023) ou crônica (Davidsen et al. 2021) do enxerto, e conclui-se que há uma boa correlação com medidas obtidas na TC (utilizada atualmente como método diagnóstico principal) e

RX, e sugere-se que o US seja incluído como ferramenta de triagem inicial para suspeitas de disfunção.

Após o transplante pulmonar os pacientes podem apresentar complicações pleurais, dentre elas pneumotórax, hemotórax, quilotórax e empiema, tendo incidência relatada entre 22–34% (Ferrer et al. 2003). Os derrames não complicados geralmente desaparecem em 2 semanas, em casos de evolução lenta e desfavorável há associação com resultados ruins para os pacientes (Arndt et al. 2015; Garrido et al. 2019; Jacob et al. 2019). O empiema é uma das complicações mais temidas, pois está associado ao aumento da mortalidade, em um estudo 2 em cada 3 pacientes com empiema morreram (Ferrer et al. 2003) e outro refere uma taxa de mortalidade de 28,6% (Nunley et al. 1999).

Os pacientes podem apresentar também complicações de anastomose vascular, com incidência variando de 1,8 a 5,2% (Sidique et al. 2013; Batra et al. 2018). Os sintomas podem ser inespecíficos e incluir hipóxia, dispneia, tosse, edema pulmonar e a necessidade de ventilação mecânica. O diagnóstico geralmente é estabelecido em um período médio de 9 dias após o surgimento dos sintomas. Uma variedade de técnicas de imagem, como tomografia computadorizada (TC) com contraste, ecocardiografia e ultrassonografia intraoperatória, tem sido empregada para identificar essas complicações (Batra et al. 2018). Em situações graves, intervenções endovasculares como trombectomia, angioplastia com stent, cirurgia de revisão, retransplante ou lobectomia podem ser necessárias (Najafzadeh et al. 2009).

Devido à necessidade de anticoagulação sistêmica completa em alguns pacientes, como nos casos em que há necessidade de ECMO ou CEC, há um maior risco de ocorrência de sangramentos e eventos tromboembólicos no período pós-transplante imediato (Hartwig et al. 2005; Mason et al. 2006; Fischer et al. 2007). Em determinadas situações, retorcotomia pode ser exigida devido a hemorragia grave (Pereszleny et al. 2002). A trombose venosa profunda (TVP) é uma complicação frequente em pós-operatório geral, tendo uma incidência relatada de até 45% em casos de transplante pulmonar (Evans et al. 2015; Zheng et al. 2020) e está associado a uma probabilidade duas vezes maior de morrer comparado a controles sem esta complicação (Evans et al. 2015).

Os pacientes podem apresentar complicações em diversos outros sistemas, além dos citados anteriormente. As complicações cardiovasculares, como flutter atrial, fibrilação atrial, taquicardia supraventricular, IAM e choque tem incidência relatada de até 35% (Orrego et al. 2014; Garrido et al. 2019). Pode ocorrer também disfunção renal devido a irregularidades hemodinâmicas e uso de imunossuppressores nefrotóxicos, com incidência de 64,5% relatada, e sua ocorrência está associada a piores desfechos (Ojo et al. 2003; Wehbe et al. 2012; Puttarajappa et al. 2019). Complicações gastrointestinais são frequentes, com incidência de até 50% e acarretam morbidade importante (Bravo et al. 2007; Paul et al. 2009; Kayawake et al. 2018).

A condição pré-operatória em associação a complexidade do procedimento realizado, levam a uma predisposição a uma ampla gama de complicações no pós-operatório. A identificação precoce dessas complicações e sua monitorização contínua são essenciais para orientar o manejo clínico e prevenir o agravamento do caso e a ocorrência de desfechos negativos.

USO DO ULTRASSOM

Com base nas informações fornecidas pelo estudo de Fitton et al. (2019), é evidente que os pacientes pós-transplante pulmonar enfrentam uma exposição significativa à radiação devido aos procedimentos de imagem necessários para monitorar complicações pós-operatórias. Embora esses exames sejam cruciais para identificar complicações a curto e longo prazo, a alta frequência de tomografias computadorizadas (TC) e radiografias torácicas representa um desafio devido ao risco potencialmente aumentado de malignidade associado à radiação ionizante. Os autores destacam que a TC de tórax, em particular, contribui significativamente para a dose cumulativa de radiação, sendo responsável por 73% do total, e a dose de radiação pode exceder os limites recomendados em apenas cinco anos para quase 40% dos pacientes, pois grande parte da exposição ocorre nos primeiros 6 meses pós-operatórios. É crucial reconhecer que, embora a exposição à radiação possa ser inevitável para alguns pacientes, os riscos associados à radiação devem ser cuidadosamente considerados. Devido ao esquema

particular de imunossupressão a incidência relatada de câncer em receptores de transplante pulmonar é maior do que em receptores de transplante de órgãos sólidos. Com isto, o potencial impacto na qualidade de vida dos pacientes ressalta a necessidade urgente de novas abordagens de avaliação.

A complexidade e os desafios enfrentados pelos pacientes pós-transplante pulmonar durante o monitoramento de complicações demandam abordagens inovadoras e seguras e diante do exposto, surge a necessidade urgente de explorar alternativas que minimizem os riscos potenciais associados. Nesse sentido, a busca por ferramentas diagnósticas destaca-se como uma via promissora para suprir essa necessidade. A convergência dessas perspectivas destaca a relevância de se buscar alternativas para o acompanhamento desses pacientes, reforçando a importância de melhorar a qualidade e a segurança dos cuidados oferecidos.

Todos os estudos incluídos nesta revisão utilizaram o ultrassom como parte integrante da avaliação. Com base no estudo de Droneau et al. (2018), a ultrassonografia emerge como uma ferramenta diagnóstica valiosa no acompanhamento de pacientes pós-transplante pulmonar, oferecendo uma visão detalhada da morfologia torácica e da função respiratória. Os resultados obtidos com o uso do ultrassom revelaram achados semelhantes aos da população em geral, indicando que os pacientes transplantados pulmonares apresentam características ultrassonográficas torácicas comparáveis às de indivíduos não transplantados. A técnica empregada no estudo permitiu a avaliação de parâmetros importantes, como a distância costela-pleural, a presença de linha pleural, linhas A e B, deslizamento pleural e excursão diafragmática. O estudo destacou a utilidade da ultrassonografia na detecção precoce de complicações pós-transplante, como pneumotórax, pleurisia e disfunção diafragmática, proporcionando uma abordagem não invasiva e sem a necessidade de exposição à radiação para monitoramento desses pacientes. Além disso, a identificação de padrões ultrassonográficos específicos, como a presença de três ou mais linhas B em um espaço intercostal que seria indicativo de desenvolvimento de síndrome intersticial, reforça a capacidade da

ultrassonografia torácica de diagnosticar condições patológicas após o transplante pulmonar.

Apesar dos inúmeros benefícios inerentes ao emprego desta ferramenta, a presente revisão evidenciou que sua utilização predominante está direcionada para a avaliação do músculo diafragma. Vale ressaltar que, para além dos limites delineados por esta revisão, o ultrassom tem sido empregado como instrumento de avaliação das complicações pulmonares, beneficiando-se de sua praticidade e elevada reprodutibilidade (Bensted et al. 2018; Davidsen et al. 2021; Smit et al. 2023). Entretanto, é imperativo reconhecer que há espaço para a exploração de diversas outras modalidades de avaliação, o que propicia uma abordagem mais abrangente e aprofundada na pesquisa clínica em questão.

Na literatura, destaca-se a utilização do ultrassom como uma ferramenta eficaz na avaliação dos músculos intercostais paraesternais, a qual é empregada para analisar a extensão da ativação e fraqueza muscular (Formenti et al. 2020), e também como forma de avaliação da musculatura esquelética (Parry et al. 2015; Toledo et al. 2017; Formenti et al. 2019), com destaque significativo em pacientes graves, contribuindo para a compreensão do impacto potencial dessas condições ao longo da evolução clínica. No contexto do ambiente de terapia intensiva, o ultrassom desempenha um papel crucial na detecção de alterações na qualidade e quantidade muscular, apresentando uma correlação substancial com medidas obtidas por tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) (Novais et al. 2022). Além disso, o ultrassom é capaz de diagnosticar sarcopenia (Perkisas et al. 2018; Cruz-Jentoft et al. 2019; Kara et al. 2020), uma condição altamente prevalente em pacientes pré e pós-transplante pulmonar (Rozenberg et al. 2014).

A utilização do ultrassom permite a avaliação de diversos parâmetros, como espessura muscular, ecogenicidade, área de secção transversa, ângulo de penação, fração de espessamento (Formenti et al. 2019). Notavelmente, índices musculares obtidos por TC demonstram correlação com variáveis prognósticas e desfechos pós-operatórios em transplantes pulmonares, como dias prolongados de ventilação mecânica, cuidados intensivos, internação hospitalar e aumento do risco de disfunção primária

do enxerto (Rozenberg et al. 2017; Oshima et al. 2020; Rozenberg et al. 2020). Nesse contexto, surge a pertinente indagação sobre o desenvolvimento de índices específicos utilizando o ultrassom, considerando a ampla gama de avaliações e análises que esta técnica oferece, proporcionando uma perspectiva promissora para o aprimoramento da monitorização e prognóstico em pacientes submetidos a transplante pulmonar.

FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO MUSCULAR E FUNCIONAL NO PÓS-OPERATÓRIO

O pós-operatório de transplante pulmonar demanda uma avaliação minuciosa da função muscular e respiratória dos pacientes, visando compreender os desafios e complicações enfrentados durante o processo de recuperação. Nesse contexto, a utilização de diversas ferramentas de avaliação torna-se fundamental para uma análise abrangente e precisa. Além do ultrassom, que tem emergido como uma ferramenta valiosa na avaliação do diafragma, diversos estudos têm explorado outras técnicas e métodos para investigar a função muscular e a capacidade funcional pós-transplante pulmonar. Essas abordagens multifacetadas proporcionam insights detalhados sobre as alterações musculares e funcionais que ocorrem após a cirurgia, contribuindo para estratégias de manejo clínico mais eficazes e para a melhoria dos desfechos dos pacientes. Neste contexto, é relevante explorar as diferentes abordagens e resultados oferecidos por estudos que empregam uma variedade de métodos de avaliação muscular e funcional. Dentre os artigos utilizados nesta revisão podemos destacar alguns métodos de avaliação utilizados por mais de um autor.

O teste de caminhada de 6 minutos utilizado por LoMauro et al. (2020) e Spiesshoefer et al. (2020) é uma ferramenta clínica fundamental utilizada na avaliação de pacientes pré e pós-transplante pulmonar, cuja eficácia foi abordada em detalhes por Martinu et al. (2009). Este teste consiste em medir a distância que um paciente consegue percorrer em um período de seis minutos em um percurso demarcado de 30 metros e tem se mostrado um indicador prognóstico valioso em indivíduos listados para transplante de pulmão. Os resultados desse estudo destacam a significativa

relação entre a distância basal do TC6 e a mortalidade pós-transplante, mesmo após ajustes para diversos fatores como doença nativa, função pulmonar, idade e tempo de espera na lista de transplante. A pesquisa revelou que um aumento de 152,0 metros na distância percorrida no TC6 estava associado a uma redução de mais de 50% na mortalidade durante o período de acompanhamento de 28 meses. Esses achados são particularmente importantes, pois demonstram que o TC6 não apenas prevê a sobrevida entre pacientes com diferentes doenças pulmonares nativas, mas também estende seu impacto além do transplante, influenciando a recuperação pós-operatória e a qualidade de vida dos pacientes.

Os exames de função pulmonar desempenham um papel crucial na prática clínica. Eles são empregados na identificação e diagnóstico de obstruções das vias respiratórias, na avaliação da sua severidade e prognóstico, na determinação de fatores de risco (como na avaliação pré-operatória), na detecção precoce de doenças pulmonares e no acompanhamento tanto do desenvolvimento normal dos pulmões quanto do declínio da função pulmonar (Quanjer et al. 2012). LoMauro et al. (2020) utilizou a manovacuometria e a espirometria para avaliar variáveis de interesse para acompanhamento da função pulmonar. A Pimax está fortemente relacionada à dispneia ao esforço e também pode servir como instrumento de triagem para identificar pacientes com fraqueza muscular respiratória, já a Pemax tem grande relação com a musculatura abdominal e efetividade da tosse. Outra medida utilizada foi o pico de fluxo da tosse (PFT), que estima a eficácia da eliminação do muco e da função muscular expiratória. As medidas realizadas com a espirometria são relacionadas a avaliações das variações dos volumes pulmonares e a mais utilizada foi a mensuração da capacidade vital, que contribui para a avaliação da função muscular respiratória, especialmente o diafragma, pois na fraqueza unilateral do diafragma ocorre uma diminuição na CV, para aproximadamente 75% do previsto, podendo chegar a 30% do previsto no acometimento bilateral (Lavenezian et al. 2019). Outras avaliações realizadas incluíram a mensuração da pressão esofágica e gástrica, que foi limitada por ser mais invasiva que as demais. Estas variáveis em conjunto com as demais avaliações fornecem um panorama global da função muscular.

Alguns autores (LoMauro et al. 2020; Spiesshoefer et al. 2020; Hernández-Hernández et al. 2022; Boscolo et al., 2023) utilizaram como avaliação complementar o estudo da neurofisiologia muscular respiratória. A eletromiografia é uma técnica que quantifica a atividade elétrica dos músculos e é usada para avaliar o controle muscular respiratório em repouso e durante o exercício, incluindo estimativa do débito motor, acoplamento neuromecânico durante respiração e a eficácia da contração muscular, auxiliando inclusive no diagnóstico de patologias neuromusculares e já é reconhecido na literatura como um marcador da gravidade da doença na DPOC estável e para prever exacerbações da DPOC. Pode ser realizada com eletrodos de superfície, um eletrodo esofágico inserido pelo nariz e eletrodos intramusculares de fio ou agulha (Lavenezian et al. 2019).

Em relação a avaliações por meio de imagens, além do ultrassom tivemos a utilização de pletismografia, que permite medir alterações no volume da parede torácica e seus compartimentos e tomografia computadorizada que permite avaliar o tamanho, estrutura e prever a função muscular alterada usando diferentes ponderações teciduais (Lavenezian et al. 2019).

Considerando a complexidade e abrangência das avaliações da função pulmonar e muscular no contexto pós-operatório de transplante pulmonar, é evidente que a combinação de diversas ferramentas de análise é crucial para uma compreensão completa dos desafios enfrentados pelos pacientes e das complicações que podem surgir durante a recuperação. A integração de métodos como ultrassom, manovacuometria, espirometria, eletromiografia e avaliações por imagem oferece uma perspectiva multifacetada das alterações musculares e funcionais que ocorrem após a cirurgia. Essa abordagem diversificada abre caminho para estratégias de manejo clínico mais precisas e personalizadas, visando à melhoria dos resultados e da qualidade de vida dos pacientes pós-transplante pulmonar. A constante exploração e aplicação dessas técnicas promissoras representam uma direção importante para futuras pesquisas e práticas clínicas, visando aprimorar os cuidados oferecidos aos pacientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da complexidade e desafios enfrentados pelos pacientes no pós-operatório de transplante pulmonar, a avaliação minuciosa da função muscular e respiratória torna-se essencial para compreender os obstáculos enfrentados durante a recuperação. Este estudo enfatiza a relevância do ultrassom como uma ferramenta diagnóstica valiosa na monitorização pós-transplante, oferecendo uma abordagem não invasiva e segura, sem exposição à radiação ionizante.

A literatura revisada destaca não apenas a aplicabilidade do ultrassom na avaliação do diafragma, mas também sua versatilidade na avaliação pulmonar geral, proporcionando uma visão dinâmica do tórax e possibilitando a identificação de condições como congestão, derrame pleural e pneumotórax. A segurança, custo acessível e precisão na avaliação tornam o ultrassom uma alternativa promissora em comparação com métodos tradicionais de imagem, especialmente em pacientes que requerem monitoramento frequente.

Além do ultrassom, a integração de diversas ferramentas de avaliação, como manovacuometria, espirometria, eletromiografia e avaliações por imagem, oferece uma compreensão abrangente das alterações musculares e funcionais pós-transplante pulmonar. O estudo destaca a importância do teste de caminhada de 6 minutos como um indicador prognóstico valioso, correlacionando a distância percorrida com a mortalidade pós-transplante e influenciando a qualidade de vida dos pacientes.

No entanto, é essencial destacar a necessidade de mais pesquisas para explorar outras modalidades de avaliação, desenvolver índices específicos utilizando o ultrassom e aprofundar a compreensão das condições musculares respiratórias. A convergência dessas abordagens inovadoras não apenas preenche lacunas na avaliação pós-transplante pulmonar, mas também promove uma abordagem mais individualizada, visando aprimorar a qualidade de vida e os resultados clínicos desses pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR QUEVEDO, K. et al. Complications after lung transplantation in chronic obstructive pulmonary disease. **Medicina Clinica**, v. 140, n. 9, p. 385-389, 2013.
- ALJIBALI, Abdulaziz S. Ultrasound utilization in the diagnosis of diaphragm dysfunction compared to other modalities: A retrospective study. **International Journal of Health Sciences**, v. 17, n. 3, p. 11, 2023.
- ARNDT, Andrew; BOFFA, Daniel J. Pleural space complications associated with lung transplantation. **Thoracic Surgery Clinics**, v. 25, n. 1, p. 87-95, 2015.
- BACKER, Elliot et al. Successful treatment of airway dehiscence in a lung transplant patient with radiofrequency ablation. **Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology**, v. 27, n. 4, p. e56-e59, 2020.
- BATRA, Kiran et al. Diagnosis and interventions of vascular complications in lung transplant. **Cardiovascular Diagnosis and Therapy**, v. 8, n. 3, p. 378, 2018.
- BENSTED, Karen et al. Lung Ultrasound After Transbronchial Biopsy for Pneumothorax Screening in Post-Lung Transplant Patients. **Journal of bronchology & interventional pulmonology**, v. 25, n. 1, p. 42-47, 2018.
- BOSCOLO, Annalisa et al. Diaphragm dysfunction predicts weaning outcome after bilateral lung transplant. **Anesthesiology**, v. 140, n. 1, p. 126-136, 2024.
- BRAVO, C. et al. Prevalence and management of gastrointestinal complications in lung transplant patients: MITOS study group. In: **Transplantation proceedings**. Elsevier, 2007. p. 2409-2412.
- BRUM, CN de et al. Revisão narrativa de literatura: aspectos conceituais e metodológicos na construção do conhecimento da enfermagem. **Metodologias da pesquisa para a enfermagem e saúde: da teoria à prática**. Porto Alegre: Moriá, 2015.
- CAMARGO, Priscila Cilene León Bueno de et al. Transplante pulmonar: abordagem geral sobre seus principais aspectos. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, p. 547-553, 2015.

- CAREY, Elizabeth J. Sarcopenia in solid organ transplantation. **Nutrition in clinical practice**, v. 29, n. 2, p. 159-170, 2014.
- CHRISTIE, Jason D. et al. Clinical risk factors for primary graft failure following lung transplantation. **Chest**, v. 124, n. 4, p. 1232-1241, 2003.
- CHRISTIE, Jason D. et al. Impact of primary graft failure on outcomes following lung transplantation. **Chest**, v. 127, n. 1, p. 161-165, 2005.
- CHRISTIE, Jason D. et al. The effect of primary graft dysfunction on survival after lung transplantation. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 171, n. 11, p. 1312-1316, 2005.
- CROTHERS, Elise et al. Incidence of early diaphragmatic dysfunction after lung transplantation: results of a prospective observational study. **Clinical Transplantation**, v. 35, n. 9, p. e14409, 2021.
- CRUZ-JENTOFT, Alfonso J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. **Age and ageing**, v. 39, n. 4, p. 412-423, 2010.
- CYPEL, Marcelo; KESHAVJEE, Shaf. Extracorporeal life support as a bridge to lung transplantation. **Clinics in chest medicine**, v. 32, n. 2, p. 245-251, 2011.
- DAVIDSEN, Jesper Rømhild et al. Lung ultrasound to phenotype chronic lung allograft dysfunction in lung transplant recipients. A prospective observational study. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 5, p. 1078, 2021.
- DELMONICO, Matthew J. et al. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 5, p. 769-774, 2007.
- DRES, Martin; DEMOULE, Alexandre. Monitoring diaphragm function in the ICU. **Current Opinion in Critical Care**, v. 26, n. 1, p. 18-25, 2020.
- DEXHEIMER, Felipe Leopoldo et al. Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, p. 58-64, 2015.
- DOS SANTOS, Claudia et al. Mechanisms of chronic muscle wasting and dysfunction after an intensive care unit stay. A pilot study. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 194, n. 7, p. 821-830, 2016.
- DRONEAU, Sylvain et al. Use of ultrasonography for lung transplant recipients on postoperative care. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 38, n. 4, p. 1101-1108, 2019
- ENGLESBE, Michael J. et al. Sarcopenia and mortality after liver transplantation. **Journal of the American College of Surgeons**, v. 211, n. 2, p. 271-278, 2010.
- EVANS, Charles F. et al. Venous thromboembolic complications of lung transplantation: a contemporary single-institution review. **The Annals of Thoracic Surgery**, v. 100, n. 6, p. 2033-2040, 2015.
- FANZANI, Alessandro et al. Molecular and cellular mechanisms of skeletal muscle atrophy: an update. **Journal of cachexia, sarcopenia and muscle**, v. 3, p. 163-179, 2012.
- FERREIRA, Lucas Lima et al. Perfil clínico funcional de pneumopatas em avaliação fisioterapêutica pré-transplante pulmonar. **ConScientiae Saúde**, v. 17, n. 1, p. 72-78, 2018.
- FERRER, Jaume et al. Acute and chronic pleural complications in lung transplantation. **The Journal of heart and lung transplantation**, v. 22, n. 11, p. 1217-1225, 2003.
- FISCHER, Stefan et al. Extracorporeal membrane oxygenation for primary graft dysfunction after lung transplantation: analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. **The Journal of heart and lung transplantation**, v. 26, n. 5, p. 472-477, 2007.
- FISER, Steven M. et al. Ischemia-reperfusion injury after lung transplantation increases risk of late bronchiolitis obliterans syndrome. **The Annals of thoracic surgery**, v. 73, n. 4, p. 1041-1048, 2002.
- FITTON, Isabelle et al. Cumulative radiation dose after lung transplantation in patients with cystic fibrosis. **Diagnostic and Interventional Imaging**, v. 100, n. 5, p. 287-294, 2019.
- FLORIAN, Juliessa et al. Impacto da reabilitação pulmonar na qualidade de vida e na capacidade

- funcional de pacientes em lista de espera para transplante pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 39, p. 349-356, 2013.
- FORMENTI, Paolo et al. Clinical review: peripheral muscular ultrasound in the ICU. **Annals of Intensive Care**, v. 9, p. 1-13, 2019.
- FORMENTI, Paolo et al. Ultrasonographic assessment of parasternal intercostal muscles during mechanical ventilation. **Annals of Intensive Care**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020.
- FRIED, Linda P. et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 56, n. 3, p. M146-M157, 2001.
- FUEHNER, Thomas et al. Extracorporeal membrane oxygenation in awake patients as bridge to lung transplantation. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 185, n. 7, p. 763-768, 2012.
- GAISSERT, Henning; WILCOX, Susan R. Diaphragmatic dysfunction after thoracic operations. **The Thoracic and Cardiovascular Surgeon**, v. 64, n. 08, p. 621-630, 2016.
- GARONZIK-WANG, Jacqueline M. et al. Frailty and delayed graft function in kidney transplant recipients. **Archives of surgery**, v. 147, n. 2, p. 190-193, 2012.
- GARRIDO, Guillermo; DHILLON, Gundeep S. Medical course and complications after lung transplantation. **Psychosocial care of end-stage organ disease and transplant patients**, p. 279-288, 2019.
- GENTY, T. et al. Evaluation of Diaphragmatic Function After Lung Transplantation (DIATRIBE). **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 41, n. 4, p. S430, 2022.
- GOODPASTER, Bret H. et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 10, p. 1059-1064, 2006.
- GOTTLIEB, Jens et al. Outcome of critically ill lung transplant candidates on invasive respiratory support. **Intensive care medicine**, v. 38, p. 968-975, 2012.
- GURALNIK, Jack M. et al. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. **New England Journal of Medicine**, v. 332, n. 9, p. 556-562, 1995.
- HANNAN, Liam M. et al. Diaphragm dysfunction: a comprehensive review from diagnosis to management. **Internal Medicine Journal**, v. 52, n. 12, p. 2034-2045, 2022.
- HARTWIG, Matthew G. et al. Improved results treating lung allograft failure with venovenous extracorporeal membrane oxygenation. **The Annals of thoracic surgery**, v. 80, n. 5, p. 1872-1880, 2005.
- HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Miguel A. et al. A prospective evaluation of phrenic nerve injury after lung transplantation: Incidence, risk factors, and analysis of the surgical procedure. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 41, n. 1, p. 50-60, 2022.
- HOFFMAN, Mariana et al. Effects of pulmonary rehabilitation in lung transplant candidates: a systematic review. **BMJ open**, v. 7, n. 2, p. e013445, 2017.
- HORBER, Fritz F. et al. Altered skeletal muscle ultrastructure in renal transplant patients on prednisone. **Kidney international**, v. 30, n. 3, p. 411-416, 1986.
- HUH, Sungchul et al. Clinical impact of preoperative diaphragm dysfunction on early outcomes and ventilation function in lung transplant: a single-center retrospective study. **Journal of Intensive Care**, v. 10, n. 1, p. 23, 2022.
- JACOB, Samuel et al. Incidence, management, and outcomes of chylothorax after lung transplantation: a single-center experience. **Cureus**, v. 11, n. 7, 2019.
- JANAUDIS-FERREIRA, Tania et al. How should we measure arm exercise capacity in patients with copd?: A systematic review. **Chest**, v. 141, n. 1, p. 111-120, 2012.
- KAO, Christina C.; PARULEKAR, Amit D. Postoperative management of lung transplant recipients. **Journal of thoracic disease**, v. 11, n. Suppl 14, p. S1782, 2019.
- KARA, Murat et al. STAR—sonographic thigh adjustment ratio: a golden formula for the diagnosis of sarcopenia. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 99, n. 10, p. 902-908, 2020.

- KAYAWAKE, Hidenao et al. Gastrointestinal complications after lung transplantation in Japanese patients. **Surgery today**, v. 48, p. 883-890, 2018.
- KELM, Diana J. et al. Pre-transplant wasting (as measured by muscle index) is a novel prognostic indicator in lung transplantation. **Clinical Transplantation**, v. 30, n. 3, p. 247-255, 2016.
- KING, Robert C. et al. Reperfusion injury significantly impacts clinical outcome after pulmonary transplantation. **The Annals of thoracic surgery**, v. 69, n. 6, p. 1681-1685, 2000.
- KRISTJANSSON, Siri R. et al. Comprehensive geriatric assessment can predict complications in elderly patients after elective surgery for colorectal cancer: a prospective observational cohort study. **Critical reviews in oncology/hematology**, v. 76, n. 3, p. 208-217, 2010.
- LAI, Jennifer C. et al. Frailty predicts waitlist mortality in liver transplant candidates. **American journal of transplantation**, v. 14, n. 8, p. 1870-1879, 2014.
- LAMPERT, Eliane et al. Structure of skeletal muscle in heart transplant recipients. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 28, n. 4, p. 980-984, 1996.
- LANGER, Daniel et al. Determinants of physical activity in daily life in candidates for lung transplantation. **Respiratory medicine**, v. 106, n. 5, p. 747-754, 2012.
- LANGER, Daniel. Rehabilitation in patients before and after lung transplantation. **Respiration**, v. 89, n. 5, p. 353-362, 2015.
- LAVENEZIANA, Pierantonio et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. **European Respiratory Journal**, v. 53, n. 6, 2019.
- LEE, Dana H. et al. Frail patients are at increased risk for mortality and prolonged institutional care after cardiac surgery. **Circulation**, v. 121, n. 8, p. 973-978, 2010.
- LEE, James C.; CHRISTIE, Jason D. Primary graft dysfunction. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v. 6, n. 1, p. 39-46, 2009.
- LEMIRE, Bruno B. et al. MAPK signaling in the quadriceps of patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Journal of applied physiology**, v. 113, n. 1, p. 159-166, 2012.
- LICHTENSTEIN, Daniel A. Lung ultrasound in the critically ill. **Annals of intensive care**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2014.
- LICHTENSTEIN, Daniel A.; Meziere, Gilbert A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. **Chest**, v. 134, n. 1, p. 117-125, 2008.
- LOMAURO, Antonella et al. The impaired diaphragmatic function after bilateral lung transplantation: a multifactorial longitudinal study. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, v. 39, n. 8, p. 795-804, 2020.
- IUS, F. et al. Impact of Diaphragmatic Dysfunction on Postoperative Course after Bilateral Lung Transplantation. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 39, n. 4, p. S124, 2020.
- MAHAJAN, Amit K. et al. The diagnosis and management of airway complications following lung transplantation. **Chest**, v. 152, n. 3, p. 627-638, 2017.
- MAKARY, Martin A. et al. Frailty as a predictor of surgical outcomes in older patients. **Journal of the American College of Surgeons**, v. 210, n. 6, p. 901-908, 2010.
- MARTINU, T et al. "Baseline 6-min walk distance predicts survival in lung transplant candidates." **American journal of transplantation: official journal of the American Society of Transplantation and the American Society of Transplant Surgeons**, vol. 8,7 (2009):1498-505.doi:10.1111/j.1600-143.2008.02264.x
- MARQUIS, Karine et al. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 166, n. 6, p. 809-813, 2002.
- MASON, David P. et al. Extended use of extracorporeal membrane oxygenation after lung transplantation. **The Journal of thoracic and cardiovascular surgery**, v. 132, n. 4, p. 954-960, 2006.
- MATAMIS, Dimitrios et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. *Technique*

- and clinical applications. **Intensive care medicine**, v. 39, p. 801-810, 2013.
- MATHUR, Sunita; REID, W. Darlene; LEVY, Robert D. Exercise limitation in recipients of lung transplants. **Physical therapy**, v. 84, n. 12, p. 1178-1187, 2004.
- MCADAMS-DEMARCO, M. A. et al. Frailty and mortality in kidney transplant recipients. **American journal of transplantation**, v. 15, n. 1, p. 149-154, 2015.
- MENDES, Polyana et al. Skeletal muscle atrophy in advanced interstitial lung disease. **Respirology**, v. 20, n. 6, p. 953-959, 2015.
- MURTHY, Sudish C. et al. Impact of anastomotic airway complications after lung transplantation. **The Annals of thoracic surgery**, v. 84, n. 2, p. 401-409. e4, 2007.
- NAJAFIZADEH, Katayoun et al. Pulmonary artery stenosis shortly after lung transplantation: successful balloon dilation and stent insertion in one case. **Ann Transplant**, v. 14, n. 1, p. 52-55, 2009.
- NEWMAN, Anne B. et al. Associations of subclinical cardiovascular disease with frailty. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 56, n. 3, p. M158-M166, 2001.
- NOVAIS, Rommel Larcher Rachid et al. Ultrassonografia como método para avaliação da composição corporal: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e56111226221-e56111226221, 2022.
- NUNLEY, David R. et al. Empyema complicating successful lung transplantation. **Chest**, v. 115, n. 5, p. 1312-1315, 1999.
- OJO, Akinlolu O. et al. Chronic renal failure after transplantation of a nonrenal organ. **New England Journal of Medicine**, v. 349, n. 10, p. 931-940, 2003.
- ORREGO, Carlos M. et al. Atrial arrhythmias after lung transplant: underlying mechanisms, risk factors, and prognosis. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 33, n. 7, p. 734-740, 2014.
- OSHIMA, Yohei et al. Quantity and quality of antigravity muscles in patients undergoing living-donor lobar lung transplantation: 1-year longitudinal analysis using chest computed tomography images. **ERJ Open Research**, v. 6, n. 2, 2020.
- PARRY, Selina 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. **Journal of critical care**, v. 30, n. 5, p. 1151. e9-1151. e14, 2015.
- PAUL, Subroto et al. Gastrointestinal complications after lung transplantation. **The Journal of heart and lung transplantation**, v. 28, n. 5, p. 475-479, 2009.
- PERESZLENYI, Arpad et al. Bilateral lung transplantation with intra-and postoperatively prolonged ECMO support in patients with pulmonary hypertension. **European journal of cardio-thoracic surgery**, v. 21, n. 5, p. 858-863, 2002.
- PERKISAS, Stany et al. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: towards standardized measurements. **European geriatric medicine**, v. 9, p. 739-757, 2018.
- PLANT, Pamela J. et al. Cellular markers of muscle atrophy in chronic obstructive pulmonary disease. **American journal of respiratory cell and molecular biology**, v. 42, n. 4, p. 461-471, 2010.
- PUTTARAJAPPA, Chethan M.; BERNARDO, Jose F.; KELLUM, John A. Renal complications following lung transplantation and heart transplantation. **Critical care clinics**, v. 35, n. 1, p. 61-73, 2019.
- QUANJER, Philip H et al. "Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations." **The European respiratory journal**, vol. 40,6 (2012): 1324-43. doi:10.1183/09031936.00080312
- RICOY, J. et al. Diaphragmatic dysfunction. **Pulmonology**, v. 25, n. 4, p. 223-235, 2019.
- ROZENBERG, Dmitry et al. Clinical outcomes associated with computed tomography-based body composition measures in lung transplantation: a systematic review. **Transplant International**, v. 33, n. 12, p. 1610-1625, 2020.
- ROZENBERG, Dmitry et al. Sarcopenia in lung transplantation: a systematic review. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 33, n. 12, p. 1203-1212, 2014.
- SANCARLO, Daniele et al. A Multidimensional Prognostic Index (MPI) based on a comprehensive geriatric assessment predicts short-and long-term all-cause mortality in older hospitalized patients

- with transient ischemic attack. **Journal of neurology**, v. 259, p. 670-678, 2012.
- SANTACRUZ, Jose Fernando; MEHTA, Atul C. Airway complications and management after lung transplantation: ischemia, dehiscence, and stenosis. **Proceedings of the American thoracic society**, v. 6, n. 1, p. 79-93, 2009.
- SANTANA, Pauliane Vieira et al. Diaphragm Ultrasound in Critically Ill Patients on Mechanical Ventilation—Evolving Concepts. **Diagnostics**, v. 13, n. 6, p. 1116, 2023.
- SCHROEDER, Ines et al. Lung Ultrasound as a Promising Diagnostic Tool for Primary Graft Dysfunction after Lung Transplantation. **Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound**, 2023.
- SCHWEIGER, Thomas et al. Single running suture technique is associated with low rate of bronchial complications after lung transplantation. **The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 160, n. 4, p. 1099-1108. e3, 2020.
- SIDDIQUE, Aleem et al. Vascular anastomotic complications in lung transplantation: a single institution's experience. **Interactive cardiovascular and thoracic surgery**, v. 17, n. 4, p. 625-631, 2013.
- SINGER, Jonathan P. et al. Development and preliminary validation of the lung transplant quality of life (LT-QOL) survey. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 199, n. 8, p. 1008-1019, 2019.
- SINGER, Jonathan P.; SINGER, Lianne G. Quality of life in lung transplantation. In: Seminars in respiratory and critical care medicine. **Thieme Medical Publishers**, 2013. p. 421-430.
- SMIT, Marry R. et al. Lung ultrasound prediction model for acute respiratory distress syndrome: a multicenter prospective observational study. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 207, n. 12, p. 1591-1601, 2023.
- SLINDE, Frode et al. Body composition by bioelectrical impedance predicts mortality in chronic obstructive pulmonary disease patients. **Respiratory medicine**, v. 99, n. 8, p. 1004-1009, 2005.
- SOARES, Letícia Santana da Silva et al. Transplantes de órgãos sólidos no Brasil: estudo descritivo sobre desigualdades na distribuição e acesso no território brasileiro, 2001-2017. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, 2020.
- SOETANTO, Vanessa et al. Early postoperative complications in lung transplant recipients. **Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 38, n. Suppl 2, p. 260-270, 2022.
- SPADARO, S. et al. Point of care ultrasound to identify diaphragmatic dysfunction after thoracic surgery. **Anesthesiology**, v. 131, n. 2, p. 266-278, 2019.
- SPIESSHOEFER, Jens et al. Respiratory muscle and lung function in lung allograft recipients: association with exercise intolerance. **Respiration**, v. 99, n. 5, p. 398-408, 2020.
- STREJA, Elani et al. Associations of pretransplant weight and muscle mass with mortality in renal transplant recipients. *Clinical journal of the American Society of Nephrology*: **CJASN**, v. 6, n. 6, p. 1463, 2011.
- SOSA, Fernando A. et al. Ultrassonografia pulmonar como preditor de mortalidade em pacientes com COVID-19. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 47, 2021.
- SWALLOW, Elisabeth Bryony et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. **Thorax**, 2006.
- THABUT, Gabriel; MAL, Herve. Outcomes after lung transplantation. **Journal of thoracic disease**, v. 9, n. 8, p. 2684, 2017.
- TOLEDO, Diogo Oliveira et al. Bedside ultrasound is a practical measurement tool for assessing muscle mass. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 29, p. 476-480, 2017.
- VERMEIJEN, J. Wytze et al. Lung transplantation for ventilator-dependent respiratory failure. **The Journal of heart and lung transplantation**, v. 28, n. 4, p. 347-351, 2009.
- WEHBE, Edgard et al. Short-term and long-term outcomes of acute kidney injury after lung transplantation. **The Journal of heart and lung transplantation**, v. 31, n. 3, p. 244-251, 2012.
- WILLIAMS, Trevor J.; MCKENNA, Michael J. Exercise limitation following transplantation.

Comprehensive Physiology, v. 2, n. 3, p. 1937-1979, 2012.

YSERBYT, Jonas et al. Anastomotic airway complications after lung transplantation: risk factors, treatment modalities and outcome—a single-centre experience. **European Journal of Cardio-Thoracic Surgery**, v. 49, n. 1, p. e1-e8, 2016.

YUSEN, Roger D. et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-second official adult lung and heart-lung transplantation report—2015; focus

theme: early graft failure. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 34, n. 10, p. 1264-1277, 2015.

ZAMBON, Massimo et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. **Intensive care medicine**, v. 43, p. 29-38, 2017.

ZHENG, M. et al. Incidence and potentially modifiable risk factors for venous thromboembolism post lung transplant. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 39, n. 4, p. S316, 2020.