



HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE
PROGRAMA DE RESIDÊNCIA MÉDICA EM TERAPIA INTENSIVA

ANA MARIA DELGADO CUNHA

Pós-operatório de transplante pulmonar na UTI: revisão narrativa e o papel da ecografia à
beira-leito em série de casos

Porto Alegre

2025

ANA MARIA DELGADO CUNHA

Pós-operatório de transplante pulmonar na UTI: revisão narrativa e o papel da ecografia à beira-leito em série de casos

Trabalho de Conclusão de Residência apresentado ao Programa de Residência Médica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em terapia intensiva.

Orientador: Dr. José Augusto Pellegrini

Porto Alegre

2025

CIP - Catalogação na Publicação

CUNHA, ANA MARIA

Pós-operatório de transplante pulmonar na UTI:
revisão narrativa e o papel da ecografia à beira-leito
em série de casos / ANA MARIA CUNHA. -- 2025.
64 f.

Orientador: JOSÉ AUGUSTO PELLEGRINI.

Trabalho de conclusão de curso (Especialização) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Hospital de
Clínicas de Porto Alegre, RESIDÊNCIA MÉDICA EM TERAPIA
INTENSIVA, Porto Alegre, BR-RS, 2025.

1. TRANSPLANTE PULMONAR. 2. DISFUNÇÃO PRIMÁRIA DE
ENXERTO. 3. PÓS-OPERATÓRIO DE TRANSPLANTE PULMONAR. 4.
ECOGRAFIA À BEIRA DO LEITO. 5. ECOGRAFIA EM
TRANSPLANTE PULMONAR. I. PELLEGRINI, JOSÉ AUGUSTO,
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

*Ao meu noivo Guilherme e à família que
construímos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a equipe multidisciplinar de transplante pulmonar do Hospital de Clínicas por todo cuidado e dedicação.

E agradeço principalmente aos pacientes que contribuíram para minha formação e permitiram que sua história fizesse parte da construção do conhecimento.

RESUMO

O transplante pulmonar possui maior mortalidade entre os transplantes de órgãos sólidos, demandando cuidados complexos no pós-operatório na unidade de terapia intensiva (UTI). Este estudo revisa a literatura de forma narrativa em relação a condutas pós-operatórias abordando manejo ventilatório, hemodinâmico, nutricional e imunossupressão, além da principal causa de mortalidade precoce, a disfunção primária do enxerto (DPE). A revisão de literatura também aborda o papel da ecografia à beira do leito para avaliação ultrassonográfica de aeração pulmonar, ecocardiografia, protocolo Venous Excess UltraSound (VExUS) e função diafragmática. Foram descritos três casos clínicos de pacientes submetidos a transplante unilateral no Hospital de Clínicas de Porto Alegre em 2024 de forma ilustrativa, destacando-se a aplicação de um protocolo de ecografia à beira-leito pelo intensivista e discorrendo sobre possíveis aplicações clínicas e terapêuticas. Este estudo contribui para reforçar a necessidade de produção científica para validação e aplicação de protocolos específicos de ecografia em pós-operatório de transplante de pulmão.

Palavras-chave: transplante pulmonar; disfunção primária de enxerto; ecografia à beira-leito; escore aeração pulmonar; disfunção diafragmática; protocolo VExUS.

ABSTRACT

Lung transplantation has the highest mortality rate among solid organ transplants, requiring complex postoperative care in the intensive care unit (ICU). This study presents a narrative literature review on postoperative management practices, addressing ventilatory, hemodynamic, nutritional, and immunosuppressive strategies, as well as the primary cause of early mortality: primary graft dysfunction (PGD). The review also explores the role of bedside ultrasound for pulmonary aeration assessment, echocardiography, the VExUS protocol, and diaphragmatic function evaluation. Three clinical cases of patients undergoing unilateral transplantation at the Hospital de Clínicas de Porto Alegre in 2024 are described illustratively, highlighting the application of a bedside ultrasound protocol by intensivists and discussing potential clinical and therapeutic applications. This study reinforces the need for scientific research to validate and implement specific ultrasound protocols in the postoperative management of lung transplants.

Keywords: lung transplantation; primary graft dysfunction; bedside ultrasound; lung aeration score; diaphragmatic dysfunction; VExUS protocol.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - O sistema de classificação Venous Excess UltraSound (VExUS)	32
Figura 2 - VExUS do 1º pós-operatório do paciente 1	37
Figura 3 - Escore de aeração pulmonar no 1º pós-operatório do paciente 2	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos pacientes e dados relacionados à cirurgia	34
Tabela 2 - Dados clínicos e ecográficos do paciente 1	40
Tabela 3 - Dados clínicos e ecográficos do paciente 2	45
Tabela 4 - Dados clínicos e ecográficos do paciente 3	49
Tabela 5 - Desfechos	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
DPE	Disfunção primária de enxerto
VExUS	Venous Excess UltraSound
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
PO	Pós-Operatório
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
FiO2	Fração Inspirada de Oxigênio
ESPEN	The European Society for Clinical Nutrition and Metabolism
IMC	Índice de Massa Corporal
TAPSE	Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion
VE	Ventrículo Esquerdo
VTI	Velocity Time Integral
VCI	Veia Cava Inferior
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
LAS	Lung Allocation Score
ECMO	Extracorporeal Membrane Oxygenation
VV	Venovenosa
HIV	Human Immunodeficiency Virus

CNAF	Cateter Nasal de Alto Fluxo
SARA	Síndrome da Angústia Respiratória Aguda
PEEP	Positive End-Expiratory Pressure
PVC	Pressão Venosa Central
CMV	Citomegalovírus
HLA	Human Leukocyte Antigen
PSAP	Pressão Sistólica da Artéria Pulmonar
PAP	Pressão de Artéria Pulmonar
IC	Índice Cardíaco
KDIGO	Kidney Disease: Improving Global Outcomes
AVC	Acidente Vascular Cerebral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
2. MÉTODOS	16
3. REVISÃO DA LITERATURA	19
4. RESULTADOS	34
5. DISCUSSÃO	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7. REFERÊNCIAS	55
8. APÊNDICES	
8.1 APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	59
8.2 APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA	62

1. INTRODUÇÃO

O transplante pulmonar é uma intervenção terapêutica complexa para algumas doenças pulmonares em estágio avançado, com alta mortalidade quando comparado a transplante de outros órgãos sólidos (DI NARDO, M. et al., 2021). A principal causa de morte precoce é a disfunção primária de enxerto (DPE), uma forma de injúria pulmonar aguda secundária à isquemia de reperfusão que acontece nas primeiras 72 horas após o transplante (SCHULTZE, B. S., 2017). O diagnóstico é feito com base na presença de hipoxemia e infiltrado radiológico (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022), sendo que não há até o momento tratamento específico para essa condição, sendo o manejo baseado em medidas de suporte (TRINH, B. N.; BRZEZINSKI, M.; KUKREJA, J., 2022).

O pós-operatório (PO) é realizado na unidade de terapia intensiva por equipe multidisciplinar (DI NARDO, M. et al., 2021). A instabilidade hemodinâmica com necessidade de reposição volêmica é frequente (TRINH, B. N.; BRZEZINSKI, M.; KUKREJA, J., 2022), ao mesmo tempo que a acumulação de fluidos é uma das principais preocupações por estar associada a piores desfechos (DI NARDO, M. et al., 2021; KIM, S. Y. et al., 2018). A definição do status volêmico do paciente crítico é desafiadora e a ultrassonografia tem se destacado como ferramenta auxiliar em unidades de terapia intensiva, tanto para diagnóstico quanto para acompanhamento de intervenções terapêuticas. Entretanto, há uma lacuna significativa na literatura científica sobre o papel da ultrassonografia à beira do leito no diagnóstico de complicações e manejo pós-operatório de transplante pulmonar.

Este trabalho busca por meio de revisão narrativa abordar os principais tópicos no manejo pós-operatório de transplante pulmonar na UTI. Além disso, explora a literatura atual quanto ao uso da ecografia à beira-leito como ferramenta não-invasiva realizada diretamente pelo intensivista para avaliação de complicações pulmonares, da volemia com o uso do

protocolo VExUS, de parâmetros ecocardiográficos e função diafragmática neste grupo de pacientes. Serão descritos três casos de transplante pulmonar unilateral realizados no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) em 2024 e a aplicação de protocolo próprio de avaliação ecográfica à beira-leito realizada pelo pesquisador principal. Por fim, este estudo discute as implicações dos achados e sugere direções para pesquisas futuras, ressaltando a importância da validação de protocolos específicos para transplantes pulmonares.

1.1 JUSTIFICATIVA

O transplante pulmonar possui maior mortalidade entre os transplantes de órgãos sólidos, demandando manejo complexo de hemodinâmica e ventilatório no pós-operatório. Entretanto, há pouca literatura sobre o uso da ecografia para avaliação volêmica e do enxerto em transplante de pulmão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é revisar as principais condutas do pós-operatório de transplante pulmonar unilateral na UTI e o papel da ecografia à beira-leito.

1.2.2 Objetivos específicos

Revisar a literatura em relação ao manejo de pós-operatório de transplante pulmonar unilateral na UTI;

Revisar a literatura quanto ao uso de ecografia à beira-leito para avaliação de congestão em pós-operatório de transplante pulmonar unilateral;

Revisar o uso da ultrassonografia para avaliação de aeração pulmonar em pós-operatório de transplante pulmonar unilateral;

Aplicar a ultrassonografia pulmonar pontuando o escore de aeração pulmonar no enxerto de transplantados em pós-operatório unilateral;

Aplicar o protocolo VExUS para avaliar congestão venosa em pós-operatório de transplante pulmonar unilateral;

Explorar o uso da ecografia de diafragma e fração de espessamento em pós-operatório de transplante pulmonar unilateral;

Descrever os dados clínicos e ecográficos de três pacientes submetidos a transplante pulmonar unilateral.

2. MÉTODOS

A revisão de literatura foi realizada de forma narrativa com base em revisões das principais revistas científicas de terapia intensiva sobre o manejo pós-operatório do transplante pulmonar. Em relação ao uso do ultrassom em pós-operatório de transplante pulmonar foi realizada uma busca estruturada na base de dados Pubmed com as seguintes palavras-chave: “LUNG TRANSPLANTATION + ULTRASOUND” com filtro para os últimos 5 anos e estudos em humanos, com 960 itens encontrados. Destes, 7 artigos foram pertinentes em relação ao objetivo do estudo. Nenhum resultado foi encontrado quando pesquisado “VEXUS + LUNG TRANSPLANTATION” ou “LUNG ULTRASOUND SCORE + LUNG TRANSPLANTATION”. Para a pesquisa “diaphragm ultrasound + lung transplantation” houve apenas dois resultados, sendo um deles em pós-operatório tardio (mais de um ano do transplante), que foi excluído.

Os pacientes recrutados fazem parte de um estudo de coorte prospectivo aprovado no CEP HCPA sob o número 75943023.7.0000.5327 entre o período de fevereiro e novembro de 2024. Foram incluídos até o momento 9 pacientes maiores de 18 anos submetidos a transplante pulmonar no HCPA. Destes, 3 casos foram de transplante unilateral, que serão descritos neste estudo. Todos os pacientes assinaram TCLE (Termo de consentimento livre e esclarecido), em anexo ao final deste projeto (Apêndice A).

Entre os riscos, há o mínimo risco de vazamento de informações no prontuário eletrônico. Os pesquisadores comprometem-se a manter sigilo sobre as informações obtidas e os resultados serão divulgados somente em eventos ou publicações científicas. Todos os dados computados nesta pesquisa serão destinados para uso exclusivo deste projeto e estarão de acordo com as leis gerais de proteção de dados (LGPD) do Brasil. A realização das ecografias pode gerar mínimo desconforto para o paciente devido ao uso de gel e compressão do probe.

Os dados clínicos de interesse serão coletados pelo prontuário eletrônico (AGHUse). O prontuário da internação será revisado para a avaliação dos seguintes parâmetros clínicos: infiltrado radiológico, ventilação mecânica, tempo de ventilação, FiO₂ (fração inspirada de oxigênio) necessária para corrigir hipoxemia, uso de vasopressores, ganho de peso, balanço hídrico, uso de diuréticos, terapia de substituição renal, tempo de internação na UTI. Os pacientes serão avaliados em relação à sarcopenia pré-operatória de acordo com questionário SARC-F em avaliação ambulatorial, sendo que pontuações maiores ou iguais a 4 são sugestivas de sarcopenia. A definição de obesidade será por meio do índice de massa corporal (IMC) maior que 30 kg/m², conforme guideline da ESPEN (CEDERHOLM, T. et al., 2017).

A ecografia pulmonar, cardíaca, protocolo VExUS e diafragma serão avaliados por membros da equipe de pesquisa nos dias 1, 3 e 7 de pós-operatório com o equipamento Mindray MX7 disponível para uso assistencial na UTI.

A ecografia será realizada apenas no pulmão transplantado, considerando as alterações já esperadas no pulmão nativo doente. Será realizada abordagem em quatro campos e cada um receberá uma pontuação de 0 a 3 de acordo com o escore de aeração detalhado no protocolo em anexo (Apêndice B), além de avaliar presença de deslizamento e derrame pleural. As avaliações foram realizadas com transdutor convexo em preset “pulmão” já configurado no aparelho Mindray disponível.

O protocolo de ultrassom cardíaco proposto avalia a presença de disfunção sistólica de ventrículo esquerdo (VE) de forma qualitativa, medida de excursão sistólica do anel tricúspide (TAPSE - *Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion*), medida de Integral Velocidade-Tempo (VTI - *Velocity Time Integral*) e avaliação de pressões de enchimento em medida de E/e’.

O protocolo VExUS aplicado excluiu a avaliação das veias renais e foi integrado ao uso do eletrocardiograma. A pontuação foi dada de acordo com a o diâmetro da veia cava, morfologia da supra-hepática e pulsatilidade da veia porta no doppler e a classificação utilizada foi VExUS A conforme descrito previamente (BEAUBIEN-SOULIGNY, W. et al. 2020). O padrão da supra-hepática ao doppler é apresentar onda S maior que onda D, sendo que é considerada alteração leve a onda S menor que onda D e alteração grave quando apresenta onda S reversa. A pulsatilidade porta normal é menor que 30%, enquanto que valores entre 30-49% corresponde a alteração leve e acima de 50% alteração grave. Se o paciente apresentar veia cava inferior <2 cm, será classificado como VExUS 0. Se diâmetro da veia cava inferior (VCI) >2cm e padrão de supra-hepática e porta normais será classificado como VExUS 1. Se um padrão com alteração leve VExUS 2 e se pelo menos um padrão com alteração grave VExUS 3 (BEAUBIEN-SOULIGNY, W. et al. 2020). O probe utilizado foi o convexo em *preset* “abdômen vascular” já configurado no aparelho Mindray disponível.

A ultrassonografia de diafragma foi realizada com transdutor linear em *preset* “músculo” na transição tóraco-abdominal direita em torno da linha axilar média. A avaliação do espessamento durante o ciclo respiratório foi realizada aferindo a espessura muscular ao final da inspiração e ao final da expiração com o uso do modo M, aplicando a seguinte fórmula: $(\text{espessura inspiratória} - \text{espessura expiratória}) / (\text{espessura expiratória} \times 100\%)$. A ultrassonografia do reto medial foi aplicada no membro inferior direito, na metade da distância entre a espinha ilíaca e a patela, também em *preset* “músculo”, sem comprimir o local. Foi utilizada a média do diâmetro de três medidas diferentes.

Os principais desfechos de interesse são o desenvolvimento de DPE, dias livres de VM e dias livres de UTI nos primeiros 28 dias de pós-operatório.

3. REVISÃO DA LITERATURA

O transplante de pulmão é o transplante com maior mortalidade entre os órgãos sólidos, apesar dos recentes avanços na área (DI NARDO, M. et al., 2021). A sobrevida média de um paciente transplantado pulmonar bilateral é de 7 anos, sendo que a principal causa de morte ocorre nos primeiros 30 dias devido à DPE (SCHULTZE, B. S., 2017). Em torno de 4.000 transplantes pulmonares são realizados anualmente no mundo (DI NARDO, M. et al., 2021), sendo a maioria dos receptores mulheres (57%), brancos (65%) e com idade entre 50-64 anos (46%) (VALAPOUR, M. et al., 2022). As principais doenças que indicam transplante são as doenças pulmonares obstrutivas, doenças intersticiais e fibrose cística (VALAPOUR, M. et al., 2022).

Seleção de candidatos a transplante pulmonar

A decisão de incluir pacientes em lista de transplante pulmonar deve considerar as comorbidades, a evolução da doença e as questões psicossociais. Pacientes com doenças pulmonares terminais devem ser considerados para transplante quando apresentam risco maior que 50% de mortalidade em 2 anos, mais de 80% de chance de sobrevida em relação às outras comorbidades e possibilidade de sobrevida de pelo menos 90 dias após o transplante (SHAH, P.; NEUJAHR, D. C., 2021). Além disso, a decisão de listar um paciente deve considerar a doença de base, havendo particularidades entre doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), doenças intersticiais e fibrose cística. Os fatores avaliados incluem variáveis de espirometria, capacidade funcional, hospitalizações prévias, presença de hipertensão pulmonar, hipóxia e hipercapnia (SHAH, P.; NEUJAHR, D. C., 2021).

O “lung allocation score” (LAS) surgiu nas últimas duas décadas com o propósito de reduzir a mortalidade na lista de espera. O escore varia de 0-100 e considera os seguintes fatores: a indicação para o transplante, a idade, a função pulmonar, a necessidade de oxigênio e o uso de VM (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022). O LAS prioriza pacientes com risco elevado de mortalidade na lista de espera, sendo a maioria dos transplantes realizados em pacientes com LAS entre 35-50 (VALAPOUR, M. et al., 2022). Além disso, é cada vez mais frequente o uso do membrana de circulação extracorpórea (ECMO - Extracorporeal Membrane Oxygenation) como ponte para o transplante em pacientes com insuficiência respiratória aguda, tendo como principal objetivo aumentar a expectativa de vida durante a espera do órgão e a sobrevida após o transplante (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022).

Atualmente não há contraindicação absoluta pela idade, podendo ser realizada em pacientes acima de 65 anos sem outras comorbidades limitantes. Cada vez mais, centros têm transplantado pacientes acima de 65 anos com desfechos comparáveis com os de pacientes jovens (SHAH, P.; NEUJHR, D. C., 2021). Entre as contraindicações absolutas, podemos citar neoplasias malignas em atividade (exceto câncer de pele não melanoma), falência hepática ou renal concomitante, uso ativo de substâncias incluindo tabaco e comorbidades com alto risco cirúrgico. Em relação a infecções, não há contraindicação ao transplante em pacientes infectados com o vírus da imunodeficiência humana (HIV - Human Immunodeficiency Virus) , hepatites B e C, desde que estáveis e com doença controlada, porém alguns centros consideram como contraindicação a colonização e infecção crônica por germes multirresistentes, como a *Burkholderia cenocepacia* (SHAH, P.; NEUJHR, D. C., 2021).

Em relação ao peso, o transplante pulmonar é contraindicado em pacientes obesos com IMC acima de 35, por estar relacionado a piores desfechos (SINGER, J. P. et al., 2014). Não há limite inferior de IMC para contraindicar a cirurgia, porém pacientes com índices menores

que 16 devem realizar reabilitação nutricional antes do transplante (DING, Q. et al., 2022). É recomendada a avaliação de fragilidade, podendo utilizar alguns escores como Fried Frailty Index e Short Performance Physical Battery (SHAH, P.; NEUJAHR, D. C., 2022).

Atualmente no Brasil não há legislação regulatória para priorização em lista conforme escores de gravidade (AFONSO JÚNIOR, J. E. et al., 2015). Desta forma, são candidatos aqueles doentes que estão ativos na lista de espera em ordem cronológica com base na compatibilidade ABO, imunológica e de tamanho da caixa torácica (RODRIGUES-FILHO EM, FRANKE CA, JUNGES JR., 2019). Pacientes que estão dependentes de suporte como cateter nasal de alto fluxo (CNAF), VM e ECMO venovenosa (VV) passam a ser priorizados independente do tempo em lista.

Manejo pós-operatório na unidade de terapia intensiva

O manejo pós-operatório do paciente transplantado pulmonar acontece em unidade de terapia intensiva e divide-se nos seguintes aspectos: manejo da ventilação mecânica, manejo hemodinâmico, uso de antimicrobianos, ajuste da imunossupressão e terapia nutricional (DI NARDO, M. et al., 2021).

Manejo da ventilação mecânica

Apesar de poucos dados na literatura, recomenda-se que os pacientes em pós-operatório de transplante pulmonar sejam ventilados com parâmetros protetores na ventilação mecânica, com informações extrapoladas de estudos com síndrome da angústia respiratória aguda (SARA) (DI NARDO, M. et al., 2021). Estes parâmetros têm como

objetivo prevenir lesão induzida pela VM, reduzir a incidência de DPE e permitir o desmame precoce da VM e mobilização do paciente (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022).

Não há estudos que suportem a indicação de um modo ventilatório específico (KIM, S. Y. et al., 2018), desde que obedeça os seguintes parâmetros para prevenir lesão pulmonar induzida pela VM: volume corrente de 6 ml/kg de peso predito do doador, pressão de platô menor que 30 mmHg (THAKURIA, L. et al., 2016) visando um pH >7,25 e saturação de oxigênio >90%. Em pacientes com transplante de pulmão unilateral, é recomendado que seja utilizado 4-6 ml/kg de peso predito do doador (DI NARDO, M. et al., 2021). A fração inspirada de oxigênio (FiO₂) deve estar ajustada para a menor fração possível para reduzir risco de estresse oxidativo (DI NARDO, M. et al., 2021) com alvo de pressão arterial de oxigênio (PaO₂) acima de 60 mmHg (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022). A *driving pressure* deve ser menor que 15 cmH₂O (DI NARDO, M. et al., 2021). Pacientes com DPOC que recebem transplante unilateral devem manter tempo expiratório prolongado para evitar hiperdistensão alveolar no pulmão nativo (DI NARDO, M. et al., 2021). A pressão positiva expiratória final (PEEP) pode ser titulada de acordo com valores de FiO₂ (DI NARDO, M. et al., 2021) e está recomendada entre 5-10 mmHg (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022). Caso o paciente apresente fístula brônquica, deve ser utilizada PEEP de zero. (KIM, S. Y. et al., 2018).

Pacientes em pós-operatório não complicado geralmente iniciam desmame dentro de 72 horas, com tempo médio de VM entre 2 a 3 dias. Em pacientes de alto risco para DPE, o processo de desmame é mais lento, geralmente entre 3 a 5 dias. A mobilização precoce e fisioterapia respiratória são essenciais para o manejo pós-operatório, ao facilitar higiene brônquica e evitar atelectasias. Para remoção de secreções em vias aéreas pode ser necessária broncoscopias e fisioterapia (DI NARDO, M. et al., 2021). Alguns centros realizam broncoscopia diária nos primeiros 5 dias, de forma rotineira para avaliação das anastomoses e

de isquemia na mucosa das vias aéreas (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022). A traqueostomia precoce pode ser considerada para facilitar a mobilização do paciente transplantado (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022).

Manejo Hemodinâmico

Para avaliação do estado hemodinâmico, a maioria dos centros utiliza o cateter de artéria pulmonar (Swan-Ganz) instalado no transoperatório (DI NARDO, M. et al., 2021). Após o transplante, a injúria de isquemia-reperfusão é responsável por aumentar a permeabilidade capilar e gerar algum grau de edema pulmonar (KIM, S. Y. et al., 2018). Desta forma, é recomendada uma estratégia de reposição volêmica restritiva, objetivando perfusão orgânica adequada definida por meio do débito urinário, medidas seriadas de lactato, saturação de oxigênio venosa mista e pressão arterial média >65 mmHg (DI NARDO, M. et al., 2021; KIM, S. Y. et al., 2018). A medida de água pulmonar extravascular por termodiluição é relacionada com o surgimento de SARA, DPE e maior tempo de VM, maior tempo de hospital e maior mortalidade (MUNSHI, L. et al., 2022). A recomendação é manter a pressão venosa central (PVC) menor ou igual a 7 mmHg, sem prejuízos para a função renal (PILCHER, D. V. et al., 2005).

Eventos cardiovasculares no pós-operatório são comuns, incluindo arritmias supraventriculares e infarto agudo do miocárdio. Frequentemente, os pacientes podem apresentar baixa contratilidade miocárdica relacionada à hipovolemia por sangramento, vasoplegia, acidose, hipoxemia e distúrbios hidroeletrólíticos (TRINH, B. N.; BRZEZINSKI, M.; KUKREJA, J., 2022). Entre os vasopressores, a noradrenalina é a droga mais utilizada (SCHULTZE, B. S., 2017).

A fibrilação atrial é a arritmia mais frequente no pós-operatório de transplante pulmonar, podendo afetar entre 20-40% dos pacientes. Caso o paciente apresente-se com instabilidade, deve ser realizada cardioversão elétrica. Nos casos estáveis, é priorizado o controle de frequência cardíaca com beta-bloqueadores, podendo utilizar também bloqueadores de canais de cálcio e amiodarona (DI NARDO, M. et al., 2021). A anticoagulação é reservada apenas para pacientes que apresentem fibrilação atrial persistente por mais de 48 horas. Além disso, é recomendada a correção de fatores precipitantes, especialmente como distúrbios hidroeletrólíticos e hipovolemia.

Terapia imunossupressora

O tratamento imunossupressor tem como objetivo a prevenção da rejeição de enxerto, que ocorre em pelo menos 25% dos transplantados no primeiro ano (TRINH, B. N.; BRZEZINSKI, M.; KUKREJA, J., 2022). O esquema imunossupressor é baseado em um inibidor de calcineurina (tacrolimus ou ciclosporina), um antiproliferativo (azatioprina ou micofenolato) e corticoide. Pode ser realizada terapia de indução, realizada em cerca de 60% dos serviços, mostrando menor taxa de rejeição aguda em estudos retrospectivos (DI NARDO, M. et al., 2021; KIM, S. Y. et al., 2018; CHUNG, P. J.; DILLING, D. F., 2020). Quando indicada, podem ser utilizados imunobiológicos, micofenolato endovenoso ou metilprednisolona. Para a manutenção da imunossupressão, é preferível o uso de tacrolimus, por haver trabalhos apontando menor rejeição crônica com esta medicação (CHUNG, P. J.; DILLING, D. F., 2020).

Manejo das complicações infecciosas

As infecções respondem por 35% da mortalidade no transplante pulmonar (TRACHUK, P. et al., 2020). Os fatores de risco podem ser relacionados ao doador (colonização ou infecções latentes no enxerto), ao receptor (idade, diabetes, insuficiência renal, imunossupressão, infecções latentes e colonização por germes multirresistentes), ou ainda ao procedimento cirúrgico (tempo cirúrgico, tempos de isquemia fria e quente e tempo de permanência na UTI (ALSAEED, M.; HUSAIN, S., 2019).

A infecção mais comum é a pneumonia, sendo a maioria bacteriana (até 80%) nos primeiros dias de pós-operatório (ALSAEED, M.; HUSAIN, S., 2019), geralmente por organismos nosocomiais como a *Pseudomonas aeruginosa* (25-60%) e o *Staphylococcus aureus* (COIFFARD, B. et al., 2020). Apesar de amplamente utilizada, a profilaxia antibiótica é controversa. A maioria dos centros utiliza antibióticos com espectro para gram negativos resistentes (piperacilina-tazobactam, cefepime, ceftazidima e carbapenêmicos) e vancomicina até resultado de culturas do paciente e do doador. A duração da terapia varia de 7 a 14 dias, de acordo com o germe isolado em culturas ou história prévia de colonização. Devido à alta morbimortalidade de infecções no pós-operatório, diante de uma suspeita de pneumonia é indicado o início precoce de antibióticos de amplo espectro e coleta de culturas, com descalonamento conforme resultados (COIFFARD, B. et al., 2020).

Entre as infecções oportunistas, o citomegalovírus (CMV) é a mais frequente (TRACHUK, P. et al., 2020) e aumenta o risco de rejeição aguda e tardia, sendo indicada profilaxia para todos os pacientes (KOTTON, C. N. et al., 2018). A duração da profilaxia varia de acordo com a sorologia do receptor e do doador, sendo que a combinação de doadores positivos e receptores negativos apresenta o maior risco de infecção grave (DINARDO, M. et al., 2021).

O uso de profilaxia para *Pneumocystis jirovecii* reduz em torno de 90% das infecções por este germe após transplante hematológico ou de órgão sólido (GREEN, H. et al., 2007). A pneumocistose possui relação com perda do enxerto e alta mortalidade (ALSAEED, M.; HUSAIN, S., 2019), sendo indicada a profilaxia por tempo indefinido (DI NARDO, M. et al., 2021).

As infecções fúngicas invasivas possuem alta mortalidade (DOLIGALSKI, C. T. et al., 2014) e o patógeno mais frequente no primeiro ano de transplante pulmonar é o *Aspergillus fumigatus* (DOLIGALSKI, C. T. et al., 2014). A maioria dos especialistas indica o uso de profilaxia antifúngica até a cicatrização de anastomoses, geralmente feita com itraconazol (DOLIGALSKI, C. T. et al., 2014). A infecção por vírus respiratórios encontrados na comunidade, como influenza, parainfluenza e vírus sincicial respiratório, aumenta o risco de rejeição aguda, desenvolvimento de bronquiolite obliterante e disfunção crônica do enxerto (PEGHIN, M. et al., 2019).

Terapia nutricional

Não há estudos específicos que guiem uma estratégia nutricional para pacientes em pós-operatório de transplante pulmonar, sendo baseada em recomendações de transplante de outros órgãos sólidos e cirurgias de grande porte (DI NARDO, M. et al., 2021). Desta forma, é recomendada a administração de 25-35 kcal/Kg, com 1,3-2,5 g de proteína/Kg, considerando a alta demanda metabólica e estado catabólico no período pós-operatório (JOMPHE, V.; LANDS, L.; MAILHOT, G., 2018). Após a extubação, a preferência é oferecer dieta por via oral. Entretanto, em casos com complicações como disfagia ou ainda tempo prolongado de VM, o suporte nutricional deve ser iniciado pela via enteral (DI NARDO, M. et al., 2021).

A hiperglicemia de estresse é uma complicação comum no pós-operatório de transplante pulmonar e é influenciada pelo aumento de cortisol frente ao insulto cirúrgico, uso de corticoides exógenos, imunossuppressores e sepse. O controle glicêmico adequado deve ser perseguido, com alvos em torno de 140-180 mg/dl (THE NICE-SUGAR STUDY INVESTIGATORS, 2009).

O desenvolvimento de disfunção primária de enxerto

A DPE é uma forma de injúria pulmonar aguda secundária à isquemia de reperfusão que acontece nas primeiras 72 horas após o transplante com frequência entre 10-30% dos pacientes (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022; , KIM, S. Y. et al., 2018). A DPE manifesta-se com hipoxemia e infiltrado pulmonar radiográfico, devendo ser excluídas outras causas como pneumonia e edema pulmonar cardiogênico (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022; KIM, S. Y. et al., 2018; CHACON-ALBERTY, L. et al., 2023). A DPE é classificada de acordo com a relação PaO₂/FiO₂, com estágios entre 0-3, sendo o grau 3 o de maior mortalidade (KIM, S. Y. et al., 2018).

Os fatores de risco para desenvolvimento de DPE podem ser relacionados com o doador, com o receptor ou ambos. São descritos como parâmetros de risco do doador: idade avançada, raça negra, sexo feminino, uso de álcool e tabaco, tempo de isquemia fria prolongado e órgãos provenientes de doadores em morte encefálica (DI NARDO, M. et al., 2021; CHACON-ALBERTY, L. et al., 2023). A morte encefálica *per se* é um fator desencadeante que lesa os tecidos a serem transplantados, devido a intensa atividade inflamatória que permeia os eventos da herniação encefálica (RECH, T. H. et al., 2014). A atividade inflamatória da morte encefálica é similar à encontrada na sepse (SCHWARZ, P. et al., 2018). O tempo de isquemia total ocorre entre o clampeamento da artéria pulmonar do

doador e a reperfusão no receptor. O tempo de isquemia fria corresponde ao período entre o clampeamento da artéria pulmonar e a entrada do órgão na caixa torácica, enquanto o tempo de isquemia quente ocorre entre a entrada do órgão na caixa torácica e a reperfusão.

O perfil de receptor com risco elevado são idosos, mulheres, negros, com comorbidades específicas (obesidade, doença renal crônica, coronariopatias), presença de disfunção diastólica de ventrículo esquerdo, uso de ECMO como ponte para transplante e doenças de base (fibrose pulmonar idiopática, sarcoidose e hipertensão pulmonar idiopática) (CHACON-ALBERTY, L. et al., 2023).

Além disso, há os fatores relacionados à interação doador-receptor, como a desproporção entre o tamanho do enxerto e do pulmão nativo, circulação extracorpórea, transfusões, transplante de pulmão único, FiO₂ elevada e compatibilidade imune (HLA e anticorpos) (CHACON-ALBERTY, L. et al., 2023).

Não há tratamentos específicos e ensaios clínicos randomizados que guiem o manejo da DPE, sendo o tratamento baseado em medidas de suporte e condutas extrapoladas de estudos em SARA (TRINH, B. N.; BRZEZINSKI, M.; KUKREJA, J., 2022; CHACON-ALBERTY, L. et al., 2023). É indicada VM protetora, reposição volêmica restritiva e em casos severos pode ser utilizada manobra de prona e bloqueadores neuromusculares (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022). O uso de óxido nítrico inalado para prevenção ou tratamento da DPE não é recomendado de rotina por não haver evidências que suportem o uso, sendo utilizado apenas em alguns centros e casos graves de forma individualizada, especialmente naqueles com hipertensão pulmonar (PEREZ, A. A.; SHAH, R. J., 2022). Casos severos podem necessitar o uso de ECMO, havendo evidências que sugerem melhores desfechos com o início precoce, nas primeiras 24 horas do início da DPE (WIGFIELD, C. H. et al., 2007).

Prognóstico do transplante pulmonar

Os fatores prognósticos relacionam-se às características do doador e do receptor. Em uma análise dos dados da United Network for Organ Sharing Registry entre os anos de 2005 e 2009 foram identificados fatores relacionados à sobrevida em um ano e em dez anos (JAWITZ, O. K. et al., 2022). Em relação ao doador, fatores de risco para maior mortalidade em um ano são: raça negra, tabagismo e diabetes, enquanto idade avançada é responsável pela pior sobrevida em dez anos (JAWITZ, O. K. et al., 2022). Já em relação aos fatores do receptor que se associam com mortalidade precoce, pode-se citar: estado nutricional, escore de LAS alto, uso de ECMO como ponte para o transplante, transplante de pulmão único, experiência do centro transplantador (centros com menos de 20 transplantes ao ano são considerados de baixo volume) e desenvolvimento de DPE (JAWITZ, O. K. et al., 2022).

Durante a avaliação pré-transplante, geralmente é coletado o painel de anticorpos reativos ao HLA (VANDERVEST, K. M.; ZAMORA, M. R., 2013) e níveis mais elevados possuem relação direta com maior mortalidade, mais dias de VM e maiores índices de rejeição aguda em transplante cardíaco e renal (FUEHNER, T. et al., 2012).

Evidências extrapoladas de transplante cardíaco e hematopoiético sugerem que baixo suporte psicossocial também esteja relacionado com maior mortalidade, possivelmente por pior adesão aos tratamentos (VANDERVEST, K. M.; ZAMORA, M. R., 2013).

A maioria dos estudos aponta o sobrepeso e a obesidade como fatores de risco para desfechos negativos em pacientes de transplante pulmonar (ALLEN, J. G. et al., 2010), possivelmente relacionados à menor capacidade residual funcional, menor complacência torácica e menor eficiência da musculatura respiratória pela distribuição de gordura, que levariam a um distúrbio de ventilação-perfusão e atelectasia (VANDERVEST, K. M.;

ZAMORA, M. R., 2013). Além disso, a obesidade pode estar relacionada com maior dificuldade na técnica operatória com maior tempo de isquemia quente (LEDERER, D. J. et al., 2009). Por outro lado, pacientes com sarcopenia, definida pela perda de massa muscular e da função do tecido muscular esquelético, apresentam maior mortalidade pós-operatória em transplante pulmonar, tempo de VM mais prolongado, maior necessidade de traqueostomia e maior tempo de permanência na UTI (WEIG, T. et al., 2016).

Ultrassonografia à beira do leito:

A ultrassonografia à beira do leito tem-se tornado uma ferramenta essencial na avaliação da função cardiopulmonar de pacientes criticamente doentes. Apesar de tradicionalmente o diagnóstico de DPE estar baseado na aparição de infiltrado radiológico, a ultrassonografia pulmonar surge como uma alternativa promissora, tanto no que diz respeito à acurácia diagnóstica como para o diagnóstico diferencial de outras síndromes respiratórias que possam acometer pacientes transplantados durante a internação na UTI (SCHROEDER, I. et al., 2023), quanto para substanciar a avaliação do estado volêmico, etapa fundamental do diagnóstico de DPE. A exequibilidade da avaliação ultrassonográfica em tempo real, possibilitando seguimento frequente nos primeiros dias pós-transplante, bem como a mitigação de riscos relacionados ao transporte e exposição à radiação ionizante, tornam a ultrassonografia uma importante ferramenta adjuvante na avaliação dos pacientes na fase aguda pós-transplante pulmonar (SCHROEDER, I. et al., 2023).

O escore de ultrassom pulmonar é uma medida semi quantitativa de avaliação da aeração pulmonar e já foi aplicado em diversos contextos clínicos, inclusive como preditor de complicações pulmonares em pós-operatório de cirurgia abdominal (BOUSSIER, J. et al., 2024; SZABÓ, M. et al., 2021) e relacionado com mortalidade em pacientes com choque

(YIN, W. et al., 2019). Apesar da ultrassonografia pulmonar já ter se provado superior ao raio-X em diversas condições como edema pulmonar cardiogênico, pneumotórax, pneumonia, embolia pulmonar e derrame pleural (DAVIDSEN, J. R. et al., 2020), tradicionalmente o diagnóstico de complicações após o transplante pulmonar é feito pelo raio-X e quando necessário é realizada tomografia de tórax. Até o momento há poucos estudos aplicando o ultrassom pulmonar no pós-operatório de transplante pulmonar. Em 2018 foi publicado o primeiro estudo observacional prospectivo aplicando a ecografia pulmonar em pós-operatório de transplante pulmonar, que demonstrou ser uma ferramenta viável para o diagnóstico de complicações como derrame pleural, pneumonia e atelectasias (DAVIDSEN, J. R. et al., 2020). Recentemente um grupo de pesquisadores alemão realizou ultrassom pulmonar no primeiro e terceiro pós-operatório de transplante pulmonar e pontuou conforme o número e aspecto de linhas B. O escore médio foi 5, houve correlação com o diagnóstico de DPE e ainda foi superior ao raio-X. Também houve relação inversa entre o escore de aeração e a PaO_2/FiO_2 (SCHROEDER, I. et al., 2023)

O escore VExUS foi desenvolvido com objetivo de avaliar congestão venosa em injúria renal aguda cardiorenal em pós-operatório de cirurgia cardíaca (BEAUBIEN-SOULIGNY, W. et al., 2020). É um método não invasivo que combina medida da veia cava inferior com doppler da veia supra hepática, da veia porta e veias renais, acrescentando uma pontuação conforme morfologia de cada onda, demonstrado na figura abaixo. Diversas publicações desde então tem aplicado o VExUS de forma adaptada (excluindo o doppler das veias renais, por exemplo) (BHARDWAJ, V. et al., 2020), ou ainda em outros contextos para guiar uso de diuréticos em pacientes congestos (LONGINO, A. et al., 2023; PIERRE-GRÉGOIRE GUINOT et al., 2022). Não há até o momento publicações que abordem o uso do VExUS em pós-operatório de transplante pulmonar como forma de avaliar presença de congestão venosa e guiar manejo diurético.

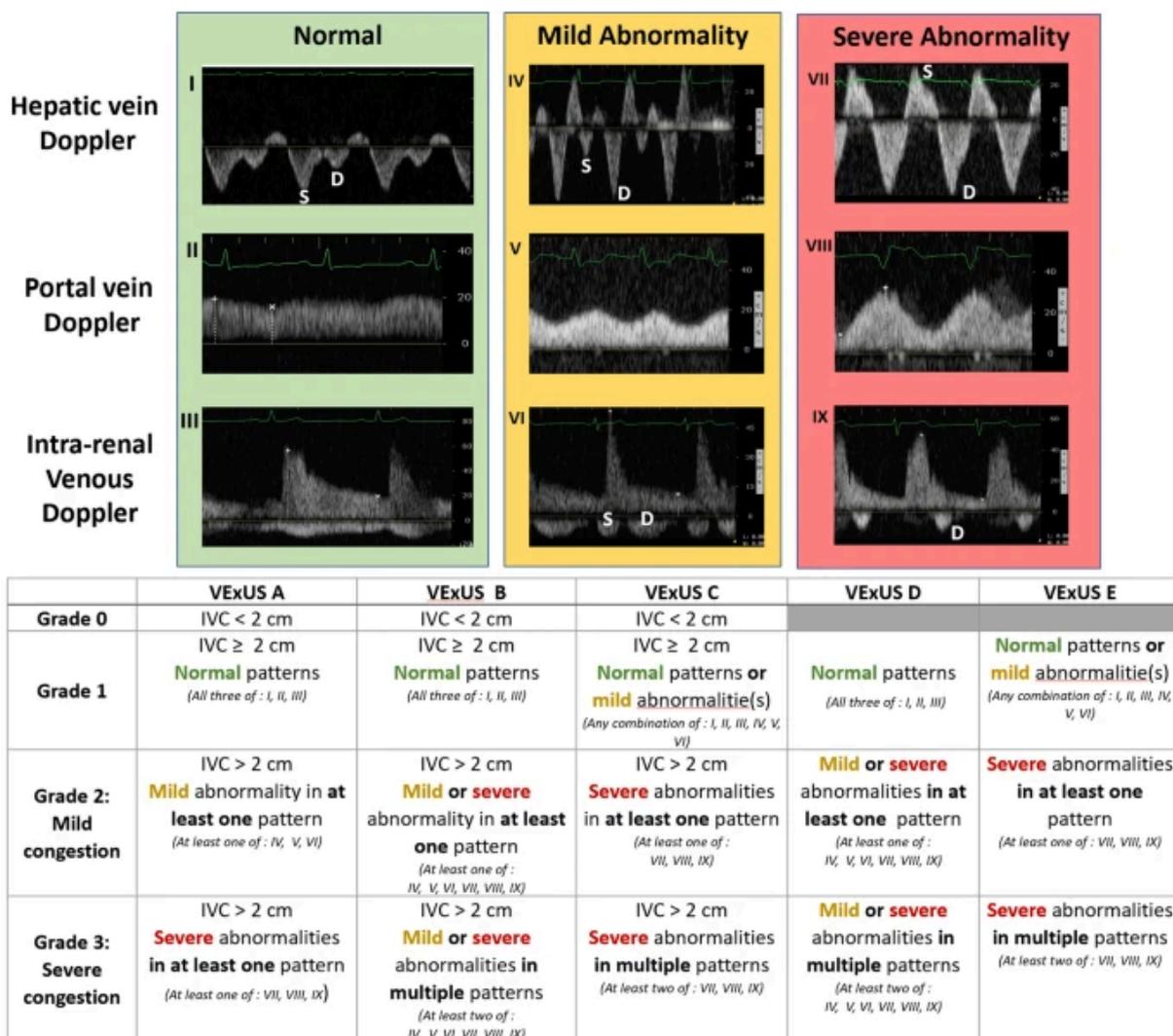


Figura 1 - O sistema de classificação Venous Excess UltraSound (VExUS) (BEAUBIEN-SOULIGNY, W. et al., 2020)

A disfunção diafragmática geralmente é uma condição subdiagnosticada e pode ser causada por múltiplas condições como miopatias e neuropatias, ventilação mecânica, cirurgias trauma, doenças metabólicas e doenças pulmonares crônicas (SFERRAZZA PAPA, G. F. et al., 2016). As técnicas de avaliação com radiografia, fluoroscopia, tomografia ou ressonância são difíceis de serem aplicadas na prática, pouco disponíveis ou pouco sensíveis, principalmente quando se trata de paciente crítico. Os exames que avaliam funcionalidade, como espirometria e pressão transdiafragmática por cateter esofágico, também são pouco reprodutíveis na prática clínica. Neste contexto, o ultrassom ganha força por ser uma

ferramenta portátil, amplamente disponível em ambiente crítico, sem radiação, já demonstrando acurácia similar quando comparado com outros exames de imagem (SARWAL, A.; WALKER, F. O.; CARTWRIGHT, M. S., 2013).

A espessura média do diafragma em pessoas saudáveis é entre 0,22 - 0,28 cm e espessuras menores que 0,2 cm medidas ao final da expiração são consideradas como atrofia diafragmática. Entretanto, a fração de espessamento do diafragma (espessura ao final da inspiração - ao final da expiração / espessura ao final da expiração x 100%) tem se mostrado mais sensível que a espessura isoladamente e valores <20% são consistentes com paralisia. (SARWAL, A.; WALKER, F. O.; CARTWRIGHT, M. S., 2013)

Entre receptores de transplante de pulmão a incidência de lesão de nervo frênico com ou sem disfunção diafragmática relatada varia entre 3,2 a 42% na literatura, porém nem sempre com critérios e métodos de avaliação bem estabelecidos (MAZIAK, D. E.; MAURER, J. R.; KESTEN, S., 1996; FERDINANDE, P. et al., 2004). Recentemente, um estudo avaliou a função do diafragma após o transplante de pulmão em cerca de 30 receptores (LOMAURO, A. et al., 2020), encontrando alterações nos potenciais de ação do nervo frênico em eletromiografia em 100% dos pacientes na alta hospitalar. Além disso, todos os outros parâmetros de função diafragmática apresentaram alteração, incluindo mobilidade e contratilidade avaliados por ultrassonografia (LOMAURO, A. et al., 2020).

4. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir são referentes a três pacientes submetidos a transplante pulmonar unilateral no Hospital de Clínicas de Porto Alegre em 2024, identificados como pacientes 1, 2 e 3. A tabela 1 apresenta de forma resumida os dados dos três pacientes e a seguir cada caso é descrito separadamente.

Paciente	1	2	3
Sexo	Masculino	Masculino	Masculino
Idade (anos)	47	62	60
Doença de base	Silicose	Fibrose pulmonar idiopática	Fibrose pulmonar idiopática
IMC (kg/m ²)	25	29	26
PSAP (mmHg)	37	36	38
SARC - F	4	1	3
Priorização	Não	Não	Sim - CNAF
Lateralidade	Direito	Esquerdo	Esquerdo
Tempo isquemia	10h30min	4h22min	7h42min
BH cirurgia (ml)	+2000	+470	+2250

Tabela 1 - Características dos pacientes e dados relacionados à cirurgia.

Paciente 1

O paciente 1 é um homem de 47 anos com diagnóstico de silicose desde os 40 anos com exposição ocupacional e tomografia compatível. O paciente não apresentava outras comorbidades e não era usuário de oxigênio domiciliar, embora tenha sido internado duas vezes nos 12 meses anteriores ao transplante por exacerbações infecciosas. O IMC estava dentro da normalidade (25kg/m^2) e o escore SARC-F era de 4, sugestivo de sarcopenia. Apresenta diagnóstico de hipertensão pulmonar com PSAP (pressão sistólica da artéria pulmonar) 37 mmHg estimada por ecocardiografia. O tempo em lista foi de 1.060 dias, sem priorização.

O doador apresentava 58 anos, era do sexo feminino, cor branca, com sobrepeso (IMC $26,7\text{ kg/m}^2$) e hipertensão arterial sistêmica. A causa da morte foi hemorragia subaracnoide aneurismática. O transplante foi unilateral à direita e o tempo de isquemia total foi de 10h30min, sendo 09h04min a isquemia fria e 1h26min a isquemia quente. Houve sangramento estimado de 250 ml e recebeu 1500 ml de cristalóide, com balanço hídrico da cirurgia de 2 litros positivo. O procedimento foi realizado com ECMO venoarterial central por decisão do cirurgião e prática do serviço em pacientes de maior risco, porém foi retirado ao final do procedimento.

1º pós-operatório

No 1º pós operatório o paciente apresentava diagnóstico de disfunção primária de enxerto grau 3, com infiltrado radiológico presente e relação PO_2/FiO_2 145. O paciente encontrava-se em ventilação mecânica em modo controlado a pressão com parâmetros protetores: volume corrente médio em torno de $3,8\text{ml/kg}$ /peso ideal do paciente e $5,7\text{ml/kg}$ /peso ideal da doadora. Em relação à hemodinâmica estava instável com uso de noradrenalina dose máxima de $0,2\text{mcg/kg/min}$ e lactato maior $2,5\text{ mmol/L}$. O índice cardíaco

(IC) aferido por cateter de artéria pulmonar era de 2,5 L/min/m², a PVC 9 mmHg e PAP (pressão de artéria pulmonar) média de 33 mmHg (valor considerado hipertensão pulmonar). O paciente apresentou injúria renal aguda classificação KDIGO estágio 2 sem necessidade de terapia de substituição renal com balanço hídrico positivo em 1536 ml nas 24 horas. Considerando instabilidade hemodinâmica, ainda não havia iniciado diuréticos.

Ainda estava em NPO (nada por via oral) e apresentava hiperglicemias, entretanto não necessitou de insulinas. Estava em uso de metilprednisolona e basiliximabe como imunossupressores. Além disso, recebia cefepime e vancomicina profiláticos conforme prática do serviço, sem crescimento de germe em cultura do doador até o momento.

Apesar do infiltrado radiológico o escore de aeração pulmonar do pulmão transplantado era de apenas 1 ponto em 4 campos. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. A veia cava inferior era maior que 2 cm com doppler de veia supra-hepática com onda S reversa e doppler da veia porta com pulsatilidade de 65%, configurando duas alterações graves e, portanto, VExUS grau 3. Não haviam sinais de disfunção sistólica de ventrículo esquerdo em avaliação qualitativa na ecocardiografia à beira-leito. O VTI era de 16,86 cm, abaixo do valor de referência, compatível com redução do índice cardíaco aferido por termodiluição. A relação E/e' septal estava dentro da faixa intermediária, podendo indicar pressões de enchimento normais. A medida de TAPSE era de 1,27 cm, valor considerado abaixo do normal e que pode ser um indicativo de disfunção de ventrículo direito. A fração de espessamento do diafragma foi de 16%, configurando disfunção diafragmática ecográfica conforme descrito em literatura.

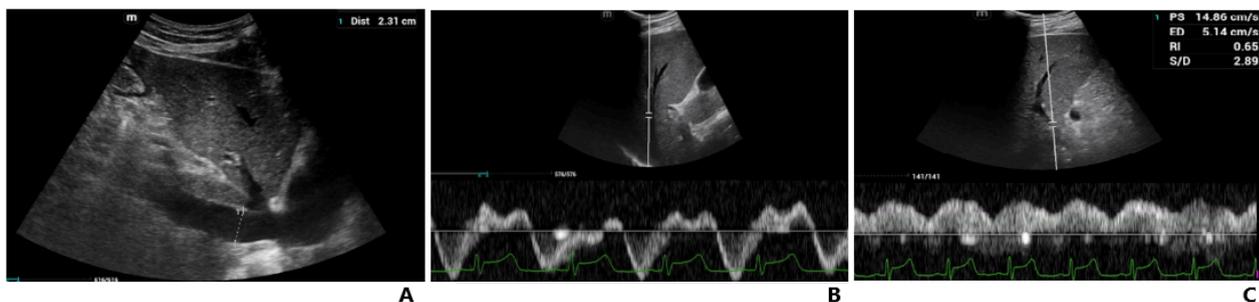


Figura 2 - VExUS do 1º pós-operatório do paciente 1. A. Medida da veia cava inferior de 2,31 cm. B. Doppler da supra-hepática com presença de onda S reversa. C. Doppler da veia porta com pulsatilidade de 65%.

3º pós-operatório

O paciente foi extubado no 2º pós-operatório, mantendo infiltrado radiológico no 3º PO embora com melhora da relação PO_2/FiO_2 , sem critérios para disfunção primária de enxerto. Além disso, houve melhora hemodinâmica sem necessidade de vasopressor e a medida do lactato era normal. A injúria renal estava em curva de melhora, havia recebido 120 mg de furosemida nas 24 horas e o balanço hídrico era negativo em 1142 ml. O balanço hídrico cumulativo no 3º PO era de 310 ml positivo, sendo que nos dias anteriores não havia recebido nenhuma dose de furosemida.

Estava recebendo dieta por via enteral e não apresentava disglucemias. Não havia culturas positivas do doador e seguia com cefepime e vancomicina conforme protocolo da equipe transplantadora. A imunossupressão era feita com corticoide e ainda não haviam sido iniciados outros fármacos.

O escore de aeração pulmonar era alto, compatível com infiltrado em raio-X. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. O escore VExUS reduziu de 3 para 1, denotando melhora parcial dos sinais ecográficos de congestão sistêmica. A relação E/e' septal era de 7,6, valor considerado como pressões de enchimento do ventrículo esquerdo normais. A medida da VTI era de 28 cm, o que provavelmente indica um débito cardíaco

dentro da normalidade. Neste momento o paciente já havia retirado cateter de artéria pulmonar e não havia dados de PVC, PAP e IC disponíveis para comparação. A fração de espessamento do diafragma foi de 0%, sendo que neste momento o paciente se encontrava em ventilação espontânea com óculo-nasal, diferente do primeiro pós-operatório em ventilação mecânica.

7º pós-operatório

O paciente teve alta da UTI no 6º pós-operatório e a avaliação em 7º PO foi realizada em leito de enfermaria. Neste momento o paciente estava em ar ambiente e estável, sendo que o raio-X não demonstrava mais infiltrado no enxerto. A dieta era por via oral e não havia disglicemias. Não havia sinais de infecção em atividade e recebia de forma profilática conforme práticas da equipe de transplante cefepime, anfotericina B e ganciclovir. A imunossupressão estava sendo realizada com corticoide, tacrolimus e micofenolato. A função renal estava normalizada, a furosemida já havia sido suspensa e não havia controle de balanço hídrico. A dose total de furosemida até o 7º PO foi de 180 mg e o balanço hídrico cumulativo foi de 1060 ml positivo.

O escore de aeração pulmonar havia reduzido de 7 para 3 pontos, em consonância com melhora do infiltrado radiológico. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. O escore VExUS era 0, mostrando que não havia mais sinais ecográficos de congestão sistêmica. A relação E/e' septal era de 8,2, valor considerado normal para pressões de enchimento do ventrículo esquerdo. Não havia sinais de disfunção ventricular bilateral na ecocardiografia à beira-leito. A medida da VTI era de 17 cm, valor considerado dentro da normalidade e que provavelmente estava relacionado a um débito cardíaco preservado. A medida de TAPSE havia recuperado de forma significativa para 2,4 cm, valor considerado normal. A fração de espessamento do diafragma era de 27%. Esses dados corroboram a

avaliação clínica de euvolemia, melhora da disfunção do enxerto e melhora dos sinais ecográficos de disfunção diafragmática em contexto de reabilitação.

Paciente 1	1° PO	3° PO	7° PO
Infiltrado radiológico enxerto	Sim	Sim	Não
PO2/FiO2	145	443	NA
DPE (grau)	3	0	0
VM	Sim	Não	Não
VC ml/kg (doador)	5,7	NA	NA
VC ml/kg (receptor)	3,8	NA	NA
Noradrenalina (mcg/kg/min)	0,2	0	0
Lactato maior em 24h (mmol/L)	2,5	0,9	1,1
PVC (mmHg)	9	NA	NA
PAP (mmHg)	44/22 (33)	NA	NA
IC (L/min/m ²)	2,5	NA	NA
IRA	Sim - KDIGO II	Sim - KDIGO I	Não
BHT (ml)	+1536	-1142	NA
BH cumulativo (ml)	+1536	+310	+1060
Peso (kgs)	81	81	80
Dose diária de furosemida (mg)	0	120	0
Dose cumulativa furosemida (mg)	0	120	180
Escore aeração	1	7	3
Deslizamento pleural	Normal	Normal	Normal
Derrame pleural	Ausente	Ausente	Ausente
VExUS	3	1	0
E/e'	9,3	7,6	8,2
Disfunção VE (qualitativo)	Não	Não	Não
VTI (cm)	16	28	17
TAPSE (cm)	1,27	1,38	2,4
Movimento paradoxal do septo IV	Não	Não	Não
Fração espessamento diafragma (%)	16	0	29

Tabela 2 - Dados clínicos e ecográficos do paciente 1

Paciente 2

O paciente 2 é um homem de 62 anos, branco, previamente hipertenso e com sobrepeso (IMC 29 kg/m²). A doença de base era fibrose pulmonar idiopática com hipertensão pulmonar associada (PSAP 36 mmHg em cateterismo direito) e o paciente não era usuário de O₂ domiciliar. Não havia sido internado por exacerbações da doença pulmonar nos doze meses antecedentes ao transplante. O escore SARC-F era de 1, ou seja, não sugestivo de sarcopenia.

O paciente aguardava em lista há 206 dias e não estava priorizado. O doador era um homem de 36 anos, tendo acidente vascular cerebral (AVC) hemorrágico como causa do óbito. O transplante foi unilateral esquerdo, o tempo de isquemia total foi de 04h22min, sendo 02h27min de isquemia fria e 01h55min de isquemia quente. Não foi necessário uso de ECMO no transoperatório. O sangramento foi de 230 ml, sem necessidade de transfusão de hemoderivados. Houve infusão de 1100 ml de cristalóide e o balanço hídrico da cirurgia foi de +470 ml. O lactato máximo no transoperatório foi de 1,3 mmol/L.

1º pós-operatório

O paciente foi extubado no pós-operatório imediato e durante avaliação no 1º PO encontrava-se ventilando espontaneamente por óculo-nasal. Apesar da relação PO₂/FiO₂ de 260, não havia infiltrado radiológico para preencher critério de disfunção primária de enxerto. Além disso, o paciente estava estável, sem uso de droga vasoativa e com lactato sérico normal. Não houve injúria renal aguda, o balanço hídrico nas 24 horas foi positivo em 350 ml com dose única de 40 mg de furosemida.

O paciente estava com dieta por via oral e sem disglycemias. A cultura do doador era positiva para *Klebsiella aerogenes* e o paciente estava recebendo desde a cirurgia profilaxia com cefepime e vancomicina conforme protocolo institucional. A imunossupressão era feita

conforme protocolo da equipe de transplante pulmonar da instituição com metilprednisolona, basiliximab e, além disso, já havia iniciado tacrolimus.

O escore de aeração pulmonar foi de 6, em contraste com raio-X normal. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. Apesar da PVC 18 mmHg, o escore de VExUS foi de 0. Não havia sinais de disfunção ventricular direita ou esquerda conforme avaliação qualitativa na ecocardiografia à beira-leito. Apesar de ainda manter cateter de artéria pulmonar neste momento, houve perda do dado de índice cardíaco por termodiluição e não foi possível medida de VTI por janela cardíaca inadequada. A medida do E/e' parede septal era de 5,72, apontando pressões de enchimento do ventrículo esquerdo baixas. Não foi possível medir a TAPSE nem visualização de movimento paradoxal do septo interventricular por janela inadequada, enquanto a medida direta de pressão da artéria pulmonar demonstrava hipertensão, com PAP média de 28 mmHg. A fração de espessamento do diafragma foi de 16%, configurando disfunção conforme critérios da literatura já abordados.

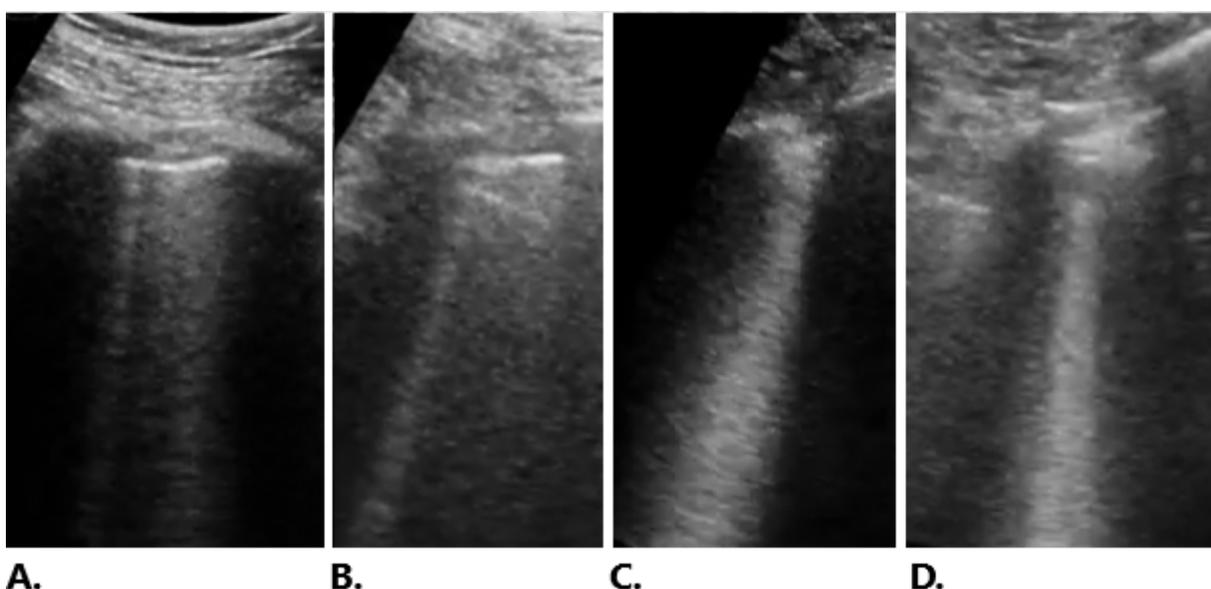


Figura 3 - Escore de aeração pulmonar no 1º pós-operatório do paciente 2. A. Campo E1 com pontuação 1. B. Campo E2 com pontuação 1. C. Campo E3 com pontuação 2. D. Campo E4 com pontuação 2.

3º pós-operatório

O paciente manteve-se sem infiltrado radiológico e com melhora na relação PO₂/FiO₂ de 474 com uso de O₂ por óculo-nasal. Do ponto de vista hemodinâmico estava estável, sem uso de drogas vasoativas e com lactato máximo de 0,8 mmol/L. A função renal seguia normal, a dose de furosemida nas 24 horas foi de 40 mg e o balanço hídrico total foi 82 ml negativo. A dose total de furosemida até o 3º PO foi de 80 mg com balanço hídrico cumulativo de 198 ml negativo.

Não havia outras disfunções orgânicas, mantendo dieta por via oral e sem disglucemias. Seguiu com cefepime e vancomicina por cultura do doador positiva para *Klebsiella aerogenes* e conforme protocolo da equipe de transplante da instituição, sem haver entretanto sinais clínicos de infecção em atividade. A imunossupressão era feita conforme protocolo da instituição com tacrolimus e corticoide.

O escore de aeração pulmonar pela ecografia ainda era 5, em contraste com ausência de infiltrado radiológico. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. O cateter de artéria pulmonar havia sido retirado no 2º pós-operatório e não havia medida de PVC, PAP e IC para comparativo com medidas ecográficas. O escore de VExUS ainda era de 0, denotando não haver sinais de congestão sistêmica ecográfica no momento. Não foi possível avaliação de E/e' e TAPSE por janela ecográfica inadequada. A medida de VTI foi de 15,46 cm, abaixo da normalidade, podendo indicar volume sistólico e portanto débito cardíaco reduzido. Entretanto, não foi realizada medida da via de saída do ventrículo esquerdo para o cálculo adequado de débito cardíaco por ecocardiografia. Houve melhora significativa da fração de espessamento do diafragma para 25%.

7º pós-operatório

O paciente teve alta da UTI no 6º pós-operatório. No 7º PO estava em leito de enfermaria em ar ambiente, sem infiltrado radiológico e com oximetria de pulso normal. Não havia medida de pO₂ arterial por não haver indicação clínica de coleta. A pressão arterial era normal, estava sem drogas vasoativas e não havia medida de lactato. Não havia injúria renal, não havia recebido furosemida nas últimas 24 horas e o balanço hídrico foi de 830 ml negativo. A dose total de furosemida até o 7º PO foi de apenas 80 mg e o balanço hídrico cumulativo foi 183 ml negativo. Mantinha dieta por via oral e com glicemias dentro da normalidade. A imunossupressão era feita com tacrolimus e corticoide. Não haviam sinais de infecção em atividade, porém seguia com cefepime para cobertura de *Klebsiella aerogenes* isolada em cultura do doador. Além disso, havia anfotericina B profilática.

O escore de aeração pulmonar mantinha-se em 6 em contraste com raio-X normal. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. O escore de VExUS em 0, podendo indicar não haver sinais de congestão sistêmica conforme avaliação ecográfica. Na avaliação ecocardiográfica qualitativa, não haviam sinais de disfunção ventricular esquerda e o VTI era de 19 cm, indicando provavelmente débito cardíaco preservado. A TAPSE novamente não foi possível avaliar por janela ecográfica inadequada, apesar de não haver sinais de movimento paradoxal de septo interventricular ou sinais qualitativos de disfunção de ventrículo direito. A fração de espessamento do diafragma aumentou para 35%, valor considerado dentro da normalidade na literatura.

Paciente 2	1° PO	3° PO	7° PO
Infiltrado radiológico enxerto	Não	Não	Não
PO2/FiO2	260	474	NA
DPE (grau)	0	0	0
VM	Não	Não	Não
VC ml/kg (doador)	NA	NA	NA
VC ml/kg (receptor)	NA	NA	NA
Noradrenalina (mcg/kg/min)	0	0	0
Lactato maior em 24h (mmol/L)	1,5	0,8	NA
PVC (mmHg)	18	NA	NA
PAP (mmHg)	36/21 (28)	NA	NA
IC (L/min/m ²)	NA	NA	NA
IRA	Não	Não	Não
BHT (ml)	+350	-82	-830
BH cumulativo (ml)	+350	-198	-1086
Peso (kgs)	91	90,5	93,6
Dose diária de furosemida (mg)	40	40	0
Dose cumulativa furosemida (mg)	40	80	80
Escore aeração	6	5	6
Deslizamento pleural	Normal	Normal	Normal
Derrame pleural	Ausente	Ausente	Ausente
VExUS	0	0	0
E/e'	5,72	NA	7,15
Disfunção VE (qualitativo)	Não	Não	Não
VTI (cm)	NA	15,4	19
TAPSE (cm)	NA	NA	NA
Movimento paradoxal do septo interventricular	Não	Não	Não
Fração espessamento diafragma (%)	16	25	35

Tabela 3 - dados clínicos e ecográficos do paciente 2

Paciente 3

O paciente 3 é do sexo masculino, possui 60 anos e como comorbidades sobrepeso (IMC 26,8 kg/m²) e hipertensão arterial sistêmica. A doença de base era fibrose pulmonar idiopática, sendo usuário de O₂ domiciliar e com diagnóstico de hipertensão pulmonar, com PSAP 38 mmHg por cateterismo direito. O SARC-F era de 3. Havia sido internado uma vez nos últimos 12 meses. O paciente ficou em lista priorizado por um dia, enquanto aguardava transplante na UTI fazendo uso de CNAF.

O doador era um homem de 58 anos, branco, sem comorbidades e vítima de TCE. O transplante foi unilateral esquerdo com tempo de isquemia total de 07h42min, não sendo registrado os tempos de isquemia fria e quente de forma isolada. Não houve sangramento significativo ou necessidade de transfusão no transoperatório e o lactato máximo foi de 2,2 mmol/L. Não necessitou do uso de ECMO para o transplante conforme avaliação do cirurgião. O paciente recebeu 3000 ml de cristalóide e o balanço hídrico transoperatório foi de +2250 ml.

1º pós-operatório

O paciente ainda estava em ventilação mecânica e com diagnóstico de disfunção primária de enxerto grau 3 - havia infiltrado radiológico e a relação PO₂/FiO₂ era de 172. O escore de aeração pulmonar era de 4. O paciente estava em ventilação mecânica controlada a pressão e com volume corrente de 440ml, em torno de 6,1 ml/kg/peso predito do paciente e 5,3 ml/kg/peso predito do doador. O paciente ainda apresentava instabilidade com necessidade de uso de noradrenalina em dose máxima de 0,1mcg/kg/min nas últimas 24 horas e maior medida de lactato de 1,2 mmol/L. A PVC era de 15 mmHg, PAP 48/30 mmHg e índice cardíaco 2,5 L/min/m². Apresentava função renal normal, havia recebido até o momento 40 mg de furosemida e o balanço hídrico de 1887 ml negativo.

O paciente estava sem dieta e apresentava disglucemias com necessidade de insulina endovenosa. A imunossupressão era feita com metilprednisolona e basiliximab conforme protocolo da equipe de transplante pulmonar da instituição. A cultura do doador isolou *Serratia marcescens* e o paciente estava recebendo meropenem e vancomicina como parte do protocolo da equipe de transplante da instituição.

O escore de aeração pulmonar era de 4, considerado como infiltrado ecográfico pulmonar significativo e associado a infiltrado radiológico presente. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. O escore VExUS era 0, apesar de PVC alta. Na avaliação ecocardiográfica não haviam sinais de disfunção sistólica do ventrículo esquerdo. O VTI era de 15,37 cm, abaixo da normalidade e podendo indicar débito cardíaco reduzido, compatível com medida alterada de índice cardíaco aferido por termodiluição. A medida do E/e' parede septal era de 5,69, apontando pressões de enchimento do ventrículo esquerdo baixas. Não foi possível medir a TAPSE por janela inadequada e não havia sinais de movimento paradoxal do septo interventricular. A fração de espessamento do diafragma era de 38%, considerada normal conforme revisão de literatura citada anteriormente.

3º pós-operatório

Ao 3º dia de pós-operatório o paciente se encontrava internado na UTI fora de ventilação mecânica, sendo extubado no 2º dia. Neste momento não apresentava mais infiltrado radiológico no enxerto nem hipoxemia, com relação PO₂/FiO₂ 554. Além disso, estava hemodinamicamente estável sem uso de vasopressor e com lactato máximo de 1,5 mmol/L. O cateter de artéria pulmonar já havia sido retirado e, portanto, não havia informação disponível quanto a PVC, PAP e IC. A função renal seguia normal, a dose de furosemida no 3º dia foi de 40 mg e o balanço das últimas 24 horas foi de 58 ml negativo. A dose total de

furosemida até o 3º PO foi de 120 mg e o balanço hídrico cumulativo foi de 3300 ml negativo.

A dieta era por via oral em dose calórica plena e apresentava disglícemias necessitando de insulina regular em infusão contínua conforme protocolo institucional. Não haviam sinais clínicos de infecção em atividade, porém ainda estava em uso de vancomicina e meropenem com cultura do doador positiva para *Serratia marcescens*. A imunossupressão foi iniciada com tacrolimus e mantinha uso de corticoide.

O escore de aeração pulmonar era de 3, ou seja, neste momento compatível com ausência de infiltrado radiológico. Não havia derrame pleural e o deslizamento pleural era normal. O escore VExUS era 0 denotando ausência de sinais ecográficos de congestão sistêmica. Na avaliação ecocardiográfica não haviam sinais de disfunção sistólica do ventrículo esquerdo, o VTI era de 21,37 cm indicando débito cardíaco dentro da normalidade e a medida do E/e' parede septal era de 11,32 (pressões de enchimento no limite superior da normalidade). Não foi possível medir a TAPSE por janela inadequada e não havia sinais de movimento paradoxal do septo interventricular. A fração de espessamento do diafragma era de 40%, considerada normal conforme revisão de literatura citada anteriormente.

7º pós operatório

O paciente ainda estava internado na UTI e mantinha-se fora de ventilação mecânica. Não havia infiltrado radiológico no enxerto e não havia hipoxemia avaliada por oximetria de pulso (neste momento sem medida de gasometria diária e pO₂ arterial por não haver indicação clínica). Houve necessidade transitória de uso de vasopressor em doses baixas (noradrenalina com dose máxima de 0,09 mcg/kg/min) associado ao uso de dexmedetomidina por delirium hiperativo. Seguiu sem cateter de artéria pulmonar para medidas hemodinâmicas invasivas e não havia coleta de lactato. A função renal era preservada, a dose de furosemida

em 24 horas foi de 40 mg e o balanço hídrico foi de 898 positivo. Até o 7° PO a dose total de furosemida foi de 220 mg e o balanço hídrico cumulativo de 1310 ml negativo.

O paciente ainda seguia com necessidade de insulina endovenosa contínua conforme protocolo institucional para controle de hiperglicemias. A imunossupressão era feita com tacrolimus e corticoide. A terapia antimicrobiana foi descalorada para piperacilina-tazobactam conforme perfil de sensibilidade da *Serratia* isolada do doador.

Ao 7° PO o paciente apresentava escore de aeração pulmonar de 0, compatível com ausência de infiltrado radiológico. Além disso, havia deslizamento pleural normal e sem sinais de derrame pleural que indicassem outras complicações pulmonares. O escore de VExUS era de 0, indicando ausência de sinais ecográficos maiores de congestão sistêmica. A relação E/e' era de 9,8, indicando pressões de enchimento de ventrículo esquerdo normais. Não haviam sinais qualitativos de disfunção ventricular esquerda e o VTI era pouco reduzido. Entretanto, a medida do VTI isolada sem diâmetro da via de saída e frequência cardíaca do momento para o cálculo do índice cardíaco impedem de inferir que o débito cardíaco pudesse estar reduzido. Não havia janela ecográfica adequada para medida da TAPSE, porém não havia movimento paradoxal do septo interventricular que apontasse sobrecarga de câmaras direitas. Por fim, a fração de espessamento do diafragma seguia dentro dos valores normais estipulados pela literatura, não havendo sinais ecográficos de disfunção diafragmática.

Paciente 3	1° PO	3° PO	7° PO
Infiltrado radiológico enxerto	Sim	Não	Não
PO2/FiO2	172	554	NA
DPE (grau)	3	0	0
VM	Sim	Não	Não
VC ml/kg (doador)	6,1	NA	NA
VC ml/kg (receptor)	5,3	NA	NA
Noradrenalina (mcg/kg/min)	0,1	0	0,09

Lactato maior em 24h (mmol/L)	1,2	1,5	NA
PVC (mmHg)	15	NA	NA
PAP (mmHg)	48/30 (36)	NA	NA
IC (L/min/m²)	2,5	NA	NA
IRA	Não	Não	Não
BHT (ml)	-1887	-58	+898
BH cumulativo (ml)	-1887	-3329	-183
Peso (kgs)	84	82	81,5
Dose diária de furosemida (mg)	40	40	40
Dose cumulativa furosemida (mg)	40	120	220
Escore aeração	4	3	0
Deslizamento pleural	Normal	Normal	Normal
Derrame pleural	Ausente	Ausente	Ausente
VExUS	0	0	0
E/e'	5,69	11,32	9,8
Disfunção VE (qualitativo)	Não	Não	Não
VTI (cm)	15,3	21,3	16
TAPSE (cm)	NA	NA	NA
Movimento paradoxal do septo interventricular	Não	Não	Não
Fração espessamento diafragma (%)	38	40	35

Tabela 4 - dados clínicos e ecográficos do paciente 3

5. DISCUSSÃO

Este é um dos primeiros estudos que aplicou um protocolo próprio de avaliação ecográfica em pacientes em pós-operatório de transplante pulmonar. Os resultados apresentados são preliminares e delimitados apenas àqueles que realizaram o transplante unilateral. Considerando que foi realizado o relato descritivo da evolução clínica e dados coletados de somente três pacientes, não é possível realizar associações com os desfechos. Esses dados nos permitem no momento apenas hipotetizar as relações de causa e consequência, devendo ser observados com cautela.

Os pacientes 1 e 3 apresentaram instabilidade hemodinâmica com necessidade de doses moderadas de vasopressor no 1º PO. Além disso, ambos desenvolveram DPE grau 3 no 1º PO e tiveram tempo de ventilação mecânica de 3 dias. Considerando dados apresentados em literatura previamente, pode-se destacar que esses pacientes tiveram como fator de risco o tempo de isquemia mais prolongados (10h30min no paciente 1 e 7h42min no paciente 3) e balanço hídrico transoperatório em torno de 2 litros positivo. Houve ainda a presença de injúria renal aguda e necessidade de doses mais elevadas de diurético ao longo dos primeiros sete dias de pós-operatório.

O paciente 2 apresentou os melhores resultados como a ausência de disfunção primária de enxerto, menor tempo de ventilação mecânica e ausência de instabilidade hemodinâmica significativa. Um dos principais fatores que podem explicar esses desfechos é o tempo curto de isquemia, já descrito em literatura como protetor para disfunção de enxerto. Além disso, esse paciente apresentou menor balanço hídrico transoperatório e menor balanço cumulativo no D7, mesmo com necessidade de doses baixas de diurético. Além disso, o paciente apresentava melhor funcionalidade com questionário SARC-F baixo, indicando que possivelmente não possuía sarcopenia.

Apesar das vantagens da ecografia como a execução à beira do leito, a ampla disponibilidade em UTIs de alta complexidade e a ausência de radiação ionizante, é evidente que o método apresenta algumas limitações. A ultrassonografia é um método operador dependente e requer treinamento.

Diferente de alguns estudos citados na revisão bibliográfica, nessa pequena amostra de 3 casos não houve correlação entre um escore de aeração pulmonar maior que 4 e infiltrado radiológico na maioria das medidas. Nesses três casos descritos não houve sinais de outras complicações pulmonares como pneumotórax ou derrame pleural nem na avaliação ecográfica nem em exame de raio-X.

O escore VExUS foi positivo para congestão sistêmica em um dos três pacientes, sendo que evoluiu com redução gradual até a normalização dentro dos primeiros 7 dias após terapia com diurético. Neste caso em específico o uso do VExUS poderia ter auxiliado o intensivista na tomada de decisão e acompanhamento de resposta à terapia. Entretanto, mesmo naqueles pacientes com VExUS 0, foi necessário o uso de diurético para negatização do balanço hídrico como estratégia de proteção do enxerto.

Além disso, em todos esses pacientes o cateter de artéria pulmonar já não estava mais disponível a partir do 3º pós-operatório, o que mostra uma necessidade de avaliação hemodinâmica de forma não invasiva. Entretanto, a maioria das medidas ecocardiográficas foi prejudicada pela janela inadequada relacionada ao pós-operatório, sendo que o único paciente que conseguiu ser avaliado de forma completa de acordo com o protocolo foi o paciente com transplante à direita.

Por fim, dois dos três pacientes apresentaram sinais ecográficos de disfunção diafragmática por fração de espessamento reduzida. Não obstante, o significado clínico desse dado é incerto, já que o paciente 2 apresentou espessamento reduzido no 1º PO mesmo com evolução favorável e extubação precoce.

Desfechos	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
DPE (0-3)	3	0	3
Tempo VM (dias)	3	1	3
Tempo UTI após transplante (dias)	6	6	11

Tabela 5 - desfechos

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como perspectivas futuras, destaca-se a necessidade de ampliar os estudos envolvendo um maior número de pacientes e diferentes centros, com o objetivo de validar os achados e estabelecer protocolos padronizados para o uso da ultrassonografia no manejo pós-operatório de transplantes pulmonares. Além disso, o aprofundamento das investigações sobre o impacto de diferentes parâmetros ecográficos nos desfechos de curto e longo prazo poderá contribuir para avanços na prática clínica e redução de complicações.

REFERÊNCIAS

1. DI NARDO, M. et al. Postoperative Management of Lung Transplant Recipients in the Intensive Care Unit. *Anesthesiology*, v. 136, n. 3, p. 482–499, 15 dez. 2021.
2. SCHULTZE, B. S. Fluid Management in Lung Transplant Patients. *Nursing Clinics of North America*, v. 52, n. 2, p. 301–308, jun. 2017.
3. PEREZ, A. A.; SHAH, R. J. Critical Care of the Lung Transplant Patient. *Clinics in Chest Medicine*, v. 43, n. 3, p. 457–470, 1 set. 2022.
4. TRINH, B. N.; BRZEZINSKI, M.; KUKREJA, J. Early Postoperative Management of Lung Transplant Recipients. *Thoracic Surgery Clinics*, v. 32, n. 2, p. 185–195, maio 2022.
5. KIM, S. Y. et al. Critical Care after Lung Transplantation. *Acute and Critical Care*, v. 33, n. 4, p. 206–215, 30 nov. 2018.
6. CEDERHOLM, T. et al. ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. *Clinical Nutrition*, v. 36, n. 1, p. 49–64, fev. 2017.
7. BEAUBIEN-SOULIGNY, W. et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *The Ultrasound Journal*, v. 12, n. 1, p. 16, 9 abr. 2020.
8. VALAPOUR, M. et al. OPTN/SRTR 2020 Annual Data Report: Lung. *American Journal of Transplantation*, v. 22, p. 438–518, 1 mar. 2022.
9. SHAH, P.; NEUJAHR, D. C. Lung transplantation: candidate selection and timing of transplant. *Current Opinion in Organ Transplantation*, v. 26, n. 3, p. 302–308, 14 abr. 2021.
10. SINGER, J. P. et al. Body Composition and Mortality after Adult Lung Transplantation in the United States. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 190, n. 9, p. 1012–1021, 1 nov. 2014.
11. DING, Q. et al. Evaluation of nutritional status in lung transplant recipients and its correlation with post-transplant short-term prognosis: a retrospective study. *Annals of Translational Medicine*, v. 10, n. 14, p. 793–793, 1 jul. 2022.
12. AFONSO JÚNIOR, J. E. et al. Lung transplantation. *Einstein (São Paulo)*, v. 13, n. 2, p. 297–304, jun. 2015.
13. RODRIGUES-FILHO EM, FRANKE CA, JUNGES JR. Transplante de pulmão e alocação de órgãos no Brasil: necessidade ou utilidade. *Rev Saude Publica*. 2019;53:23.
14. THAKURIA, L. et al. Mechanical ventilation after lung transplantation. *Journal of critical care*, v. 31, n. 1, p. 110–8, fev. 2016.

15. MUNSHI, L. et al. The Association Between Extravascular Lung Water and Critical Care Outcomes Following Bilateral Lung Transplantation. *Transplantation Direct*, v. 8, n. 10, p. e1376, 26 set. 2022.
16. PILCHER, D. V. et al. High central venous pressure is associated with prolonged mechanical ventilation and increased mortality after lung transplantation. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, v. 129, n. 4, p. 912–8, 2005.
17. CHUNG, P. J.; DILLING, D. F. Immunosuppressive strategies in lung transplantation. *Annals of Translational Medicine*, v. 8, n. 6, p. 409–409, 27 fev. 2020.
18. TRACHUK, P. et al. Infectious Complications in Lung Transplant Recipients. *Lung*, v. 198, n. 6, p. 879–887, 9 nov. 2020.
19. ALSAEED, M.; HUSAIN, S. Infections in Heart and Lung Transplant Recipients. *Critical care clinics*, v. 35, n. 1, p. 75–93, jan. 2019.
20. COIFFARD, B. et al. Worldwide clinical practices in perioperative antibiotic therapy for lung transplantation. *BMC Pulmonary Medicine*, v. 20, n. 1, 29 abr. 2020.
21. KOTTON, C. N. et al. The Third International Consensus Guidelines on the Management of Cytomegalovirus in Solid-organ Transplantation. *Transplantation*, v. 102, n. 6, p. 900–931, jun. 2018..
22. GREEN, H. et al. Prophylaxis of Pneumocystis Pneumonia in Immunocompromised Non-HIV-Infected Patients: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Mayo Clinic Proceedings*, v. 82, n. 9, p. 1052–1059, set. 2007.
23. DOLIGALSKI, C. T. et al. Epidemiology of invasive mold infections in lung transplant recipients. *American Journal of Transplantation: Official Journal of the American Society of Transplantation and the American Society of Transplant Surgeons*, v. 14, n. 6, p. 1328–1333, 1 jun. 2014.
24. PEGHIN, M. et al. Community-acquired Respiratory Viruses Are a Risk Factor for Chronic Lung Allograft Dysfunction. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, v. 69, n. 7, p. 1192–1197, 13 set. 2019.
25. JOMPHE, V.; LANDS, L.; MAILHOT, G. Nutritional Requirements of Lung Transplant Recipients: Challenges and Considerations. *Nutrients*, v. 10, n. 6, p. 790, 19 jun. 2018.
26. THE NICE-SUGAR STUDY INVESTIGATORS. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients. *New England Journal of Medicine*, v. 360, n. 13, p. 1283–1297, 26 mar. 2009.
27. CHACON-ALBERTY, L. et al. Primary Graft Dysfunction in Lung Transplantation: A Review of Mechanisms and Future Applications. *Transplantation*, v. 107, n. 8, p. 1687–1697, 20 jul. 2023.

28. RECH, T. H. et al. Brain death-induced inflammatory activity in human pancreatic tissue: a case-control study. *Transplantation*, v. 97, n. 2, p. 212–9, 2014.
29. SCHWARZ, P. et al. Brain Death-Induced Inflammatory Activity is Similar to Sepsis-Induced Cytokine Release. *Cell Transplantation*, v. 27, n. 10, p. 1417–1424, 20 set. 2018.
30. WIGFIELD, C. H. et al. Early Institution of Extracorporeal Membrane Oxygenation for Primary Graft Dysfunction After Lung Transplantation Improves Outcome. *Journal of Heart and Lung Transplantation*, v. 26, n. 4, p. 331–338, 1 abr. 2007.
31. JAWITZ, O. K. et al. Factors associated with short- versus long-term survival after lung transplant. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, v. 163, n. 3, p. 853-860.e2, mar. 2022.
32. VANDERVEST, K. M.; ZAMORA, M. R. Recipient risk factors and lung transplant outcomes. *Current opinion in organ transplantation*, v. 18, n. 5, p. 531–536, 1 out. 2013.
33. FUEHNER, T. 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, abr. 2012.
34. ALLEN, J. G. et al. The impact of recipient body mass index on survival after lung transplantation. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, v. 29, n. 9, p. 1026–1033, set. 2010.
35. LEDERER, D. J. et al. Obesity and Underweight Are Associated with an Increased Risk of Death after Lung Transplantation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 180, n. 9, p. 887–895, 1 nov. 2009.
36. WEIG, T. et al. Core Muscle Size Predicts Postoperative Outcome in Lung Transplant Candidates. *The Annals of Thoracic Surgery*, v. 101, n. 4, p. 1318–1325, 1 abr. 2016.
37. SCHROEDER, I. et al. Lung Ultrasound as a Promising Diagnostic Tool for Primary Graft Dysfunction after Lung Transplantation. *Ultraschall in der Medizin (Stuttgart, Germany : 1980)*, v. 44, n. 5, p. 537–543, out. 2023.
38. BOUSSIER, J. et al. Lung Ultrasound Score on Postoperative Day 1 Is Predictive of the Occurrence of Pulmonary Complications after Major Abdominal Surgery: A Multicenter Prospective Observational Study. *Anesthesiology*, v. 140, n. 3, p. 417–429, jan. 2024.
39. SZABÓ, M. et al. The role of ultrasonographic lung aeration score in the prediction of postoperative pulmonary complications: an observational study. *BMC anesthesiology*, v. 21, n. 1, p. 19, 14 jan. 2021.

40. YIN, W. et al. Poor lung ultrasound score in shock patients admitted to the ICU is associated with worse outcome. *BMC Pulmonary Medicine*, v. 19, n. 1, 3 jan. 2019.
41. DAVIDSEN, J. R. et al. Lung Ultrasound in the Assessment of Pulmonary Complications After Lung Transplantation. *Ultraschall in der Medizin (Stuttgart, Germany : 1980)*, v. 41, n. 2, p. 148–156, abr. 2020.
42. BHARDWAJ, V. et al. Combination of Inferior Vena Cava Diameter, Hepatic Venous Flow, and Portal Vein Pulsatility Index: Venous Excess Ultrasound Score (VEXUS Score) in Predicting Acute Kidney Injury in Patients with Cardiorenal Syndrome: A Prospective Cohort Study. *Indian Journal of Critical Care Medicine: Peer-Reviewed, Official Publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, v. 24, n. 9, p. 783–789, 1 set. 2020.
43. LONGINO, A. et al. Prospective Evaluation of Venous Excess Ultrasound (VExUS) for Estimation of Venous Congestion. *Chest*, 1 out. 2023.
44. PIERRE-GRÉGOIRE GUINOT et al. Doppler study of portal vein and renal venous velocity predict the appropriate fluid response to diuretic in ICU: a prospective observational echocardiographic evaluation. *Critical Care*, v. 26, n. 1, 5 out. 2022.
45. SFERRAZZA PAPA, G. F. et al. A Review of the Ultrasound Assessment of Diaphragmatic Function in Clinical Practice. *Respiration*, v. 91, n. 5, p. 403–411, 2016.
46. SARWAL, A.; WALKER, F. O.; CARTWRIGHT, M. S. Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. *Muscle & Nerve*, v. 47, n. 3, p. 319–329, 4 fev. 2013.
47. MAZIAK, D. E.; MAURER, J. R.; KESTEN, S. Diaphragmatic paralysis: A complication of lung transplantation. *The Annals of Thoracic Surgery*, v. 61, n. 1, p. 170–173, 1 jan. 1996.
48. FERDINANDE, P. et al. Phrenic nerve dysfunction after heart-lung and lung transplantation. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, v. 23, n. 1, p. 105–109, 1 jan. 2004.
49. LOMAURO, A. 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, ago. 2020.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nº do projeto GPPG ou CAAE: 75943023.7.0000.5327

Título do Projeto: Fatores preditores do desenvolvimento de disfunção primária de enxerto em pacientes submetidos a transplante pulmonar - o papel das proteínas de choque térmico

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa cujo objetivo é avaliar alterações nos exames de sangue e imagem que estejam relacionados com a evolução de pacientes após transplante pulmonar. Esta pesquisa está sendo realizada pelo Serviço de Medicina Intensiva do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Se você aceitar o convite, sua participação na pesquisa envolverá:

1. Consultar o seu prontuário para avaliação da história da doença e exames realizados antes e após a cirurgia.
2. Biópsia do músculo diafragma: este músculo está envolvido na respiração e é localizado na transição do tórax para o abdômen, acessível durante a cirurgia do transplante. Será coletada pequena quantidade de material (1g) enquanto estiver em anestesia geral, não provocando dor. Essa biópsia será avaliada em laboratório para estudar as características das células do músculo.
3. Serão realizadas coletas de sangue em dois momentos: imediatamente antes do início da cirurgia e 6 horas após o término. Serão coletados 40 ml de sangue do cateter já instalado para as medicações, sem necessidade de nova punção.
4. Ecografias da coxa, tórax, diafragma e cardíaca realizadas à beira do leito pelos médicos pesquisadores, sem custo adicional, no primeiro, terceiro e sétimo dia de pós-operatório.

Os possíveis riscos ou desconfortos decorrentes da participação na pesquisa são:

1. Há mínimo risco de vazamento de informações no prontuário eletrônico, mas a equipe de pesquisa se compromete com o maior cuidado e sigilo dos dados. Os dados serão mantidos em sigilo e publicados em conjunto e de forma anônima, sem o nome do paciente.
2. A biópsia será realizada durante a cirurgia em que o músculo já estará exposto, com retirada de mínima quantidade de material (1g), podendo haver mínimo sangramento no local. Devido à realização de anestesia geral para o transplante, não há risco de dor. Não há risco de dano ao funcionamento do músculo, pela retirada de apenas 1g.
3. As coletas de sangue serão realizadas em cateter venoso central, sem necessidade de nova punção ou dor durante a manipulação. Há risco pequeno de dano ao cateter com necessidade de um novo acesso venoso central.
4. A ecografia é um exame não invasivo que pode causar pequeno desconforto, sem riscos conhecidos.

Rubrica do participante: _____
CEP Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Rubrica do pesquisador: _____

Os possíveis benefícios decorrentes da participação na pesquisa não são diretos aos participantes, porém poderá contribuir para o entendimento dos cuidados necessários em transplante de pulmão e poderá beneficiar outros pacientes no futuro.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que você receberá ou poderá vir a receber na instituição.

Ressaltamos que a assinatura deste documento não garante a realização do transplante pulmonar e que apenas os pacientes que efetivamente forem transplantados terão os dados incluídos no estudo.

Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação na pesquisa e você não terá nenhum custo com respeito aos procedimentos envolvidos.

Caso ocorra alguma intercorrência ou dano, resultante de sua participação na pesquisa, você receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo financeiro.

Os dados coletados durante a pesquisa serão sempre tratados confidencialmente. Os resultados serão apresentados de forma conjunta, sem a identificação dos participantes, ou seja, o seu nome não aparecerá na publicação dos resultados.

Caso você tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Ana Maria Delgado Cunha, pelo telefone (51) 983225428, com o pesquisador Tatiana Helena Rech, pelo telefone (51) 99959 3669 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), pelo e-mail cep@hcpa.edu.br, telefone (51) 33596246 ou Av. Protásio Alves, 211 - Portão 4 - 5º andar do Bloco C - Rio Branco - Porto Alegre/RS, de segunda à sexta, das 8h às 17h.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma para o participante e outra para os pesquisadores.

Nome do participante da pesquisa

Assinatura

Nome do pesquisador que aplicou o termo

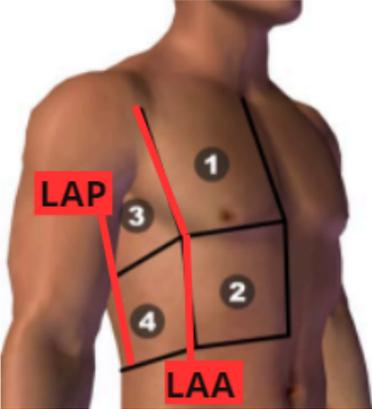
Assinatura

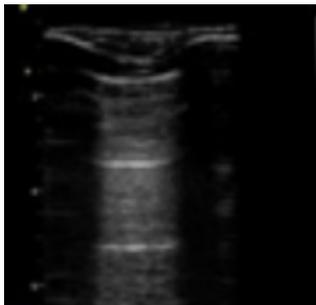
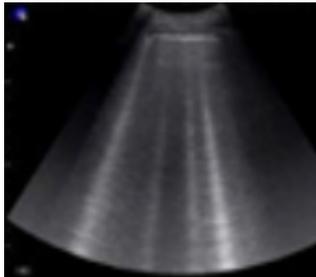
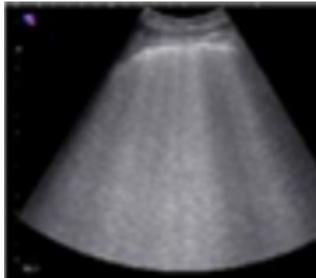
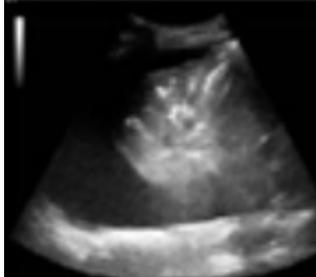
Local e Data: _____

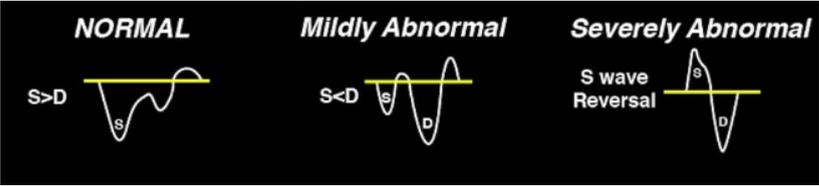
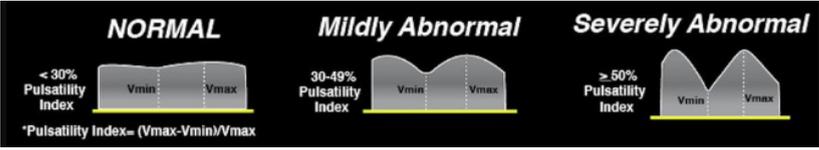
Rubrica do participante: _____
CEP Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Rubrica do pesquisador: _____

APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA

1. Identificação						
Nome:	Prontuário:					
1º dia						
US pulmonar						
Pulmão Direito	D1	D2	D3	D4		
Escore aeração (0-3)						
Deslizamento pleural*						
Derrame pleural*						
Pulmão Esquerdo	E1	E2	E3	E4		
Escore aeração (0-3)						
Deslizamento pleural						
Derrame pleural						
<p>*Deslizamento pleural: presente (+), ausente (-) ou reduzido (↓).</p> <p>*Derrame pleural: ausente, pequeno, moderado, grande.</p> <p>*Campos pulmonares</p>						
<div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <p>LAA: linha axilar anterior LAP: linha axilar posterior</p>						
*Escore aeração						

0	Normal: padrão linhas A (horizontais) com menos de 2 linhas B.	
1	Perda moderada da aeração: múltiplas linhas B (regular ou irregularmente espaçadas ou coalescentes), visíveis em apenas uma área limitada do espaço intercostal.	
2	Perda severa da aeração: múltiplas linhas B coalescentes em um ou mais espaços intercostais.	
3	Perda completa da aeração: consolidação com ou sem broncograma aéreo.	

Protocolo VExUS	
VCI > 2 cm:	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Doppler veia hepática:	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alteração leve <input type="checkbox"/> Alteração grave 
Doppler veia porta:	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alteração leve <input type="checkbox"/> Alteração grave 
Escore final:	
Ecocardiografia	
Disfunção sistólica VE:	<input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderada/grave
VTI	
E/e'	
TAPSE	
Movimento paradoxal do septo IV:	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
US diafragma	
Fração espessamento:	