



PRÉ-HABILITAÇÃO EM PACIENTES ELEGÍVEIS PARA TRANSPLANTE PULMONAR

Cristianne Rafael Campos ¹, Luiz Fernando Rodrigues Junior ², Juliana Rega de Oliveira ², Antônia Edna Viana Martins ¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Cardiovasculares, Instituto Nacional de Cardiologia - INC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ² Serviço de Fisioterapia Cardiovascular, Pesquisa e Ensino e Serviço de Transplante Pulmonar, Instituto Nacional de Cardiologia - INC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

Introdução: O transplante pulmonar (TP) é o tratamento de escolha para pacientes com doença pulmonar avançada cujos sintomas clínicos são refratários ao tratamento convencional, proporcionando melhora na qualidade de vida e aumento da sobrevida. Com os avanços científicos nas técnicas cirúrgicas e no uso de imunossupressores, houve aumento da sobrevida e, consequentemente, do número de pacientes em lista de espera. Por outro lado, o tempo de espera por um transplante pulmonar é prolongado, em razão da menor disponibilidade de doadores adequados, da qualidade do órgão ofertado, da compatibilidade, da urgência clínica dos receptores e de critérios de alocação mais rigorosos, resultando em elevada mortalidade na lista de espera. As alterações fisiopatológicas da doença pulmonar promovem dispneia e intolerância ao exercício, devido ao seu efeito prejudicial sobre a carga dos músculos respiratórios, a força periférica e a capacidade funcional.

Objetivo: Demonstrar o panorama atual do transplante pulmonar, bem como o impacto da reabilitação pulmonar em pacientes elegíveis ao TP que evoluem com piora da capacidade funcional, além de descrever o programa de fisioterapia cardiopulmonar pré-transplante pulmonar.

Materiais e Métodos: Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, com descrição do protocolo institucional de pré-habilitação fisioterapêutica destinado a pacientes elegíveis ao TP do Instituto Nacional de Cardiologia (INC), Rio de Janeiro, Brasil, com base no protocolo vigente.

Conclusão: A reabilitação pulmonar melhora a força dos músculos respiratórios e da musculatura periférica, além da capacidade funcional, aumentando a tolerância ao exercício, a resistência e a potência. Dessa forma, evidencia-se a importância da reabilitação para otimizar a condição clínica do paciente durante o período de espera na lista de transplantes.

Palavras-chave: transplante pulmonar; reabilitação pulmonar; reabilitação cardíaca; fraqueza muscular periférica; fisioterapia.

ABSTRACT

Introduction: Lung transplantation (LT) is the treatment of choice for patients with advanced lung disease whose clinical symptoms are refractory to conventional therapy, providing improvements in quality of life and increased survival. Advances in surgical techniques and the use of immunosuppressive therapies have led to improved survival rates and, consequently, an increased number of patients on the transplant waiting list. On the other hand, waiting times for lung transplantation remain prolonged due to the limited availability of suitable donors, organ quality, compatibility issues, recipients' clinical urgency, and more stringent allocation criteria, resulting in high mortality rates among patients on the waiting list.

The pathophysiological alterations associated with advanced lung disease promote dyspnea and exercise intolerance due to their detrimental effects on respiratory muscle load, peripheral muscle strength, and functional capacity.

Objective: To present the current landscape of lung transplantation and evaluate the impact of pulmonary rehabilitation in patients eligible for LT who experience a decline in functional capacity, as well as to describe the pre-lung transplantation cardiopulmonary physiotherapy program.

Materials and Methods: This study consists of a narrative literature review, including a description of the institutional physiotherapeutic prehabilitation protocol designed for patients eligible for LT at the Instituto Nacional de Cardiologia (INC), Rio de Janeiro, Brazil, based on the current institutional protocol.

Conclusion: Pulmonary rehabilitation improves respiratory and peripheral muscle strength as well as functional capacity, thereby increasing exercise tolerance, endurance, and power. These findings highlight the importance of rehabilitation in optimizing patients' clinical condition during the waiting period for lung transplantation.

Keywords: lung transplantation; pulmonary rehabilitation; cardiac rehabilitation; peripheral muscle weakness; physiotherapy.

RESUMEN

Introducción: El trasplante pulmonar (TP) es el tratamiento de elección para pacientes con enfermedad pulmonar avanzada cuyos síntomas clínicos son refractarios al tratamiento convencional, proporcionando mejoría en la calidad de vida y aumento de la supervivencia. Con los avances científicos en las técnicas quirúrgicas y en el uso de inmunosupresores, se ha producido un aumento de la supervivencia y, en consecuencia, del número de pacientes en lista de espera. Por otro lado, el tiempo de espera para un trasplante pulmonar es prolongado debido a la menor disponibilidad de donantes adecuados, la calidad del órgano ofertado, la compatibilidad, la urgencia clínica de los receptores y criterios de asignación más rigurosos, lo que resulta en una elevada mortalidad en la lista de espera.

Las alteraciones fisiopatológicas de la enfermedad pulmonar promueven disnea e intolerancia al ejercicio debido a su efecto perjudicial sobre la carga de los músculos respiratorios, la fuerza periférica y la capacidad funcional.

Objetivo: Presentar el panorama actual del trasplante pulmonar, así como evaluar el impacto de la rehabilitación pulmonar en pacientes elegibles para TP que presentan deterioro de la capacidad funcional, además de describir el programa de fisioterapia cardiopulmonar previo al trasplante pulmonar.

Materiales y Métodos: Se trata de una revisión narrativa de la literatura, con la descripción del protocolo institucional de prehabilitación fisioterapéutica destinado a pacientes elegibles para TP del Instituto Nacional de Cardiología (INC), Río de Janeiro, Brasil, basada en el protocolo institucional vigente.

Conclusión: La rehabilitación pulmonar mejora la fuerza de los músculos respiratorios y de la musculatura periférica, además de la capacidad funcional, aumentando la tolerancia al ejercicio, la resistencia y la potencia. De este modo, se evidencia la importancia de la rehabilitación para optimizar la condición clínica del paciente durante el período de espera en la lista de trasplantes.

Palabras clave: trasplante pulmonar; rehabilitación pulmonar; rehabilitación cardíaca; debilidad muscular periférica; fisioterapia.

INTRODUÇÃO

Pacientes com diferentes etiologias de doença pulmonar, como fibrose cística, fibrose pulmonar crônica, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), fibrose pulmonar idiopática e hipertensão pulmonar, podem evoluir para uma doença avançada, sem respostas clínicas ao tratamento convencional, afetando a qualidade de vida do paciente, bem como as atividades da vida diária, que estão associadas à dispneia e à fadiga (1).

O transplante de pulmão é um tratamento globalmente aceito e estabelecido para pacientes com diversas doenças pulmonares em estágio terminal e é capaz de melhorar a qualidade de vida, proporcionando maior sobrevida aos receptores. O Brasil é responsável por aproximadamente 700 transplantes, dos 40.000 realizados desde 1983 em todo o mundo, com apenas sete centros de transplante. A taxa média de sobrevida é de 5,8 anos; no entanto, ainda está abaixo em relação a outros órgãos sólidos (2).

Nas últimas décadas, avanços nas técnicas cirúrgicas, no manejo imunossupressor e no cuidado multidisciplinar contribuíram para maior sobrevida e melhor qualidade de vida desses pacientes, e a prática do transplante pulmonar evoluiu significativamente. Entretanto, apesar desses avanços, a sobrevida pós-transplante é inferior à observada em outros transplantes de órgãos sólidos: 85,3% dos receptores de transplante de pulmão sobrevivem até 1 ano; 67% e 54,3% até 5 anos. Essa incidência elevada de mortalidade após o transplante pulmonar (TP) reflete a necessidade e a importância da pré-habilitação/reabilitação com o objetivo de otimizar a condição clínica do paciente, restaurar a funcionalidade, aliviar os sintomas, reduzir a incapacidade e melhorar a qualidade de vida durante o período de espera pelo transplante, assim como contribuir para a estratificação de risco na indicação ao transplante pulmonar (3).

O Brasil é responsável por aproximadamente setecentos transplantes dos 40.000 procedimentos realizados desde 1983 em todo o mundo; a média de sobrevivência foi de 5,8 anos. No entanto, ainda está abaixo da de outros transplantes de órgãos sólidos. Isso se reflete em uma alta taxa de mortalidade relacionada ao pós-operatório. No Brasil, o número total de transplantes pulmonares é baixo em relação a países da Europa e aos Estados Unidos: ao todo, 78 procedimentos foram realizados em 2023, distribuídos principalmente entre São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro. O número de centros ativos é reduzido e a oferta de doadores é escassa. Uma importante limitação no Brasil está relacionada à alocação de órgãos pulmonares, que segue predominantemente critérios cronológicos, sem integrar critérios clínicos que reflitam a gravidade fisiológica, contribuindo para alta mortalidade em lista de espera, variando de 30% a 40% (2).

Diversos estudos têm demonstrado que programas de reabilitação ou pré-habilitação pulmonar em candidatos ao transplante são capazes de melhorar a distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos, reduzir a dispneia, aumentar a força muscular respiratória e periférica e, adicionalmente, promover benefícios psicológicos e na qualidade de vida (4).

Com base nessa perspectiva, o Instituto Nacional de Cardiologia (INC) estruturou um Programa de Fisioterapia Cardiopulmonar Pré-Transplante de Pulmão, direcionado a pacientes elegíveis ao transplante pulmonar. O protocolo vigente é fundamentado em evidências

científicas e nas diretrizes nacionais e internacionais de reabilitação pulmonar, com foco na avaliação funcional e autonômica, no treinamento aeróbico e de força, na reeducação ventilatória e no suporte psicossocial. A consolidação e divulgação desse protocolo visam contribuir para a padronização de práticas fisioterapêuticas e para o fortalecimento da abordagem pré-operatória em centros de referência em transplante pulmonar.

DESENVOLVIMENTO

Visão geral do transplante pulmonar no mundo e no Brasil

O transplante de pulmão continua a avançar, com mais de 4.500 transplantes realizados em todo o mundo em 2019, em mais de 260 centros de transplante pulmonar (5). Essa tendência reflete o aumento no número de candidatos elegíveis ao transplante de pulmão, possibilitado por avanços clínicos e científicos. O processo de doação e transplante de órgãos no Brasil reflete grandes desigualdades entre regiões e grandes centros urbanos, desde a captação de órgãos até o implante. Nesse contexto, o transplante pulmonar é realizado em poucos centros no país. De acordo com a Revista Brasileira de Transplantes (RBT), com dados do ano de 2024, descreve-se um total de 1.570 transplantes de pulmão de 2013 a 2023. Em 2023, foram realizados 78 transplantes: 34 no Rio Grande do Sul, 33 em São Paulo e 11 no Rio de Janeiro (6).

No Brasil, o processo de alocação de órgãos para transplante pulmonar é regulamentado pelo Sistema Nacional de Transplantes (SNT), instituído pela Lei nº 9.434/1997 e regulamentado pela Portaria nº 2.600/2009, ambas do Ministério da Saúde, que estabelecem as normas para a captação, remoção, distribuição e o transplante de órgãos no território brasileiro (7, 8), e operacionalizado por meio da Central Nacional de Transplantes (CNT) e das Centrais Estaduais de Transplantes. O sistema é público, gratuito e fundamentado em princípios de equidade, transparência e solidariedade, coordenado pelo Ministério da Saúde, que supervisiona toda a logística de captação, distribuição e registro de dados (7). Os candidatos devem ser cuidadosamente selecionados, pois um transplante pulmonar malsucedido afeta não apenas o receptor, mas também um potencial receptor alternativo que não teve a oportunidade de ser transplantado devido à escassez de órgãos.

O processo de inclusão e encaminhamento de pacientes para transplante pulmonar é complexo e envolve uma equipe multidisciplinar e uma avaliação completa, incluindo avaliação da gravidade da doença, estado nutricional, grau de fragilidade e sarcopenia (2). A reabilitação, quando possível, deve começar antes que a necessidade de transplante se torne urgente. O encaminhamento precoce pode dar tempo para o candidato abordar barreiras modificáveis ao transplante, como obesidade e condições físicas.

Em 2005, foi implementado nos Estados Unidos da América (EUA) o sistema de alocação Lung Allocation Score (LAS), variando de 0 a 100, usando um algoritmo baseado na urgência e no benefício, estimando a probabilidade de sobrevivência dos candidatos em 1 ano na lista de espera e em 1 ano após o transplante, conforme descrito na Tabela 1, assim como contraindicações absolutas e relativas. Em vez de ordem cronológica e tempo cumulativo de espera, o uso do LAS reduziu o risco de morte em pacientes na lista de espera, melhorando a eficácia da alocação de órgãos. O LAS define receptores com valores mais elevados e in-

dicações específicas para transplante. Doenças como a fibrose pulmonar idiopática (FPI) ou a fibrose cística (FC) são as que mais se beneficiam do transplante pulmonar em termos de sobrevida (3, 9, 10) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Variáveis utilizadas para a alteração do cálculo do Escore de Alocação Pulmonar (Lung Allocation Score, LAS).

FATORES UTILIZADOS PARA PREVER A SOBREVIVÊNCIA NA LISTA DE ESPERA	FATORES UTILIZADOS PARA PREVER A SOBREVIDA PÓS-TRANSPLANTE
CVF (% do previsto)	CVF (% do previsto)
pressão sistólica da artéria pulmonar	Pressão média = 20 mmHg
O ₂ necessário em repouso (L/min)	Ventilação mecânica contínua
Idade em que o transplante foi oferecido	Idade no transplante
Índice de massa corporal (IMC)	Creatinina sérica (mg/dL)
Estado funcional NYHA	Estado funcional NYHA
Diagnóstico	Diagnóstico
Distância a pé de seis minutos <150 pés	
Ventilação mecânica contínua	
Diabetes	

CVF = Capacidade Vital Forçada; IMC = Índice de Massa Corporal; NYHA = *New York Heart Association* (classe funcional); O₂ = Oxigênio.

Fonte: SRTR (3).

Tabela 2 - Definições e fórmulas para calcular o Escore de Alocação Pulmonar (LAS).

COMPONENTES	DEFINIÇÃO OU FÓRMULA
Medida de urgência da lista de espera	= Número esperado de dias vividos sem transplante durante um ano adicional na lista de espera (área sob a curva de sobrevida de 1 ano na lista de espera)
Medida de sobrevida pós-transplante	= Número esperado de dias vividos durante o primeiro ano após o transplante (área sob a curva de sobrevida de 1 ano após o transplante)
Benefício do transplante	= Medida de sobrevida pós-transplante - medida de urgência na lista de espera, ou seja, o número de dias adicionais de vida esperados no próximo ano caso um determinado candidato receba um transplante em vez de permanecer na lista de espera.
Pontuação de alocação bruta	= Medida de benefício do transplante - medida de urgência da lista de espera = (medida de sobrevida pós-transplante - medida de urgência da lista de espera) - medida de urgência da lista de espera = medida de sobrevida pós-transplante - 2 × (medida de urgência da lista de espera)
Pontuação de alocação pulmonar normalizada	= $100 \times (\text{pontuação bruta} + 2 \times 365) / 3 \times 365$

Legenda tabela 1 e 2 - A possível variação de valores para a pontuação bruta de alocação seria de +365 a -730 (os dois extremos: 100% de sobrevida pós-transplante, mas com risco de óbito imediato sem transplante, e 100% de chance de viver um ano na lista de espera, mas com 100% de probabilidade de óbito antes do primeiro dia após o transplante). Como o Subcomitê de Alocação Pulmonar considerou que pontuações negativas seriam difíceis de interpretar, decidiu-se “normalizar” a pontuação e gerar uma escala de 0 a 100, de acordo com a seguinte fórmula: $100 \times (\text{pontuação bruta} + 2 \times 365) / 3 \times 365$. Lung Allocation Score (11). Fonte: SRTR (3).

Diferentemente do modelo norte-americano, que utiliza o Lung Allocation Score (LAS) (9), o Brasil ainda adota um sistema cronológico de alocação, priorizando pacientes conforme tempo de espera e compatibilidade sanguínea e antropométrica (12).

Esse modelo, embora ético e transparente, tem sido amplamente discutido na literatura científica, pois não incorpora parâmetros de gravidade clínica ou potencial benefício do transplante, o que pode resultar em ineficiência na priorização de pacientes em risco iminente de morte (12).

A decisão de alocação é realizada pelas Centrais Estaduais de Transplante, que notificam os centros credenciados quando um órgão compatível é disponibilizado. Desde então, o número de transplantes de pulmão em todo o mundo cresceu exponencialmente. Os tempos de espera podem, portanto, ser prolongados, com uma média de 326 dias no Reino Unido (10, 12). No Brasil, essa média é ainda maior, com tempo de espera de cerca de dois anos. Atualmente, existem 190 pacientes na lista de espera nacional para um transplante de pulmão. Em 2024, foram admitidos 187 pacientes, dos quais 38 resultaram em óbito, com uma taxa de mortalidade de 20% (6).

A elevada taxa de mortalidade associada aos longos tempos de espera por um órgão reflete a importância de manter a capacidade funcional e prevenir maiores problemas físicos e deterioração do estado funcional em pacientes aguardando transplante de pulmão. No entanto, a sobrevida após transplante de pulmão ainda é limitada pelos resultados a longo prazo. Essa limitação deve-se principalmente ao pós-operatório, às complicações e à disfunção crônica do enxerto, especialmente à síndrome da bronquiólite obliterante, um fenômeno relacionado à manifestação de rejeição nas vias aéreas (8).

Especificidade da reabilitação pulmonar

A musculatura esquelética fornece suporte estrutural para as funções de locomoção. Os sistemas respiratórios são organizados para promover o fluxo de ar inspiratório e expiratório durante a respiração, por meio da ventilação pulmonar (13).

As alterações estruturais, sistêmicas e funcionais causadas pela fisiopatologia da doença pulmonar — na elastância ou complacência pulmonar, espessamento da barreira alvéolo-capilar, redução dos volumes e capacidades pulmonares, aumento do consumo de oxigênio pelos músculos ventilatórios, aumento do espaço morto devido à obliteração dos capilares pulmonares, redução da ventilação voluntária máxima, redução da capacidade de difusão e hipoxemia — são causas de dispneia e intolerância ao exercício, devido ao seu efeito prejudicial sobre os músculos respiratórios. A reabilitação pulmonar melhora a musculatura respiratória e a musculatura periférica, aumenta a força, reduz a dispneia e melhora a tolerância ao exercício, levando a melhorias em uma ampla gama de características funcionais musculares, incluindo força, potência e resistência (4).

Em pacientes com doença pulmonar avançada, diversos fatores fisiológicos afetam negativamente o quadro. Esses fatores incluem tolerância ao exercício, limitações ventilatórias, trocas gasosas e alterações no metabolismo, promovendo desequilíbrio entre a capacidade ventilatória e a necessidade cardiovascular e, conseqüentemente, prejudicando o fornecimento de energia para o sistema respiratório e para os músculos periféricos, além de disfunção/fraqueza muscular periférica intrínseca (7).

Pacientes com doença pulmonar avançada perpetuam um desequilíbrio sistêmico — inflamação, hipoxemia persistente e aumento do trabalho respiratório — resultando em desequilíbrio autonômico, com hiperreatividade simpática e redução do tônus vagal. Esses sinais têm sido relacionados a maior mortalidade e menor capacidade funcional. Por isso, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é considerada um marcador do sistema nervoso autônomo e da reserva fisiológica nesses pacientes, agregando valor prognóstico e à tomada de decisão clínica (14).

Entre os instrumentos disponíveis para avaliação da capacidade funcional, o teste de caminhada de seis minutos (TC6M) reflete a resposta integrada dos sistemas ao esforço sub-máximo. É simples, de baixo custo, de fácil reprodução e padronizado; por isso, o TC6M permanece como ferramenta preferencial na avaliação funcional e na elegibilidade, por ser uma medida útil tanto de urgência quanto de utilidade entre pacientes aguardando transplante de pulmão (15).

Lederer et al. (2006) descrevem que pacientes candidatos portadores de fibrose pulmonar idiopática apresentam taxa de mortalidade mais de quatro vezes maior do que aqueles com distância percorrida no TC6M maior ou igual a 207 metros (16). No estudo de Martinu et al. (2008), cada incremento de 152 m no TC6M foi associado a uma redução de ~59% no risco de morrer enquanto se aguarda pelo transplante (17). Castleberry et al. (2017), nos Estados Unidos, em estudo de coorte multicêntrica de pacientes listados com diferentes diagnósticos, descrevem resultados que mostraram que maiores distâncias percorridas (acima de ~168–200 m) no TC6M estavam associadas a menor risco de óbito (17, 18).

Valores reduzidos na distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos refletem diminuição da capacidade funcional, disfunção ventilatória e alterações musculares periféricas, assim como desequilíbrio da modulação autonômica, associando-se à intolerância ao exercício e à fadiga (14).

Fraqueza muscular periférica devido à sarcopenia, caquexia e dinapenia relacionadas à incapacidade pulmonar, somada à incapacidade funcional e à intolerância ao esforço devido à diminuição da massa muscular, está diretamente relacionada à mortalidade (13).

Inatividade prolongada antes do transplante pulmonar (TP) e disfunção muscular, bem como efeitos colaterais associados ao uso de medicamentos (corticoides) utilizados no tratamento conservador, incluem toxicidade mitocondrial e aumento da degradação de proteínas por inibição da síntese proteica, resultando em maior perda de massa muscular. Esses fatores foram sugeridos como responsáveis pela deficiência na aptidão cardiorrespiratória e pela persistência de fraqueza muscular. Apesar da suposta normalização após o transplante pulmonar, o consumo máximo de oxigênio (VO_{2pico}) permanece baixo (13, 19).

Um programa de reabilitação pulmonar (RP) desempenha papel importante nesse grupo de pacientes com doenças pulmonares crônicas e histórico médico complexo. Estudos têm demonstrado resultados positivos em pacientes que participam de um programa de reabilitação pulmonar enquanto aguardam por um transplante de pulmão, e mostram que os resultados pós-operatórios são melhores em pacientes que conseguem alcançar maior capacidade de exercício e melhor qualidade de vida no pré-operatório (4).

Um estudo realizado na Turquia incluiu 39 candidatos a transplante de pulmão. Todos os pacientes foram submetidos à RP por pelo menos 3 semanas. Concluiu-se que a RP pré-operatória melhora a capacidade de exercício, reduz a sensação de dispneia e a perda de força muscular, e tem efeito positivo no estado psicológico dos candidatos a transplante pulmonar (13).

Princípios e recomendações de exercícios nas diretrizes para o cuidado de adultos com doenças pulmonares crônicas indicam que devem ser estabelecidos programas de treinamento físico para fornecer benefícios à saúde de candidatos a transplante em lista de espera. A participação e a adesão à reabilitação cardiopulmonar são critérios para permanência no programa.

O processo de inclusão na lista de transplante de pulmão é multidisciplinar, e o paciente entra no programa para modificar, de forma benéfica, alterações sistêmicas potencialmente modificáveis. A fisioterapia participa juntamente com a equipe multiprofissional, desempenhando papel importante na reabilitação pulmonar nos períodos pré e pós-operatórios da cirurgia de transplante de pulmão.

O Instituto Nacional de Cardiologia (INC), em conjunto com o Ministério da Saúde, implementa o Programa de Fisioterapia Cardiopulmonar (PFC) pré-transplante pulmonar, constituído por consultas/palestras multiprofissionais com a equipe de transplante pulmonar do INC (pneumologista, fisioterapeuta, enfermeiro, psicólogo, nutricionista e assistente social) em intervalos determinados pela necessidade clínica de cada paciente.

O processo começa com avaliação e orientação descritas na Figura-1: avaliação antropométrica, força muscular periférica e respiratória e capacidade funcional.

Parte obrigatória do preparo pré-operatório e da reabilitação no pós-operatório é o Programa de Fisioterapia Cardiopulmonar (PFC), que visa melhorias da força muscular periférica e respiratória e da capacidade aeróbica — um dos principais preditores de sobrevida dos pacientes na lista de espera pré-transplante —, também associada aos resultados pós-transplante, incluindo dias em ventilação mecânica, tempo de internação e sobrevida.

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR PRÉ-TRANSPLANTE DE PULMÃO

Antes de iniciar o PFC, os pacientes são avaliados pelos mesmos fisioterapeutas, antes e após as 36 sessões, por meio do teste de caminhada de 6 minutos (TC6M), segundo as recomendações da American Thoracic Society (20), e respondem ao questionário de qualidade de vida Euro-QoL (EQ-5D-3L) e ao IPAQ.

Os exercícios são individualizados, prescritos e acompanhados pelo fisioterapeuta. O PFC é realizado em sessões de 60 minutos de duração, três vezes por semana, por no mínimo 3 meses anteriormente ao procedimento cirúrgico. O paciente realizará os exercícios monitorado durante todo o período de treinamento. O programa incluiu alongamentos, treinamento aeróbico em esteira ou bicicleta ergométrica, exercícios de fortalecimento muscular e treinamento muscular respiratório, com progressão baseada na tolerância individual. A descrição detalhada das atividades, intensidade, duração e progressão encontra-se na Tabela-3.

Componentes da sessão de condicionamento cardiovascular

A prescrição do exercício deve ser individualizada e incluir treinamento aeróbico e de resistência, seguindo as orientações gerais de prescrição quanto à especificidade, sobrecarga e progressão do treinamento, sendo composta por:

Alongamentos

Realização de alongamento e mobilização ativa livre dos principais grupos articulares/musculares por 5 minutos.

Treinamento aeróbico

Realizado em esteira/bicicleta ergométrica, composto de três fases, com tempo total de 30 minutos:

- Aquecimento (5 min);
Caminhada em velocidade < 60% da velocidade média obtida no teste de caminhada de seis minutos (TC6M), visando sensação de dispneia/esforço leve (mensurada pela Escala de Borg modificada): $Borg \leq 2$;
- Condicionamento aeróbico (20 min): partindo de 60% da velocidade média obtida pelo paciente no teste de caminhada de seis minutos (TC6M), visando sensação de dispneia/esforço de moderada a intensa (mensurada pela Escala de Borg modificada): entre 3 e 5;

A velocidade será aumentada em 0,3 km/h a cada 7 sessões, até 80% da velocidade média no TC6M;

Em indivíduos que realizarão treinamento em cicloergômetro, ou para aqueles cuja prescrição seja inviável pela velocidade média obtida no TC6M, a prescrição pode ser realizada iniciando-se em 50% da frequência cardíaca de reserva (FCR), atingindo-se 80% da FCR em sessões subsequentes, segundo as equações:

$$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$$

$$FC_{\text{Treinamento}} = FC_{\text{Repouso}} + I(FC_{\text{máx}} - FC_{\text{Repouso}})$$

Onde I é a intensidade de treinamento (de 50 a 80% da FCR).

- Desaceleração (5 min):
recuperação com caminhada leve ($Borg \leq 2$).

Treinamento anaeróbico (20 min)

- Exercícios visando ganho/manutenção de força muscular em membros superiores e inferiores;
- Carga inicial de 30% do teste de uma repetição máxima;
- Série de 10 repetições por exercício;
- Incremento de 0,5 kg na carga ocorrerá a cada 7 sessões, respeitando a tolerância do paciente.

Plano de exercícios:

Buscar intercalar exercícios de MMII, MMSS e tronco, para os principais grupos musculares, como sugerido:

- Exercícios de membros superiores em diagonal;
- Flexão/extensão de braços;
- Adução/adução horizontal de braços;
- Flexão/extensão de cotovelos;
- Extensão de tronco;
- Fortalecimento abdominal;
- Abdução/adução de quadril e joelhos;
- Dorsi/plantiflexão de tornozelos;
- Agachamentos.

Alongamentos

Realização de alongamento e mobilização ativa livre dos principais grupos articulares/musculares por cinco minutos.

Oxigenioterapia durante o exercício

Pacientes que fazem uso de oxigenioterapia domiciliar deverão realizar o PFC com suplementação de oxigênio. O ajuste do fluxo de O₂ administrado deve objetivar a manutenção da SpO₂ ≥ 88%.

Para pacientes que não fazem uso de oxigenioterapia domiciliar, o O₂ poderá ser prescrito pelo fisioterapeuta durante o exercício, como forma de conseguir elevação da intensidade/carga e, na fase de recuperação pós-sessão, como forma de garantir o retorno aos níveis de SpO₂ pré-sessão, obedecendo-se aos critérios de segurança e manutenção da SpO₂ ≥ 88%.

Ventilação Não Invasiva durante o exercício

A ventilação não invasiva poderá ser prescrita caso o profissional julgue necessário, preferencialmente no modo BiPAP.

Treinamento Muscular Inspiratório (TMI)

O TMI é realizado utilizando um resistor de carga linear da marca POWERbreathe Classic® (carga light). O TMI é realizado diariamente (7 dias por semana) durante 30 minutos (15 min pela manhã e 15 min à tarde), conforme prescrição do fisioterapeuta.

O paciente será orientado a realizar 3 ciclos, visando atingir aproximadamente 4 minutos, com inspiração em 1 s e expiração em 2 s, aproximadamente, com carga inicial de 30% da PImáx (determinada pela manovacuometria), seguido por 1 minuto de descanso. Poderá ocorrer incremento semanal na carga até o limite de 60% da PImáx (de acordo com a tolerância do paciente e novas avaliações da PImáx).

Critérios de interrupção do exercício

A realização de todos os exercícios será interrompida quando o paciente referir dispneia ou fadiga em membros inferiores, indicada por valores acima de 5 pontos na Escala de Borg modificada, e quando a SpO₂ atingir 88%.

Figura 1 - Processo de avaliação fisioterapêutica no Programa de Fisioterapia Cardiopulmonar pré-transplante de pulmão do Instituto Nacional de Cardiologia (INC).

Avaliação do Programa de Fisioterapia Cardiopulmonar		
Avaliação Antropométrica		Idade, sexo, altura, peso e diagnóstico
Avaliação de Força		Dinamometria e Medical Research Council (MRC)
Avaliação da Força Muscular Respiratória		Manovacuometria Pimáx e Pemáx
Avaliação da Capacidade Funcional		Teste de Caminhada de 6 minutos (TC6M) e Escala Categoria-Razão de Borg (CR-10)

O protocolo inclui a avaliação antropométrica (idade, sexo, altura, peso e diagnóstico), avaliação de força muscular periférica (dinamometria e escala Medical Research Council – MRC), avaliação da força muscular respiratória (manovacuometria para determinação da pressão inspiratória máxima – PImáx e pressão expiratória máxima – PEMáx) e avaliação da capacidade funcional (teste de caminhada de seis minutos – TC6M e Escala Categoria-Razão de Borg – CR-10).

MRC= Medical Research Council; PImáx=Pressão inspiratória máxima; PEMáx=Pressão expiratória máxima; TC6M=Teste de caminhada de seis minutos; CR-10= Escala Categoria-Razão de Borg.

Fonte: própria, com auxílio de inteligência artificial (IA).

Tabela 3 - Resumo dos componentes da sessão de PFC no pré-operatório de transplante pulmonar.

COMPONENTE	ATIVIDADE	INTENSIDADE/ CARGA	DURAÇÃO (min)	PROGRESSÃO
Alongamentos	Alongamento global e mobilização ativa livre dos principais grupos articulares/musculares.	-	5	-
Treinamento aeróbico				
Aquecimento	Esteira:	< 60% da Vm do TC6M	5	-
	ou	Borg ≤ 2		
Condicionamento aeróbico	Bicicleta Ergométrica:	≤ 60 rpm; sem carga Borg ≤ 2	20	0,3 km/h a cada 7 dias
	Esteira:	60 a 80% da Vm do TC6M Borg 3 a 5		
Desaceleração	Bicicleta Ergométrica:	= 60 rpm; carga suficiente para manter Borg 3 a 5.	5	-
	Esteira:	Caminhada leve < 60% da Vm do TC6M		
	Bicicleta Ergométrica:	< 60% da Vm do TC6M		
		Borg ≤ 2		
Treinamento naeróbico	Exercícios visando ganho ou manutenção de força muscular em membros superiores e inferiores	3 séries/ 10 repetições Carga inicial: 30% do teste 1RM	20	0,5 kg a cada 7 sessões, conforme tolerância.
Alongamento	Alongamento global e relaxamento	-	5	
Treinamento Muscular Respiratório	Diariamente	I:E=1s:2s 3 ciclos: Até 4 min a 30% PImáx com 1 min de descanso	30 min (em duas sessões de 15 min, manhã e tarde)	Até 60% da PImáx

CONCLUSÃO

O transplante de pulmão é um procedimento cirúrgico que salva vidas de pacientes com doença pulmonar em estágio avançado. A progressão da doença interfere na qualidade de vida e na tolerância a atividades do cotidiano. Essa intolerância evolui para restrição funcional e agravamento da força muscular periférica, em um ciclo de deterioração entre função pulmonar e função muscular periférica. O transplante pulmonar é uma técnica cirúrgica bem descrita na literatura, com resultados positivos, devido à evolução das técnicas cirúrgicas e dos medicamentos utilizados. No entanto, no Brasil, existem poucos centros que realizam transplante de pulmão, com tempo médio de espera em lista de dois anos. Esse tempo prolongado aumenta a mortalidade em candidatos ao transplante pulmonar.

A fisioterapia é parte integrante do processo e acompanha os pacientes por meio de um programa de treinamento de resistência, força, flexibilidade, fortalecimento da musculatura respiratória e melhora da capacidade funcional, com o objetivo de reduzir a dispneia, melhorar a qualidade de vida, aumentar a prática de exercícios, otimizar a capacidade funcional, melhorar o humor e aumentar a força muscular respiratória e periférica. O presente estudo busca direcionar o conhecimento sobre o protocolo desenvolvido para pré-habilitação em pacientes elegíveis ao transplante pulmonar, assim como ampliar o conhecimento sobre as perspectivas do transplante pulmonar.

A pré-habilitação fisioterapêutica tem se consolidado como uma intervenção positiva no cuidado de pacientes elegíveis ao transplante pulmonar, com impactos sobre a morbidade, a mortalidade e a qualidade de vida. Evidências demonstram que programas estruturados de reabilitação antes do transplante reduzem o tempo de internação, a ocorrência de complicações respiratórias e musculoesqueléticas no pós-operatório e favorecem o retorno funcional mais precoce.

Em centros de referência, como o Instituto Nacional de Cardiologia (INC), protocolos institucionais de fisioterapia cardiopulmonar pré-transplante representam um avanço importante no cuidado integrado. O modelo adotado inclui avaliação multidimensional, abrangendo aspectos antropométricos, força muscular periférica e respiratória e capacidade funcional, capaz de direcionar intervenções personalizadas voltadas à otimização do condicionamento cardiorrespiratório e da reserva fisiológica global. Essa abordagem visa não apenas preparar o paciente para a cirurgia, mas também melhorar o prognóstico global e reduzir a vulnerabilidade clínica durante o período de espera.

Em síntese, a pré-habilitação fisioterapêutica configura-se como um componente essencial na linha de cuidado do paciente candidato ao transplante pulmonar, integrando evidência científica, racional clínico e eficiência econômica, com potencial de impactar positivamente os desfechos e a sobrevida desses indivíduos.

CONFLITO DE INTERESSE

Nenhum declarado

REFERÊNCIAS

1. Van der Mark SC, Hoek RAS, Hellemons ME. Developments in lung transplantation over the past decade. *Eur Respir Rev*. 2020;29(157):190132. doi: 10.1183/16000617.0132-2019
2. Thabut G, Mal H. Outcomes after lung transplantation. *J Thorac Dis*. 2017;9(8):2684-91. doi: 10.21037/jtd.2017.07.86
3. Valapour M, Lehr CJ, Schladt DP, Smith JM, Goff R, Mupfudze TG, et al. OPTN/SRTR 2021 annual data report: lung. *Am J Transplant*. 2023;23(2 Suppl 1):S379-442. doi: 10.1111/ajt.16992
4. Gloeckl R, Halle M, Kenn K. Interval versus continuous training in lung transplant candidates: a randomized trial. *J Heart Lung Transplant*. 2012;31(9):934-41. doi: 10.1016/j.healun.2012.05.004
5. Pitta F, Troosters T, Spruit MA, Probst VS, Decramer M, Gosselink R. Characteristics of physical activities in daily life in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;171(9):972-7. doi: 10.1164/rccm.200407-855OC
6. Garcia VD, Ferreira GF, Fernandes PMP. Registro Brasileiro de Transplantes – RBT 2024 (jan/dez). *Rev Bras Transpl*. 2024;31(4).
7. Brasil. Lei nº 9.434, de 4 de fevereiro de 1997. Dispõe sobre a remoção de órgãos, tecidos e partes do corpo humano para fins de transplante e tratamento [Internet]. Brasília (DF): Presidência da República; 1997 [citado 2025 Out 11]. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9434&ano=1997&ato=f40ETVU90MJpWTdd3>
8. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.600, de 21 de outubro de 2009. Aprova o regulamento técnico do Sistema Nacional de Transplantes [Internet]. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2009.
9. Benvenuto LJ, Arcasoy SM. The new allocation era and policy. *J Thorac Dis*. 2021;13(11):6504-13. doi: 10.21037/jtd-21-1187
10. Mannem H, Aversa M, Keller T, Kapnadak SG. The lung transplant candidate: indications, timing, and selection criteria. *Clin Chest Med*. 2023;44(1):15-33. doi: 10.1016/j.ccm.2022.11.002
11. Egan TM, Murray S, Bustami RT, Shearon TH, McCullough KP, Edwards LB, et al. Development of the new lung allocation system in the United States. *Am J Transplant*. 2006;6(5 Pt 2):1212-27. doi: 10.1111/j.1600-6143.2006.01276.x
12. Afonso JE, Werebe EC, Carraro RM, Teixeira RHOB, Fernandes LM, Abdalla LG, et al. Lung transplantation. *Einstein (Sao Paulo)*. 2015;13(2):297-304. doi: 10.1590/S1679-45082015RW3154
13. Florian J, Rubin A, Mattiello R, Fontoura FF, Camargo JP, Teixeira PJZ. Impacto da reabilitação pulmonar na qualidade de vida e na capacidade funcional de pacientes em lista de espera para transplante pulmonar. *J Bras Pneumol*. 2013;39(3):349-56. doi: 10.1590/S1806-37132013000300011
14. P A J, Mohideen B, Ashraf AR, Thaha SM, Abu Shajahan M, Nazar I, et al. Heart rate variability and peripheral oxygen saturation levels in chronic obstructive pulmonary disease. *Cureus*. 2025;17(1):e77401. doi: 10.7759/cureus.77401
15. Kadikar A, Maurer J, Kesten S. The six-minute walk test: a guide to assessment for lung transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 1997;16(3):313-9.
16. Lederer DJ, Arcasoy SM, Wilt JS, D'Ovidio F, Sonett JR, Kawut SM. Six-minute-walk distance predicts waiting list survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(6):659-64. doi: 10.1164/rccm.200604-520OC

17. Martinu T, Babyak MA, O'Connell CF, Carney RM, Trulock EP, Davis RD, et al. Baseline 6-min walk distance predicts survival in lung transplant candidates. *Am J Transplant*. 2008;8(7):1498-505. doi: 10.1111/j.1600-6143.2008.02258.x
18. Castleberry AW, Mulvihill MS, Yerokun BA, Gulack BC, Englum B, Snyder LD, et al. The utility of 6-minute walk distance in predicting waitlist mortality for lung transplant candidates. *J Heart Lung Transplant*. 2017;36(7):780-6. doi: 10.1016/j.healun.2017.01.1298
19. Fuller LM, Button BM, Tarrant B, Battistuzzo CR, Braithwaite M, Snell GI, et al. Patients' expectations and experiences of rehabilitation following lung transplantation. *Clin Transplant*. 2014;28(2):252-8. doi: 10.1111/ctr.12297
20. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111-7. doi: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102

**Cristianne Rafael Campos**<https://orcid.org/0009-0006-7500-3822>

Correspondence address:

Cristianne Rafael Campos
Instituto Nacional de Cardiologia (INC) – Programa de
Pós-Graduação em Ciências Cardiovasculares, Instituto
Nacional de Cardiologia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil;
E-mail: crcampos.crc@gmail.com

Enviado para submissão:
25 de Março de 2025

Aceito após revisão:
06 de Janeiro, 2026

Publicado no Fluxo Contínuo
17 de Fevereiro de 2026