

A relação entre o pico de fluxo expiratório e complicações respiratórias em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca para revascularização do miocárdio

Dayene Nara Silva Esparrinha², Regiane Donizeti Sperandio¹, Everson de Cássio Robello¹, Renata Pletsch Assunção¹, Andrea Peterson Zomignani¹, Marcelo Rodrigues da Cunha¹, Mayra Priscila Boscolo Alavarez¹ e Daniel Gimenez da Rocha^{1*}

¹ Docente do Centro Universitário Padre Anchieta, Av. Dr Adoniro Ladeira, 94 – Vila Nova Jundiainópolis, Jundiá – SP

² Fisioterapeuta graduada pelo Centro Universitário Padre Anchieta – Jundiá - SP

*Autor responsável pela correspondência do trabalho: Daniel Gimenez da Rocha, daniel.rocha@anchieta.br, docente do curso de Fisioterapia, Centro Universitário Padre Anchieta.

“Todos os autores deste artigo declaram que não há conflitos de interesses”.

Artigo Original – Fisioterapia

Resumo

Introdução: O fisioterapeuta exerce papel fundamental nas cirurgias cardíacas, na revascularização miocárdica, procedimento comum, associado a complicações pulmonares que podem influenciar a recuperação dos pacientes. O estudo investigou se a redução do pico de fluxo expiratório após a cirurgia está relacionada a complicações respiratórias, buscando aprimorar a compreensão dessa relação e a assistência fisioterapêutica no período perioperatório. O pico de fluxo expiratório foi utilizado como marcador funcional da capacidade respiratória e mensurado pelo Peak Flow, identificando alterações após o procedimento cirúrgico. **Objetivo:** Examinar a variação do pico de fluxo expiratório no pré e pós-operatório de pacientes submetidos à revascularização do miocárdio e sua associação com complicações respiratórias. **Métodos:** Estudo prospectivo observacional realizado em uma unidade de terapia intensiva coronariana (UCO), envolvendo pacientes adultos submetidos à revascularização do miocárdio. O pico de fluxo expiratório foi aferido antes e após o procedimento, enquanto complicações respiratórias

foram documentadas e analisadas no pós-operatório. **Resultados:** O pico de fluxo expiratório médio caiu de 256 L/min (DP 96) no pré para 127 L/min (DP 45) no pós-operatório, redução de cerca de 50%. O tempo médio de ventilação mecânica foi 286 minutos (DP 186). A amostra apresentou alta prevalência de hipertensão (81%), diabetes (53%), tabagismo (59%) e dislipidemia (31%). O tempo médio de circulação extracorpórea foi 91 minutos (DP 27) e o tempo cirúrgico médio foi 222 minutos (DP 46). **Conclusão:** A redução significativa do pico de fluxo expiratório após a cirurgia reforça a importância da avaliação respiratória pré-operatória. Embora não haja associação com complicações, o pico de fluxo expiratório é ferramenta acessível para triagem e pode orientar intervenções fisioterapêuticas precoces e individualizadas.

Palavras-chave: Pico de Fluxo Expiratório; Revascularização Miocárdica; Período Pós-Operatório; Especialidade de Fisioterapia.

The relationship between peak expiratory flow and respiratory complications in patients undergoing cardiac surgery for myocardial revascularization

Abstract

Introduction: The physiotherapist plays a fundamental role in cardiac surgeries, particularly in myocardial revascularization, a common procedure associated with pulmonary complications that can influence patient recovery. The study investigated whether the reduction in peak expiratory flow after surgery is related to respiratory complications, seeking to improve the understanding of this relationship and physiotherapeutic assistance in the perioperative period. Peak expiratory flow was used as a functional marker of respiratory capacity and measured by the Peak Flow device, identifying changes after the surgical procedure. **Objective:** To examine the variation in peak expiratory flow in the pre- and post-operative periods of patients undergoing myocardial revascularization and its association with respiratory complications. **Methods:** Prospective observational study conducted in a coronary intensive care unit (CICU), involving adult patients undergoing myocardial revascularization. Peak expiratory flow was measured before and after the procedure, while respiratory complications were documented and analyzed in the post-operative period. **Results:** The mean peak expiratory flow dropped from 256 L/min (SD 96) pre-operatively to 127 L/min (SD 45) post-operatively, a reduction of about 50%. The mean mechanical ventilation time was 286 minutes (SD 186). The sample showed a high prevalence of hypertension (81%), diabetes (53%), smoking (59%), and dyslipidemia (31%). The mean cardiopulmonary bypass time was 91 minutes (SD 27) and the mean surgical time was 222 minutes (SD 46). **Conclusion:** The significant reduction in peak expiratory flow after surgery reinforces the importance of pre-operative respiratory assessment. Although there is no

association with complications, peak expiratory flow is an accessible tool for screening and can guide early and individualized physiotherapeutic interventions.

Keywords: Peak Expiratory Flow Rate; Myocardial Revascularization; Postoperative Period; Physical Therapy Specialty.

Introdução

Por mais de 35 anos, tem sido ressaltada a importância de equipes especializadas em cuidados intensivos, as quais incluem a presença essencial de fisioterapeutas¹.

A Resolução nº 509, datada de 25 de julho de 2019, emitida pelo Conselho Federal de Fisioterapia (COFFITO), destaca a participação do fisioterapeuta nas Unidades de Emergência e Urgência, conferindo especial ênfase à sua relevância nos diversos setores hospitalares. Além disso, preconiza a imperatividade da capacitação desses profissionais no âmbito do Suporte Básico de Vida Cardiovascular em Adultos, especialmente voltado às Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) e atendimento de pronto socorro².

A Resolução nº 80 do COFFITO define como parte das atribuições do fisioterapeuta a formulação do diagnóstico fisioterapêutico, mediante uma meticulosa avaliação físico-funcional. Destaca-se, ainda, a relevância da reavaliação sistemática para a adaptação de condutas terapêuticas, assegurando uma abordagem dinâmica no tratamento e evidenciando a busca pela eficácia nas intervenções fisioterapêuticas³.

Adicionalmente, o fisioterapeuta desempenha uma função vital ao detectar e avaliar potenciais complicações respiratórias, particularmente significativas em cirurgias torácicas, abdominais e cardíacas. Suas responsabilidades são cruciais tanto no pré como no pós-operatório⁴.

As doenças cardiovasculares são as principais causas de internação hospitalar e mortalidade⁵. Com base em dados recentes fornecidos pela Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular (SBCCV), o Brasil registra aproximadamente 350 cirurgias cardíacas por cada 1.000.000 habitantes ao ano, o que representa cerca de um terço da atividade observada no Reino Unido e na Europa. Estas intervenções englobam procedimentos corretivos, reconstrutivos e substitutivos, sendo a cirurgia de revascularização miocárdica (CRM) a de maior incidência. A CRM se caracteriza pela criação de novos vasos sanguíneos para otimizar o fluxo sanguíneo cardíaco, visando aprimorar a irrigação do músculo cardíaco⁶.

A CRM foi introduzida na década de 1960 como o primeiro procedimento para revascularização direta da artéria coronária e rapidamente se tornou um dos procedimentos cirúrgicos mais comuns em todo o mundo, com um total geral de mais de 20 milhões de operações realizadas. A CRM continua a ser o procedimento cirúrgico cardíaco mais comum realizado e tem sido uma das terapias mais cuidadosamente estudadas⁷.

Apesar dos avanços nos cuidados perioperatórios, as complicações pós-operatórias continuam a afetar a recuperação de pacientes cirúrgicos⁸. É amplamente reconhecido que a cirurgia cardíaca induz a disfunção pulmonar pós-operatória, manifestando-se por aumento do esforço respiratório, hipoventilação, tosse ineficaz e hipoxemia. Tais condições propiciam o surgimento de complicações pulmonares, incluindo atelectasia, broncoespasmo, pneumonia, dificuldades respiratórias, insuficiência pulmonar, síndrome do desconforto respiratório agudo, ventilação mecânica prolongada, disfunção diafragmática e distúrbios pleurais. Em cirurgias torácicas, o dano à parede torácica e ao parênquima pulmonar comumente compromete a capacidade de tosse, resultando na ineficiente eliminação de secreções, predispondo o paciente a infecções pulmonares⁹⁻¹⁰.

Em suma, as complicações pós-operatórias representam um desafio persistente que requer esforços tanto na prevenção quanto no manejo. Ao aprimorar a compreensão dessas complicações e implementar estratégias eficazes, a comunidade médica pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do cuidado cirúrgico e dos resultados dos pacientes⁸.

Atualmente, apenas alguns indicadores foram utilizados na avaliação da capacidade de tosse após a cirurgia¹⁰. O pico de fluxo expiratório (PFE), definido como o fluxo máximo alcançado durante uma expiração forçada a partir do nível de insuflação pulmonar máxima, também é um importante parâmetro de função pulmonar¹¹. A medição do pico de fluxo expiratório está se tornando cada vez mais proeminente e estabelecida na literatura, e novas evidências confirmam seu uso na pesquisa e na prática clínica¹².

O Peak Flow® é um dispositivo utilizado na medição do Pico do Fluxo Expiratório Máximo (PFE), representando a velocidade máxima do ar durante a expiração forçada. As medições, expressas em L/min, variam conforme escalas mecânicas, com faixas de 60-880 L/min para adultos e 60-400 L/min para pacientes pediátricos. Seu funcionamento simples envolve o movimento de um medidor pelo fluxo de ar expirado,

sendo interrompido no pico máximo, proporcionando a leitura do resultado. Após a assepsia do bocal, o dispositivo permite monitorar distúrbios respiratórios e avaliar a resposta terapêutica em pacientes de diferentes faixas etárias¹³⁻¹⁴.

A esternotomia mediana completa tem sido há muito tempo a incisão padrão para cirurgia cardíaca devido à excelente exposição do coração e dos grandes vasos¹⁵. No entanto, a CRM convencional com esternotomia completa da linha média é um tratamento muito invasivo¹⁶ e está associada a complicações pulmonares pós-operatórias (PPCs). Estes são problemas comuns após cirurgia cardiotorácica, envolvendo complicações menores e maiores. Mudanças na parede torácica podem dificultar a expansão pulmonar, podendo comprometer o diafragma e levando a fraqueza muscular inspiratória. Esses fatores contribuem para alterações na respiração, levando a PPCs e disfunção respiratória pós-operatória. Prevenir PPCs é importante, visto que são reconhecidas como causa significativa de morbidade e mortalidade em cirurgia cardíaca, visando melhores resultados clínicos¹⁷.

Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar se a redução do pico de fluxo expiratório está associada à incidência de complicações respiratórias no período pós-operatório de cirurgia cardíaca para revascularização do miocárdio, no Hospital de Caridade São Vicente de Paulo em Jundiaí-SP.

Método

Este estudo observacional analítico, de caráter descritivo e prospectivo, foi conduzido na Unidade de Terapia Intensiva Coronariana (UCO) do Hospital de Caridade São Vicente de Paulo (HSV), instituição terciária e filantrópica localizada em Jundiaí-SP. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa, conforme registro na Plataforma Brasil sob o número de CAAE 77635424.0.0000.5386. Todos os indivíduos foram convidados a participar de forma voluntária e receberam informações detalhadas sobre os objetivos e procedimentos do estudo. Aqueles que demonstraram interesse assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), sendo assegurados o sigilo das informações fornecidas, o direito de desistência a qualquer momento e a possibilidade de não responder a perguntas específicas sem prejuízo ao atendimento prestado.

A amostra foi composta por 32 pacientes adultos, com idade igual ou superior a 18 anos, internados na UCO e submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio.

Foram incluídos pacientes com indicação cirúrgica definida e capacidade cognitiva preservada para compreender e realizar os testes propostos. Foram excluídos indivíduos com distúrbios cognitivos ou dificuldades de compreensão que inviabilizassem a execução das avaliações. Os participantes foram acompanhados pela equipe de fisioterapia desde o pré-operatório imediato até 48 horas após o procedimento cirúrgico.

As avaliações consistiram na mensuração do Pico de Fluxo Expiratório (PFE) em dois momentos: no pré-operatório imediato e 48 horas após a cirurgia. Além disso, foram registrados no prontuário possíveis sinais de complicações respiratórias durante o período pós-operatório, conforme documentação da equipe assistencial. Todas as medições foram realizadas à beira do leito por fisioterapeutas treinados, utilizando planilha padronizada para a pesquisa.

O PFE foi mensurado por meio do equipamento Peak Flow® (Clement Clarke International, Londres, Reino Unido), dispositivo portátil amplamente utilizado para mensurar o fluxo expiratório máximo. Cada avaliação utilizou filtro e bocal descartáveis, além de clipe nasal para evitar escape aéreo. As medições seguiram as diretrizes técnicas estabelecidas pela American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS, 2002) e pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT, 2002). Os participantes foram posicionados em decúbito elevado, com o tronco ereto, e instruídos a realizar uma inspiração máxima seguida de expiração rápida e vigorosa no bocal do aparelho. Foram realizadas três manobras consecutivas e o maior valor obtido, desde que consistente com os demais, foi registrado. A avaliação era interrompida imediatamente caso surgissem sinais de desconforto respiratório ou instabilidade clínica.

Todos os dados obtidos foram registrados em planilha exclusiva destinada à pesquisa, permitindo organização padronizada das informações para posterior análise estatística.

Resultados

Tabela 1 – Análise descritiva dos pacientes incluídos no estudo

Características	n=32
Idade (em anos), mediana (IQ)	63 (58-68)
Sexo (%)	
Masculino	24 (75)
Feminino	8 (25)
Pico de Fluxo Expiratório pré (L/m), média (DP)	256 (96)
Pico de Fluxo Expiratório pós (L/m), média (DP)	127 (45)
HAS (%)	26 (81)
DM (%)	17 (53)
Tabagismo (%)	19 (59)
Dislipidemia (%)	10 (31)
Tempo de CEC (em minutos), média (DP)	91 (27)
Tempo total de cirurgia (em minutos), média (DP)	222 (46)
Tempo total de ventilação mecânica (em minutos), média (DP)	286 (186)

Legenda: IQ – Intervalo interquartil; L/m – litros por minuto; HAS – Hipertensão arterial sistêmica; DM – diabetes mellitus; DP – desvio padrão; CEC – circulação extracorpórea

A amostra final do estudo foi composta por 32 pacientes, com dados resumidos na tabela 1. A idade mediana da amostra foi de 63 anos (IQ 58 - 68), sendo a maioria do sexo masculino (75%). Entre as comorbidades mais frequentes, destacaram-se hipertensão arterial sistêmica (81%), diabetes mellitus (53%), tabagismo (59%) e dislipidemia (31%).

Em relação à função respiratória, observou-se uma redução expressiva nos valores médios de Pico de Fluxo Expiratório (PFE) após o procedimento cirúrgico. A média do PFE no pré-operatório foi de 256 L/min (DP: 96), enquanto no pós-operatório foi de 127 L/min (DP: 45), o que representa uma queda aproximada de 50%.

Os tempos médios relacionados ao procedimento foram os seguintes:

- Tempo de circulação extracorpórea (CEC): 91 minutos (DP: 27);
- Tempo total de cirurgia: 222 minutos (DP: 46);
- Tempo de ventilação mecânica: 286 minutos (DP: 186).

Essa redução significativa no PFE após a cirurgia sugere um comprometimento da função respiratória no período pós-operatório imediato, o que pode ter implicações diretas na recuperação pulmonar e na necessidade de suporte ventilatório prolongado.

Tabela 2 – Variação do Pico de Fluxo Expiratório pré e pós-cirurgia

	Pré cirurgia	Pós Cirurgia	p
Pico de Fluxo Expiratório (L/m), média (DP)	256 (96)	127 (45)	< 0,000

Legenda: L/m – litros por minuto; DP – desvio padrão.

Na tabela 2, apresentamos os valores médios de PFE pré e pós-cirurgia, com diferença estatisticamente relevante ($p < 0,001$).

Embora os dados não permitam afirmar uma relação de causa e efeito, os resultados reforçam a importância da avaliação pré-operatória da função pulmonar como uma possível ferramenta auxiliar na estratificação de risco para o pós-operatório. Além disso, destacam o potencial benefício da intervenção fisioterapêutica precoce e individualizada nesses pacientes.

Discussão

A presente pesquisa analisou a variação do PFE em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio, com foco na possível associação entre a redução desse parâmetro e complicações respiratórias no pós-operatório. Os dados mostraram uma redução significativa do PFE médio após o procedimento cirúrgico, caindo de 256 L/min para 127 L/min, o que representa uma queda de aproximadamente 50%. Estudos mostram que um PFE de tosse abaixo de ~270 L/min em adultos está associado a tosse ineficaz²¹⁻²².

Para melhor compreender esse impacto, foi utilizado como referência um ponto de corte de 50% do valor previsto de PFE, ajustado por idade, sexo e estatura, conforme os valores propostos por Leiner et al. (1963). Embora nem todos os pacientes com valores abaixo desse limite tenham apresentado tempo prolongado de ventilação mecânica, observou-se uma tendência entre os que possuíam PFE mais baixo e uma recuperação

respiratória potencialmente mais lenta, levantando a hipótese de que a função pulmonar reduzida no pré-operatório pode influenciar negativamente os desfechos respiratórios.

Estudos indicam que a revascularização miocárdica pode levar à redução das capacidades pulmonares e da força muscular respiratória, especialmente nas primeiras 48 a 72 horas após o procedimento. Fatores como a incisão esternal, o uso da circulação extracorpórea, a dor torácica e a restrição da mobilidade contribuem para essas alterações²⁰.

Além disso, estudos também encontraram correlação entre a função pulmonar reduzida no pré-operatório e maior incidência de complicações respiratórias, incluindo tempo prolongado de ventilação mecânica, atelectasias e infecções pulmonares²³⁻²⁴. No presente estudo, foi adotado um ponto de corte de 50% do valor previsto de PFE como critério para observar possíveis tendências. Embora essa associação não tenha se confirmado de forma consistente, notou-se que pacientes com valores mais baixos tendiam a apresentar maior tempo de ventilação mecânica, reforçando a importância da triagem funcional respiratória no pré-operatório.

Outro aspecto relevante foi o tempo médio de ventilação mecânica observado (286 minutos), que deve ser interpretado à luz das características clínicas da amostra, com alta prevalência de comorbidades como hipertensão, diabetes e tabagismo, fatores conhecidos por afetarem negativamente a recuperação pulmonar.

Embora o uso do Peak Flow tenha se mostrado uma ferramenta prática e acessível para avaliação da função respiratória, especialmente no ambiente de terapia intensiva, é importante considerar que seus resultados podem ser influenciados por fatores como dor, fadiga e capacidade de colaboração do paciente no pós-operatório. Ainda assim, contribuiu de forma relevante como instrumento de triagem funcional e identificação de pacientes com maior risco de complicações respiratórias.

Portanto, os dados encontrados reforçam a importância da avaliação funcional respiratória no pré-operatório como ferramenta de triagem para pacientes de maior risco, além de embasar intervenções fisioterapêuticas precoces e direcionadas, visando minimizar os impactos pulmonares da cirurgia.

Conclusão

Os resultados deste estudo demonstraram redução significativa do Pico de Fluxo Expiratório (PFE) no período pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio, evidenciando repercussões imediatas do procedimento sobre a função respiratória. Observou-se, ainda, que pacientes que apresentavam valores de PFE inferiores a 50% do previsto no período pré-operatório permaneceram por maior tempo em ventilação mecânica, indicando possível relação entre a condição funcional respiratória prévia e a evolução respiratória no período pós-operatório.

Nesse contexto, a avaliação do PFE mostrou-se uma ferramenta de aplicação simples e funcional para a avaliação respiratória no ambiente hospitalar, embora sua utilização possa ser influenciada pela capacidade de colaboração do paciente e pelas condições clínicas presentes no período pós-operatório. Os achados reforçam, portanto, a relevância da avaliação da função respiratória no período pré-operatório e da atuação fisioterapêutica precoce e individualizada, particularmente em pacientes que apresentam maior comprometimento funcional respiratório antes da intervenção cirúrgica.

Referências

1. Rohrig SAH, Lance MD, Faisal Malmstrom M. Surgical intensive care - current and future challenges? *Qatar Med J.* 2020 Jan 13;2019(2):3. doi: 10.5339/qmj.2019.qccc.3.
2. Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (Brasil). Resolução nº 509, de 22 de agosto de 2019. Reconhece a atuação do Fisioterapeuta na assistência à Saúde nas Unidades de Emergência e Urgência. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 de agosto de 2019; Seção 1:110.*
3. Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (Brasil). Resolução nº 80, de 21 de maio de 1987. *Baixa Atos Complementares à Resolução COFFITO-8, relativa ao exercício profissional do Fisioterapeuta, e à Resolução COFFITO-37, relativa ao registro de empresas nos Conselhos Regionais de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 de maio de 1987; Seção 1:7609.*
4. Boujibar F, Elkins MR. Perioperative physiotherapy. *J Physiother.* 2022 Oct;68(4):218-219. doi: 10.1016/j.jphys.2022.09.009.
5. Chen J, Zhang T, Bao W, Zhao G, Chen Z. The effect of in-hospital physiotherapy on handgrip strength and physical activity levels after cardiac valve surgery: a randomized

controlled trial. *Ann Palliat Med.* 2021 Feb;10(2):2217-2223. doi: 10.21037/apm-20-2259.

6. Gomes WJ, Mendonça JT, Braile DM. Cardiovascular surgery outcomes opportunity to rediscuss medical and cardiological care in the Brazilian public health system. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2007 Oct-Dec;22(4):III-VI. doi: 10.1590/s0102-76382007000400002.

7. Mack MJ, Squiers JJ, Lytle BW, DiMaio JM, Mohr FW. Myocardial Revascularization Surgery: JACC Historical Breakthroughs in Perspective. *J Am Coll Cardiol.* 2021 Jul 27;78(4):365-383. doi: 10.1016/j.jacc.2021.04.099.

8. Ávila AC, Fenili R. Incidence and risk factors for postoperative pulmonary complications in patients undergoing thoracic and abdominal surgeries. *Rev Col Bras Cir.* 2017 May-Jun;44(3):284-292. doi: 10.1590/0100-69912017003011.

9. Dsouza FV, Amaravadi SK, Samuel SR, Raghavan H, Ravishankar N. Effectiveness of Inspiratory Muscle Training on Respiratory Muscle Strength in Patients Undergoing Cardiac Surgeries: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Ann Rehabil Med.* 2021 Aug;45(4):264-273. doi: 10.5535/arm.21027.

10. Liu GX, Su JH, Wang X, He JT. Value of Peak Expiratory Flow Rate in Evaluating Cough Ability in Patients Undergoing Lung Surgery. *Can Respir J.* 2021 Dec 15;2021:5888783. doi: 10.1155/2021/5888783.

11. Wu Y, Zhou Y, Gao S, Du C, Yao L, Yang R. Effects of preoperative pulmonary function on short-term outcomes and overall survival after video-assisted thoracic surgery lobectomy. *Ann Transl Med.* 2021 Nov;9(22):1651. doi: 10.21037/atm-21-5244.

12. Kulnik ST, Lewko A, MacBean V, Spinou A. Accuracy in the Assessment of Cough Peak Flow: Good Progress for a "Work in Progress". *Respir Care.* 2020 Jan;65(1):133-134. doi: 10.4187/respcare.07454.

13. Frade JCQP. Desenvolvimento e avaliação de um programa educativo relativo à asma dedicado a farmacêuticos de uma rede de farmácias de Minas Gerais [dissertação]. Belo Horizonte: Fundação Oswaldo Cruz; 2006. 208 p.

14. Silva JA, Fonseca MR, Melo MA, Melo PM. O peak flow expiratório em mulheres fumantes e não fumantes e suas medidas de confiabilidade. *Assobrafir Cienc.* 2015;6(1):41-48.

15. Mohamed MA, Ding S, Ali Shah SZ, Li R, Dirie NI, Cheng C, Wei X. Comparative Evaluation of the Incidence of Postoperative Pulmonary Complications After Minimally

Invasive Valve Surgery vs. Full Sternotomy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials and Propensity Score-Matched Studies. *Front Cardiovasc Med.* 2021 Aug 23;8:724178. doi: 10.3389/fcvm.2021.724178.

16. Sellin C, Asch S, Belmenai A, Mourad F, Voss M, Dörge H. Early Results of Total Coronary Revascularization via Left Anterior Thoracotomy. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2023 Sep;71(6):448-454. doi: 10.1055/s-0042-1758149.

17. Zhou X, Pan J, Wang H, Xu Z, Zhao L, Chen B. Prophylactic noninvasive respiratory support in the immediate postoperative period after cardiac surgery - a systematic review and network meta-analysis. *BMC Pulm Med.* 2023 Jun 28;23(1):233. doi: 10.1186/s12890-023-02525-1.

18. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002 Aug 15;166(4):518-624. doi: 10.1164/rccm.166.4.518.

19. Pereira CAC, Neder JA. Diretrizes para testes de função pulmonar 2002. *J Pneumol.* 2002;28(Suppl 3):S1-S41.

20. Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Friberg O, Hedenstierna G, Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest.* 2005 Nov;128(5):3482-8. doi: 10.1378/chest.128.5.3482.

21. Zhang SM, Muhetaer Y, Liu K. Assessments and exercises of cough strength in critically ill patients: a literature review. *J Thorac Dis.* 2025 Feb 28;17(2):1080-1102. doi: 10.21037/jtd-24-1673.

22. Brennan M, McDonnell MJ, Duignan N, Gargoum F, Rutherford RM. The use of cough peak flow in the assessment of respiratory function in clinical practice- A narrative literature review. *Respir Med.* 2022 Mar;193:106740. doi: 10.1016/j.rmed.2022.106740.

23. Feltrim MIZ, Sawada LA. Avaliação da função pulmonar no pré e pós-operatório de revascularização do miocárdio. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2008;23(4):490-497. doi: 10.1590/S0102-76382008000400014.

24. Morsch KT, Leguisamo CP, Camargo MD, Mattos W, Gomes R, De Bacco F, Nassif M, Sant'Anna RT, Kalil R, Bartholomay E. Complicações pulmonares pós-operatórias em cirurgia cardíaca. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2009;24(4):516-521. doi: 10.1590/S0102-76382009000400012.