

Análise da função pulmonar e espessura diafragmática no pós-operatório de cirurgia abdominal superior em pacientes hospitalizados no hospital universitário do Oeste do Paraná

Analysis of pulmonary function and diaphragmatic thickness after upper abdominal surgery in patients hospitalized at the university hospital of Western Paraná

Análisis de la función pulmonar y del espesor diafragmático después de cirugía del abdomen superior en pacientes internados en el hospital universitario del Oeste de Paraná

Recebido: 18/02/2025 | Revisado: 25/02/2025 | Aceitado: 25/02/2025 | Publicado: 27/02/2025

Karoline Bonetti

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9122-3045>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: bonetti.29@gmail.com

Hellen Gonçalves Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2024-6695>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: hellengoncalvesrosa@gmail.com

Ana Luiza Beraldo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9419-1156>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: anaaberaldo@hotmail.com

Carlos Eduardo de Albuquerque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2488-9062>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: ceafit@yahoo.com

Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar e comparar a espessura diafragmática (EP) e a função pulmonar em pacientes no pós-operatório (PO) de cirurgia abdominal superior em relação a indivíduos saudáveis. Trata-se de um estudo piloto com desenho comparativo transversal, realizado em um hospital universitário, com 30 participantes divididos em dois grupos: 15 pacientes no PO de cirurgia abdominal superior e 15 indivíduos saudáveis. Foram avaliadas a EP por ultrassonografia à beira do leito e a função pulmonar por espirometria, considerando a capacidade vital forçada (CVF), fração diafragmática e proporção de ativação muscular. Os resultados mostraram que o EP durante a inspiração foi significativamente menor no grupo PO (p 0,0417). A CVF também foi inferior em pacientes cirúrgicos (p 0,0012), prejudicando a função pulmonar. No entanto, a ativação muscular do diafragma foi maior no grupo PO (p 0,0448), proporcionando uma compensação para a perda de espessura muscular. A fração diafragmática não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Conclui-se que após uma cirurgia abdominal superior ocorre um maior recrutamento de unidades motoras como estratégia para manter a ventilação. A ultrassonografia mostrou-se uma ferramenta útil para a avaliação da disfunção diafragmática no PO, podendo auxiliar no monitoramento desses pacientes.

Palavras-chave: Diafragma; Ultrassom; Serviço hospitalar de fisioterapia; Período pós-operatório.

Abstract

The aim of this study was to investigate and compare diaphragmatic thickness (DE) and pulmonary function in postoperative (PO) patients after upper abdominal surgery compared to healthy individuals. This is a comparative cross-sectional pilot study carried out in a university hospital, with 30 participants divided into two groups: 15 patients in the postoperative period of upper abdominal surgery and 15 healthy individuals. PE was assessed by bedside ultrasound and lung function by spirometry, considering forced vital capacity (FVC), diaphragmatic fraction and proportion of muscle activation. The results showed that PE during inspiration was significantly lower in the PO group (p 0,0417). FVC was also lower in surgical patients (p 0,0012), impairing lung function. However, diaphragm muscle activation was higher in the PO group (p 0,0448), providing compensation for the loss of muscle thickness. The diaphragmatic fraction showed no statistically significant difference between the groups. It is concluded that after upper abdominal surgery there is a greater recruitment of motor units as a strategy to maintain ventilation. Ultrasound

proved to be a useful tool for assessing diaphragmatic dysfunction in the postoperative period and can help monitor these patients.

Keywords: Diaphragm; Ultrasonics; Physical therapy department, Hospital; Postoperative period

Resumen

El objetivo de este estudio fue investigar y comparar el grosor diafragmático (EG) y la función pulmonar en pacientes en el postoperatorio (POS) de cirugía abdominal superior en comparación con individuos sanos. Se trata de un estudio piloto transversal comparativo realizado en un hospital universitario, con 30 participantes divididos en dos grupos: 15 pacientes en el postoperatorio de cirugía abdominal superior y 15 individuos sanos. La EP se evaluó mediante ecografía a pie de cama y la función pulmonar mediante espirometría, considerando la capacidad vital forzada (CVF), la fracción diafragmática y la proporción de activación muscular. Los resultados mostraron que la PE durante la inspiración fue significativamente menor en el grupo PO (p 0,0417). La CVF también fue inferior en los pacientes quirúrgicos (p 0,0012), lo que perjudicó la función pulmonar. Sin embargo, la activación muscular del diafragma fue mayor en el grupo PO (p 0,0448), lo que compensó la pérdida de grosor muscular. La fracción diafragmática no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Se concluye que tras la cirugía abdominal superior existe un mayor reclutamiento de unidades motoras como estrategia para mantener la ventilación. La ecografía demostró ser una herramienta útil para evaluar la disfunción diafragmática en el postoperatorio y puede ayudar a monitorizar a estos pacientes.

Palabras clave: Diafragma; Ultrasonido; Servicio de fisioterapia en hospital; Periodo posoperatorio.

1. Introdução

O diafragma é o músculo esquelético que separa o tórax da cavidade abdominal, é o principal músculo responsável pela respiração, seguido pelos músculos intercostais e escalenos, sua contração é essencial para a ventilação. Assim, qualquer condição que afete a inervação do diafragma, a função contrátil do músculo ou a conexão mecânica com a parede torácica pode levar a disfunções (Ricoy et al., 2019). De acordo com Tasnim et al. (2024) o diafragma é innervado pelos nervos frênicos direito e esquerdo e sua posição na região costal desempenha um papel crucial na mecânica respiratória, uma vez que, durante a inspiração, sua contração provoca o deslocamento caudal do músculo, gerando uma pressão negativa que facilita a entrada de ar, enquanto a expiração ocorre de forma passiva, decorrente do recuo elástico das fibras musculares.

Aproximadamente 230 milhões de procedimentos de grande porte são realizadas globalmente a cada ano (Weiser et al., 2008). Dentre elas, a cirurgia abdominal superior é o procedimento de grande porte mais prevalente, sendo a complicação pulmonar pós-operatória (CPP) a complicação grave mais comum associada a esse tipo de intervenção (Boden et al., 2018). A função muscular respiratória muda imediatamente após a indução da anestesia geral, podendo ocorrer obstrução das vias aéreas, redução da área transversal da parede torácica e deslocamento cefálico do diafragma, independentemente da administração ou não de um bloqueador neuromuscular (Miskovic & Lumb, 2017).

Procedimentos cirúrgicos extensos realizados sob anestesia geral podem levar a uma diminuição de até 20% na capacidade vital forçada (CVF) em comparação ao indivíduo acordado, além de prejudicar a função normal dos músculos respiratórios, especialmente o diafragma (Huang et al., 2022). Entre as complicações pulmonares pós-operatórias (PO) mais significativas estão a reintubação, insuficiência respiratória aguda, edema pulmonar, pneumonia e principalmente atelectasia (Ruscic et al., 2017). Além disso, estudos apontam que as complicações pulmonares são mais frequentes do que as complicações cardíacas, após cirurgias abdominais de grande porte (Miskovic & Lumb, 2017).

A tensão diafragmática desempenha um papel importante na redução da transmissão da pressão abdominal para os pulmões. Durante a anestesia, a perda ou diminuição desse tônus compromete o equilíbrio das forças atuando sobre os pulmões, diminuindo o movimento do diafragma e facilitando a transmissão da pressão abdominal para os pulmões. Isso leva ao deslocamento cefálico do diafragma e compressão pulmonar, favorecendo a atelectasia, que é destacada como a principal CPP (Zeng et al. 2022).

Estudos afirmam que as CPP em procedimentos cirúrgicos de grande porte podem afetar de 1 a 30% dos pacientes,

sendo o risco aumentado quando o local cirúrgico seja próximo ao diafragma (Huang et al., 2022). Entre os pacientes que apresentam CPP, a taxa de mortalidade em até 30 dias após uma cirurgia de grande porte é de 14 a 30%, enquanto para aqueles sem CPP, a taxa é de 0,2 a 3%, isso resulta em um aumento significativo nos custos da assistência aos serviços de saúde (Miskovic & Lumb, 2017).

Nos últimos anos, as pesquisas buscam as causas e os mecanismos por trás da disfunção e atrofia dos músculos respiratórios em pacientes críticos. Apesar dos avanços, ainda não existem ferramentas eficazes para monitorar a atividade do diafragma no ambiente hospitalar à beira leito (Zambon et al., 2017). Atualmente, a melhor técnica para avaliar o diafragma é por meio da pressão transdiafragmática usando um eletromiograma durante a estimulação do nervo frênico, no entanto, a técnica apresenta limitações, como a natureza invasiva, o tempo prolongado de realização e a exposição à radiação (Kakhaki et al., 2023).

A ultrassonografia (US) beira leito é uma ferramenta valiosa para os profissionais da saúde, pois oferece uma série de benefícios que podem melhorar a avaliação do paciente crítico, como a possibilidade de realizar exames de forma rápida e eficiente, não é invasiva, não utiliza radiação e identifica de forma precoce disfunções musculares e da caixa torácica (Zambon et al., 2017; Nascimento et al., 2021).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi investigar e comparar ativação do diafragma através da avaliação da espessura muscular diafragmática (EP) e a função pulmonar em PO de cirurgia abdominal superior com indivíduos saudáveis, a fim de identificar possíveis alterações na função respiratória após a cirurgia.

2. Metodologia

Estudo piloto com desenho comparativo transversal (Estrela, 2018) e de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018), com emprego de estatística descritiva simples com uso de médias, desvios padrões, frequências (Shitsuka et al., 2014) e análise estatística (Vieira, 2021). Realizado nas unidades de média complexidade do Hospital Universitário do Oeste do Paraná (HUOP), após a aplicação de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, parecer CAAE nº: 82975124.0.0000.0107.

Trinta indivíduos foram avaliados, dos quais quinze eram pacientes durante o PO de cirurgia abdominal superior e quinze indivíduos saudáveis, sem comorbidades. A amostra incluiu pacientes de ambos os sexos, com idade acima de dezoito anos e submetidos a cirurgia abdominal superior no período de sete dias, com ou sem complicações pulmonares. Foram excluídos pacientes com instabilidade hemodinâmica, não colaborativos e com restrição de mobilidade. As características da população avaliada estão detalhadas na Tabela 1.

O recrutamento dos pacientes foi realizado por meio da análise de prontuário eletrônico, e a abordagem ocorreu na enfermaria do HUOP, onde estavam internados após a cirurgia. O grupo controle foi recrutado a partir de uma busca ativa no hospital voltada para voluntários, composta por funcionários com mais de dezoito anos, sem comorbidades, que demonstraram interesse em participar da pesquisa.

A pesquisa foi estruturada em duas etapas principais. A primeira concentrou-se na avaliação, envolvendo a medição da EP por US durante a inspiração e a expiração profunda, realizada no hemidiafragma direito, além da espirometria em ambos os grupos. A segunda etapa teve como objetivo analisar a EP e a função respiratória em ambos os grupos, para verificar se houve uma relação direta entre essas variáveis e a ocorrência de complicações pulmonares PO.

Tabela 1 – Distribuição dos sujeitos avaliados.

	Saudáveis	Procedimento
N	15	15
Gênero (M/F)	4/11	5/10
Peso (kg)	67,7 (10,3)	85,5 (27,2)
Altura (cm)	169,0 (8,5)	167,0 (12,4)
Idade (anos)	27,5 (8,8)	48,4 (16,2)
Tabagista	0	7
Avaliados no 1 PO	Na	9
Cirurgias por Vídeo	Na	9
Histórico Respiratório	Na	3

Na – não se aplica. Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Variáveis do Estudo

No presente estudo foram avaliados valores de função pulmonar através da CVF e valores de secção transversa do diafragma, no momento da máxima inspiração e expiração, a partir desta informação foram calculadas Fração Diafragmática e Proporção de Ativação Muscular. A Fração Diafragmática é dada pela fórmula $(ESi - ESe) / (ESe)$ – onde ESi é a máxima espessura inspirada e ESe é a máxima espessura expirada. Proporção de ativação é dada pela fórmula (ESe/ESi) . Estes índices têm valores em porcentagem.

Análise Estatística

A normalidade dos dados do estudo foi comprovada através do teste Shapiro-Wilk. As diferenças médias entre os grupos foram verificadas através do teste t para amostras independentes com nível de significância de 5%. As análises foram executadas em IBM SPSS Estatísticas para Windows, Versão 28.0.

3. Resultados

Os resultados do estudo foram comparados em médias e desvio padrão para os grupos estudados, conforme apresentado na Tabela 2. Os valores de EP inspirado apresentaram uma maior espessura para o grupo saudável ($p < 0.05$). Os valores de Fração Diafragmática e Proporção de Ativação Muscular não apresentaram diferenças significativas ($p > 0.05$). A CVF foram significativamente ($p < 0.05$) superiores no grupo saudável.

Tabela 2 – Resultados das avaliações de função pulmonar e EP dos sujeitos da pesquisa.

	Saudáveis	Procedimento	Valor p
EP Inspiração (mm)	23,9 (0,5)	23,3 (0,8)	0,0417
Fração Diafragmática (%)	40,7 (23,4)	32,8 (10,7)	0,2444
Proporção de Ativação (%)	72,9 (11,8)	83,0 (13,9)	0,0448
CVF (litros)	4,11 (0,77)	2,42 (0,78)	0,0012

Valores expressos em média e desvio padrão. Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A EP apresentou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,0417$), sugerindo que durante a inspiração ela é menor no grupo PO em comparação ao grupo saudável. Por outro lado, a fração de movimentação do diafragma não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,2444$), indicando que, embora haja uma diferença numérica, a fração de movimentação do diafragma não varia de forma relevante entre os dois grupos.

A ativação do diafragma, por sua vez, mostrou uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0448$), com uma

média de 83,0% ($\pm 13,9$) no grupo PO, em comparação com 72,9% ($\pm 11,8$) no grupo saudável. Esses dados sugerem que, embora a EP durante a inspiração tenha sido ligeiramente menor no grupo PO, a ativação do diafragma foi mais acentuada entre esses pacientes.

A CVF também apresentou uma diferença significativa entre os grupos ($p = 0,0012$), com os indivíduos saudáveis apresentando uma média de 4,11 litros ($\pm 0,77$) e os pacientes PO, 2,42 litros ($\pm 0,78$), indicando uma redução considerável na função pulmonar no grupo PO em relação ao grupo saudável.

4. Discussão

Nosso estudo evidenciou que em pacientes submetidos à cirurgia abdominal superior, a EP durante a inspiração foi significativamente menor no PO, associando-se a uma redução na CVF. Além disso, observou-se uma maior ativação do diafragma no grupo PO, apesar da diminuição de sua espessura. Não houve diferença significativa na fração de movimentação do diafragma entre os grupos. Esses achados sugerem que alterações na função diafragmática, como diminuição da espessura e aumento da ativação, podem estar relacionadas ao comprometimento respiratório no PO de cirurgia abdominal superior.

As funções dos músculos respiratórios são impactadas durante e após a cirurgia abdominal, especialmente em procedimentos no abdômen superior, devido à manipulação ou incisão dos grupos musculares abdominais. A redução da atividade desses músculos dura cerca de 48 horas após a cirurgia e pode persistir por até uma semana antes de se normalizar gradualmente (De Cleve et al., 2014).

O movimento diafragmático é fundamental para a ventilação dos campos pulmonares inferiores, região onde a atelectasia e as infecções ocorrem com maior frequência (Ferreira et al., 2008). Sendo assim, quando o diafragma está comprometido, sua eficácia na ventilação é reduzida, favorecendo o colapso alveolar e contribuindo para insuficiência respiratória. A insuficiência respiratória aguda pode levar à necessidade de intubação endotraqueal, prolongamento da internação hospitalar e um aumento significativo na morbidade e mortalidade (Ireland et al., 2014). Sendo assim, pacientes em ventilação mecânica, submetidos a sedação profunda, estão sujeitos à atrofia diafragmática devido à imobilização prolongada, condição que, segundo estudos, tem se mostrado um preditor significativamente mais forte de mortalidade na UTI do que o grau de falência de órgãos (Supinski et al., 2018).

De acordo com nossos achados, um estudo observacional com pacientes submetidos à cirurgia abdominal superior identificou uma redução de aproximadamente 1,6cm na amplitude inspiratória diafragmática (AID) durante a respiração profunda, avaliada no terceiro dia de PO (Vanamail et al., 2021). Outro estudo observou uma melhora de 30% na AID no sétimo dia de PO em comparação aos valores do primeiro e segundo dia, além de uma correlação positiva significativa com a CVF, medida simultaneamente por espirometria (Hwan et al., 2010).

Neste estudo, observou-se uma menor EP associado a maior ativação do músculo nos pacientes PO, apesar da fração de movimentação do diafragma não ter apresentado diferenças significativas. Esse aumento na ativação pode representar uma resposta compensatória à redução da EP, indicando um recrutamento submáximo do músculo para manter a ventilação. De acordo com Alaparthi et al. (2016) a posição dos pontos cirúrgicos, próximos ao diafragma, pode provocar um trauma, causando inibição reflexa do nervo frênico e paresia reflexa do diafragma, o que leva à interrupção do movimento muscular respiratório. Além disso, a imobilidade e o posicionamento em decúbito dorsal durante o PO, contribuem para o aumento da pressão abdominal, resultando em limitação do movimento diafragmático (Zambon et al., 2017).

De acordo com Vanamail et al. (2021) o aumento do tônus muscular expiratório durante a expiração eleva o diafragma na caixa torácica, resultando em uma função pulmonar restritiva, com redução da capacidade residual funcional, do volume corrente e da CVF. Esse padrão restritivo se agrava no PO devido à dor incisional, levando à redistribuição da perfusão

pulmonar e a anormalidades nas trocas gasosas.

Os testes de função pulmonar são fundamentais para diagnosticar a disfunção diafragmática. Geralmente, a fraqueza dos músculos inspiratórios resulta em um padrão restritivo, caracterizado pela redução das capacidades pulmonares totais, vitais e funcionais. Uma diminuição da CVF superior a 15-30% sugere algum grau de fraqueza diafragmática, indicando a necessidade de uma avaliação mais detalhada (Ricoy et al., 2019).

Este estudo demonstrou o comprometimento da capacidade respiratória dos pacientes após a cirurgia, evidenciado pela redução da CVF. Este achado é consistente com a literatura, que sugere que cirurgias abdominais superiores podem impactar na função respiratória devido a fatores como dor, imobilização, hipercapnia e obstrução parcial das vias aéreas por aumento da secreção, além de intensificar o impulso respiratório e aumentar o trabalho do diafragma (Shah et al., 2021).

Esses resultados destacam a importância do monitoramento da função respiratória e da implementação de estratégias terapêuticas voltadas para a reabilitação pulmonar. Nesse contexto, a fisioterapia respiratória no PO desempenha um papel essencial na redução das complicações pulmonares, promovendo uma melhor ventilação, prevenindo distúrbio alveolar e otimizando a higiene brônquica. Como consequência, contribui para uma recuperação mais rápida e para a redução do tempo de internação hospitalar (Boden et al., 2024).

Com base nos resultados obtidos, algumas limitações devem ser destacadas. A amostra do estudo foi limitada, uma vez que pacientes em ventilação mecânica e com comprometimento do nível de consciência não puderam ser avaliados. Outra limitação foi a falta de avaliação do nervo frênico, fator que poderia fornecer informações mais detalhadas sobre a função diafragmática. A ausência de dados sobre o tipo de sedação também é uma limitação relevante, já que isso pode influenciar a ativação do diafragma e a função pulmonar.

Para estudos futuros, é sugerido que seja realizada também a avaliação da mobilidade diafragmática, proporcionando uma análise mais completa da função diafragmática. Além disso, seria interessante incluir a avaliação de outros músculos envolvidos na respiração, como o transversos do abdômen. Por fim, outra sugestão importante seria realizar a avaliação dos pacientes também no pré-operatório, a fim de comparar as condições respiratórias antes e após a cirurgia.

5. Conclusão

A EP é reduzida após cirurgias abdominais superiores, acompanhada por um maior recrutamento de unidades motoras, como estratégia para manter a ventilação, e redução na CVF, em comparação aos indivíduos saudáveis. Nossos resultados sugerem que a ultrassonografia à beira do leito é uma ferramenta valiosa para investigar a disfunção diafragmática no PO de cirurgias abdominais superiores.

Referências

- Boden, I., et al. (2018). Preoperative physiotherapy for the prevention of respiratory complications after upper abdominal surgery: pragmatic, double blinded, multicentre randomised controlled trial. *BMJ*, 360. <https://doi.org/10.1136/bmj.j5916>
- Boden, I., et al. (2024). Preoperative physiotherapy prevents postoperative pulmonary complications after major abdominal surgery: A meta-analysis of individual patient data. *Journal of Physiotherapy*. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2024.02.012>
- De Cleva, R., et al. (2014). Correlation between intra-abdominal pressure and pulmonary volumes after superior and inferior abdominal surgery. *Clinics*, 69, 483-486. [https://doi.org/10.6061/clinics/2014\(07\)07](https://doi.org/10.6061/clinics/2014(07)07)
- Estrela, C. (2018). Metodologia científica: Ciência, ensino, pesquisa. Artes Médicas.
- Ferreira, G. P., et al. (2008). Continuous positive airway pressure for treatment of respiratory complications after abdominal surgery: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Surgery*, 247(4), 617-626. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e3181675829>
- Huang, Y.-T., et al. (2022). The fully engaged inspiratory muscle training reduces postoperative pulmonary complications rate and increased respiratory muscle function in patients with upper abdominal surgery: A randomized controlled trial. *Annals of Medicine*, 54(1), 2221-2231. <https://doi.org/10.1080/07853890.2022.2106511>

- Ireland, C. J., et al. (2014). Continuous positive airway pressure (CPAP) during the postoperative period for prevention of postoperative morbidity and mortality following major abdominal surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008930.pub2>
- Kakhaki, H. E. S., et al. (2023). Diaphragmatic ultrasound advantages in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients: A systematic review and metaanalysis. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 33(5). <https://doi.org/10.4314/ejhs.v33i5.20>
- Miskovic, A., & Lumb, A. B. (2017). Postoperative pulmonary complications. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 118(3), 317-334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>
- Nascimento, T. S., et al. (2021). Ultrasound protocols to assess skeletal and diaphragmatic muscle in people who are critically ill: A Systematic Review. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 47(11), 3041-3067. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2021.06.017>
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Ricoy, J., et al. (2019). Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology*, 25(4), 223-235. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2018.10.008>
- Ruscic, K. J., et al. (2017). Prevention of respiratory complications in surgical patients: Actionable plan for continued process improvement. *Current Opinion in Anesthesiology*, 30(3), 399-408. <https://doi.org/10.1097/aco.0000000000000465>
- Shah, S., et al. (2021). Altered patterns of abdominal muscle activation during forced exhalation following elective laparotomy: An experimental research. *Annals of Medicine and Surgery*, 61, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2020.11.080>
- Shitsuka, R. et al. (2014). Matemática fundamental para tecnologia. 2ed. Editora Erica.
- Supinski, G. S., Morris, P. E., Dhar, S., & Callahan, L. A. (2018). Diaphragm dysfunction in critical illness. *Chest*, 153(4), 1040-1051. [10.1016/j.chest.2017.08.1157](https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.08.1157)
- Tasnim, S., Bribiesco, A. C., & Sudarshan, M. (2024). Surgical Diaphragm: Anatomy and Physiology. *Thoracic Surgery Clinics*, 34(2), 111-118. [10.1016/j.thorsurg.2024.01.002](https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2024.01.002)
- Vanamail, P. V., et al. (2021). Ultrasonographic assessment of diaphragmatic inspiratory amplitude and its association with postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery: A prospective, longitudinal, observational study. *Indian Journal of Critical Care Medicine: Peer-reviewed Official Publication of the Indian Society of Critical Care Medicine*, 25(9), 1031. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23962>
- Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Ed.GEN/Guanabara Koogan.
- Weiser, T. G., et al. (2008). An estimation of the global volume of surgery: A modeling strategy based on available data. *The Lancet*, 372(9633), 139-144. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(08\)60878-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(08)60878-8)
- Zambon, M., et al. (2017). Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: A systematic review. *Intensive Care Medicine*, 43, 29-38. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4524-z>
- Zeng, C., Lagier, D., Lee, J. W., & Melo, M. F. V. (2022). Perioperative pulmonary atelectasis—part I: biology and mechanisms. *Anesthesiology*, 136(1), 181. [10.1097/ALN.0000000000003943](https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003943)