

多学科视角下胸腔镜肺切除术后肺部并发症的预测与干预

杨 凡

重庆医科大学附属第二医院麻醉科, 重庆

收稿日期: 2025年6月3日; 录用日期: 2025年6月27日; 发布日期: 2025年7月3日

摘 要

本综述围绕胸腔镜(VATS)肺切除术的普及现状, 深入剖析术后肺部并发症(PPCs)的临床重要性, 并着重探讨多学科协作在PPCs预测与干预中的必要性。通过系统总结现有PPCs预测模型、风险因素, 以及外科、麻醉、呼吸治疗、护理等多学科干预策略, 旨在为降低VATS肺切除术后PPCs发生率、提升患者预后提供理论依据, 同时展望未来研究方向, 为临床实践与学术探索提供参考。

关键词

胸腔镜肺切除术, 术后肺部并发症, 多学科协作, 预测模型, 干预策略

Prediction and Intervention of Pulmonary Complications after Thoracoscopic Lung Resection from a Multidisciplinary Perspective

Fan Yang

Department of Anaesthesiology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Jun. 3rd, 2025; accepted: Jun. 27th, 2025; published: Jul. 3rd, 2025

Abstract

This review focuses on the current prevalence of video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) lung resection, deeply analyzes the clinical importance of postoperative pulmonary complications (PPCs), and emphasizes the necessity of multidisciplinary collaboration in the prediction and intervention of PPCs. By systematically summarizing existing PPCs prediction models, risk factors, and multidisci-

plinary intervention strategies in surgery, anesthesia, respiratory therapy, nursing, etc., this review aims to provide a theoretical basis for reducing the incidence of PPCs after VATS lung resection and improving patient prognosis. Meanwhile, it provides future research directions to offer references for clinical practice and academic exploration.

Keywords

Video-Assisted Thoracoscopic Surgery (VATS) Lung Resection, Postoperative Pulmonary Complications (PPCs), Multidisciplinary Collaboration, Prediction Model, Intervention Strategies

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

胸腔镜(Video-Assisted Thoracic Surgery, VATS)肺切除术凭借创伤小、恢复快、住院时间短等优势,已成为肺部疾病外科治疗的主流术式。近年来,随着技术的不断革新与设备的持续升级,VATS肺切除术的适应证不断拓展,在全球范围内的普及率显著提升。然而,尽管该术式具有微创特性,术后肺部并发症(Postoperative Pulmonary Complications, PPCs)仍是影响患者术后恢复、延长住院时间、增加医疗成本,甚至导致死亡的重要因素。PPCs涵盖肺不张、肺炎、呼吸衰竭、气胸等多种病症,其发生机制复杂,涉及患者自身基础状况、手术操作、麻醉管理、术后护理等多个环节。因此,深入研究PPCs的临床重要性,探索有效的预测与干预策略至关重要。多学科协作(Multidisciplinary Team, MDT)整合外科、麻醉、呼吸治疗、护理等多专业领域的知识与技能,为全面评估患者风险、制定个性化干预方案提供了可能,在PPCs的预测与管理中发挥着不可或缺的作用。本文旨在系统总结VATS肺切除术相关PPCs的研究进展,为临床实践提供科学指导。

2. 胸腔镜(VATS)肺切除术的普及现状

2.1. 技术发展推动术式普及

自20世纪90年代初VATS技术首次应用于肺部手术[1]以来,经过数十年的发展,其技术水平实现了质的飞跃。从最初简单的肺楔形切除术,到如今复杂的解剖性肺段切除、肺叶切除甚至全肺切除术,VATS的手术范围不断扩大。高清成像系统、3D胸腔镜、机器人辅助胸腔镜等先进设备的出现,显著提高了手术操作的精准性与安全性。例如,3D胸腔镜能够提供立体的手术视野[2],使术者更清晰地分辨组织结构,减少术中损伤;机器人辅助胸腔镜则通过机械臂的灵活操作[3],突破了传统手术器械的局限性,尤其适用于复杂解剖部位的手术。这些技术进步不仅降低了手术难度,也使得更多患者能够受益于VATS肺切除术,从而推动了该术式在临床的广泛应用。

2.2. 临床应用范围拓展

随着对VATS技术认知的加深,其适应证不断拓展。早期,VATS主要适用于肺部良性病变或早期恶性肿瘤的治疗[4]。而如今,对于部分局部进展期肺癌、肺部感染性疾病、肺大疱合并气胸等复杂病症,VATS肺切除术也展现出良好的治疗效果[5]。此外,在一些特殊患者群体中,如高龄患者、合并心肺功能障碍的患者,VATS凭借其微创优势,相比传统开胸手术具有更高的安全性和耐受性[6],进一步扩大了其临床应用范围。相关数据显示,在许多大型胸外科中心,VATS肺切除术的占比已超过70%[7],成

为肺部手术的首选术式。

3. 术后肺部并发症(PPCs)的临床重要性

3.1. 对患者预后的影响

PPCs 的发生严重影响患者的术后恢复和长期预后。研究表明, 发生 PPCs 的患者住院时间平均延长 5~10 天, 增加了患者的痛苦和经济负担[8]。同时, PPCs 还可能导致患者肺功能恢复延迟, 影响其生活质量。更为严重的是, PPCs 是导致 VATS 肺切除术后患者死亡的重要原因之一, 尤其是对于高龄、合并多种基础疾病的患者[9], PPCs 的发生显著增加了死亡风险。例如, 术后严重的呼吸衰竭若不能及时纠正, 可能引发多器官功能障碍综合征, 危及患者生命。

3.2. 对医疗资源的消耗

PPCs 的出现不仅给患者带来不良影响, 也对医疗资源造成了巨大消耗[10]。由于 PPCs 患者需要更长时间的住院治疗、更密切的监护以及更多的治疗措施, 包括抗感染治疗、呼吸支持治疗等, 导致医疗费用大幅增加。此外, PPCs 还可能延长病床周转时间[8], 影响医院的运营效率, 增加其他患者的等待时间。因此, 有效预防和处理 PPCs 对于合理利用医疗资源、减轻社会医疗负担具有重要意义。

4. PPCs 的预测模型与风险因素

4.1. 预测模型

目前, 国内外学者已开发出多种 PPCs 预测模型[11], 旨在通过整合患者术前、术中及术后的相关信息, 对 PPCs 发生风险进行评估。这些模型主要基于统计分析方法或机器学习算法构建。例如, 一些传统的预测模型通过 Logistic 回归分析[12], 基于机器学习的预测模型, 如神经网络、随机森林等, 凭借其强大的非线性拟合能力, 能够处理复杂的多维数据, 在 PPCs 预测中展现出更高的准确性。这些预测模型的应用有助于临床医生在术前对患者进行风险分层, 提前制定针对性的预防措施。

4.2. 风险因素

PPCs 的发生受多种因素影响, 主要包括患者自身因素、手术相关因素和麻醉相关因素等。

患者自身因素[13]: 高龄[14]、吸烟史、慢性阻塞性肺疾病(COPD)、肥胖、糖尿病、心肺功能不全等均是 PPCs 的重要危险因素。高龄患者机体储备能力下降, 肺组织弹性减退, 术后易发生肺不张和呼吸功能不全; 吸烟会损害气道纤毛运动功能, 增加呼吸道分泌物滞留的风险; COPD 患者本身存在气道阻塞和肺功能减退[15], 术后更易出现通气功能障碍。

手术相关因素[16]: 手术时间长、肺切除范围大[15]、术中出血量多、淋巴结清扫范围广[17]等与 PPCs 的发生密切相关。长时间的手术操作会增加肺部暴露时间, 导致肺组织损伤; 大范围的肺切除会直接影响患者术后肺功能; 术中出血量多可能引起机体缺氧和应激反应, 增加肺部并发症的发生风险。

麻醉相关因素: 全身麻醉时间过长[18]、气道管理不当[19]、麻醉药物对呼吸功能的抑制[10]等也是 PPCs 的潜在风险因素。长时间的全身麻醉会抑制患者的呼吸中枢和气道保护性反射, 增加误吸和肺部感染的风险; 不合理的气道管理, 如气管插管过深或过浅, 可能导致肺不张或气道损伤。

5. 多学科协作在 PPCs 预测与干预中的必要性

5.1. 多学科协作的优势

多学科协作打破了传统单一学科诊疗的局限性, 通过整合外科、麻醉、呼吸治疗、护理等多个学科

的专业知识和技能，能够从不同角度全面评估患者的病情和风险。外科医生更关注手术操作对肺部的影响以及术后解剖结构的改变[20]；麻醉医生擅长围术期呼吸管理和麻醉药物对呼吸功能的调控[21]专业优势；护理人员则能够在术后密切观察患者病情变化[22]，及时发现早期症状并采取相应措施。多学科团队成员通过定期讨论、病例分析等方式，共同制定个性化的诊疗方案，实现对 PPCs 的精准预测和有效干预。

5.2. 各学科在 PPCs 预测与干预中的作用

外科团队：外科医生在术前需对患者的手术适应证进行严格评估，根据患者的肺部病变情况、身体状况选择合适的手术方式和切除范围，尽量减少手术创伤。术中应精细操作[20]，避免不必要的肺部损伤，缩短手术时间，减少出血量。术后密切观察患者胸腔引流情况，及时处理气胸、血胸等并发症。

麻醉团队：麻醉医生在术前需详细评估患者的心肺功能，制定个性化的麻醉方案。选择合适的麻醉药物和麻醉方式，减少对呼吸功能的抑制。术中加强呼吸管理[23]，维持合适的气道压力和通气参数，避免肺过度膨胀或肺不张。术后合理使用镇痛药物[24]，在有效控制疼痛的同时，避免呼吸抑制。

呼吸治疗团队：呼吸治疗师在术前通过肺功能检查、血气分析等手段，全面评估患者的呼吸功能[25]，为手术风险评估提供依据。术后指导患者进行有效的呼吸训练[26]，如深呼吸、咳嗽咳痰训练，促进痰液排出，预防肺不张和肺炎。对于存在呼吸功能障碍的患者，及时给予呼吸支持治疗，如无创通气、高流量湿化氧疗等。

护理团队：护理人员在术后对患者进行密切监护[27]，包括生命体征监测、呼吸状态观察等。协助患者进行体位管理[27]，指导患者早期活动，促进肺部血液循环和肺复张。加强呼吸道护理[28]，及时清理呼吸道分泌物，预防肺部感染。同时，做好患者的心理护理[29]，缓解患者的紧张情绪，提高患者对治疗和护理的依从性。

6. 多学科干预策略

6.1. 术前评估与优化

多学科团队在术前共同对患者进行全面评估[30]模型对 PPCs 发生风险进行评估。对于存在高风险因素的患者，制定相应的优化措施。如对于 COPD 患者，术前给予支气管扩张剂、糖皮质激素等药物治疗，改善肺功能；对于吸烟患者，劝导其戒烟至少 2 周，减少呼吸道分泌物；对于营养不良患者，给予营养支持治疗，提高机体免疫力。

6.2. 术中管理

外科医生、麻醉医生和手术护士在术中密切配合，严格遵守手术操作规范和麻醉管理原则[31]。外科医生精细操作，减少肺部组织损伤；麻醉医生维持稳定的呼吸和循环功能，根据手术进程调整麻醉深度和通气参数；手术护士确保手术器械和设备的正常运行，及时传递手术用品。同时，加强术中体温管理，避免低体温导致的凝血功能障碍和免疫功能下降，降低肺部感染的风险。

6.3. 术后护理与康复

术后，护理人员和呼吸治疗师发挥关键作用[32]。护理人员加强患者的呼吸道护理，定期协助患者翻身、拍背，指导患者正确咳嗽咳痰。密切观察患者的呼吸频率、节律、深度以及血氧饱和度等指标，及时发现异常情况并通知医生。呼吸治疗师根据患者的肺功能恢复情况，制定个性化的呼吸康复训练计划，包括呼吸操、吹气球训练等，促进肺功能恢复。此外，多学科团队还需关注患者的疼痛管理，采用多模式镇痛方案，在有效缓解疼痛的同时，减少对呼吸功能的影响。

7. 研究现状与未来方向

7.1. 研究现状

目前,关于 VATS 肺切除术后 PPCs 的研究已取得了一定成果[33],在预测模型构建、风险因素识别以及多学科干预策略等方面均有较多报道。然而,现有研究仍存在一些局限性[34]。部分预测模型的外部验证不足,在不同医疗环境和患者群体中的适用性有待进一步验证;对于一些新型风险因素,如基因多态性与 PPCs 的关系研究较少[35];多学科协作的模式和流程尚未形成统一标准,在实际临床应用中存在协作效率不高的问题。此外,加速康复外科(ERAS)理念在降低 PPCs 中的应用已取得显著进展,其核心策略包括围术期肺保护性通气(如低潮气量 + PEEP 滴定)、高危患者分层管理(如肥胖患者 EIT 导向的个体化 PEEP、老年患者 CPET 预评估)及多学科协作干预(如外科微创技术联合麻醉科肺复张、护理团队早期活动指导)。研究表明[36],ERAS 通过整合压力 - 容积曲线、电阻抗成像(EIT)等实时监测技术,可动态优化通气参数并减少肺不张风险;针对胸外科患者[37],ERAS 联合胸腔镜手术(VATS)的“短禁食 + 早期引流管管理”策略,可将 PPCs 发生率降低 15%~40%。然而,当前 ERAS 与多学科协作的深度融合仍存在局限,例如:技术整合不足:EIT、肺部超声(LUS)等监测手段尚未在多学科评估中普及;预康复标准化缺失:针对老年、合并症患者的术前呼吸训练、营养干预缺乏跨学科共识路径;AI 辅助决策滞后:实时呼吸力学数据与多学科诊疗流程的智能化衔接仍需探索。

7.2. 未来方向

优化预测模型[38]:结合大数据和人工智能技术,整合患者术前、术中、术后的临床信息(如年龄、吸烟史、COPD 等基础疾病,肺功能检查结果,手术切除范围、时间、出血量,麻醉时长、通气参数等)、影像信息(如术前胸部 CT 纹理特征、肺体积参数,术后肺复张情况)及生物标志物(如炎症因子 IL-6、CRP,基因多态性,肠道菌群数据等),通过机器学习算法(如神经网络、随机森林)构建多维度模型,并加强模型在不同医疗环境和患者群体中的外部验证,以提高预测准确性和普适性,推动其在临床实践中的广泛应用。

探索新型风险因素[39]:探索新型风险因素需深入研究基因多态性、炎症因子、肠道菌群等与胸腔镜肺切除术后肺部并发症(PPCs)发生的关系,通过全基因组关联研究(GWAS)筛选炎症相关基因(如 IL-6、TNF- α)、药物代谢基因(如 CYP2D6)、肺结构相关基因(如 ELN)的单核苷酸多态性(SNPs)并验证其关联性,动态监测围术期炎症因子(如 IL-6、CRP、IL-8)的基线水平、术中峰值及术后动力学变化以评估预测价值,分析肠道菌群多样性与组成变化(如厚壁菌门/拟杆菌门比例、克雷伯菌属)及其代谢产物(如短链脂肪酸)与 PPCs 的关联,并通过动物模型和随机对照试验(RCT)验证因果效应,同时依托生物样本库和多组学技术构建分子网络,揭示 PPCs 发生的分子机制,为早期干预提供新靶点。

完善多学科协作模式[6]:建立标准化的多学科协作流程和评价体系,明确各学科在 PPCs 预测与干预中的职责和分工。加强学科间的沟通与协作,通过定期培训、学术交流等方式,提高团队成员的协作能力和专业水平。利用信息化技术,实现多学科信息共享和实时交互,提高协作效率。

开展前瞻性研究:开展大规模、多中心的前瞻性研究,进一步验证多学科干预策略的有效性和安全性。探索不同干预措施在不同患者群体中的最佳应用时机和方式,为临床实践提供更充分的证据支持。

8. 小结

胸腔镜(VATS)肺切除术的普及为肺部疾病患者带来了新的治疗选择,但术后肺部并发症(PPCs)仍是影响患者预后和医疗资源利用的重要问题。多学科协作整合外科、麻醉、呼吸治疗、护理等多学科的优势,在 PPCs 的预测与干预中具有不可替代的作用。通过总结现有预测模型、风险因素和多学科干预策

略, 我们认识到目前研究存在的不足和未来的发展方向。未来, 应进一步优化预测模型, 探索新型风险因素, 完善多学科协作模式, 并开展更多高质量的研究, 以降低 VATS 肺切除术后 PPCs 的发生率, 提高患者的治疗效果和生活质量。

参考文献

- [1] Kent, M., Wang, T., Whyte, R., Curran, T., Flores, R. and Gangadharan, S. (2014) Open, Video-Assisted Thoracic Surgery, and Robotic Lobectomy: Review of a National Database. *The Annals of Thoracic Surgery*, **97**, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.07.117>
- [2] Xu, Y., Chen, N., Ma, A., Wang, Z., Zhang, Y., Liu, C., et al. (2017) Three-Dimensional versus Two-Dimensional Video-Assisted Thoracic Surgery for Thoracic Disease: A Meta-Analysis. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, **25**, 862-871. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivx219>
- [3] O'Sullivan, K.E., Kreaden, U.S., Hebert, A.E., Eaton, D. and Redmond, K.C. (2018) A Systematic Review and Meta-Analysis of Robotic versus Open and Video-Assisted Thoracoscopic Surgery Approaches for Lobectomy. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, **28**, 526-534. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivy315>
- [4] Walker, W., Codispoti M, Soon S Y, et al. (2003) Long-Term Outcomes Following VATS Lobectomy for Non-Small Cell Bronchogenic Carcinoma. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **23**, 397-402. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00814-x](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00814-x)
- [5] Mazzella, A., Olland, A., Garelli, E., Renaud, S., Reeb, J., Santelmo, N., et al. (2016) Video-Assisted Thoracoscopic Surgery Is a Safe Option for Benign Lung Diseases Requiring Lobectomy. *Surgical Endoscopy*, **31**, 1250-1256. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5099-z>
- [6] Lim, E., Batchelor, T.J.P., Dunning, J., Shackcloth, M., Anikin, V., Naidu, B., et al. (2022) Video-Assisted Thoracoscopic or Open Lobectomy in Early-Stage Lung Cancer. *NEJM Evidence*, **1**, EVIDoA2100016. <https://doi.org/10.1056/evidoa2100016>
- [7] Li, Y., Mei, J., Yang, Z., Guo, C., Liu, C., Liao, H., et al. (2024) Ten-Year Survival Outcomes of Video-Assisted Thoracic Surgery vs. Open Major Lung Resection for Stage I-III Non-Small Cell Lung Cancer: A Large Cohort Study in China. *Translational Lung Cancer Research*, **13**, 2162-2174. <https://doi.org/10.21037/tlcr-24-150>
- [8] Lusquinhos, J., Tavares, M. and Abelha, F. (2023) Postoperative Pulmonary Complications and Perioperative Strategies: A Systematic Review. *Cureus*, **15**, e38786.
- [9] Agostini, P.J., Lugg, S.T., Adams, K., Smith, T., Kalkat, M.S., Rajesh, P.B., et al. (2018) Risk Factors and Short-Term Outcomes of Postoperative Pulmonary Complications after VATS Lobectomy. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **13**, Article No. 28. <https://doi.org/10.1186/s13019-018-0717-6>
- [10] Kendall, F., Silva, G., Drummond, M., Viana, P., Eusébio, E., Pinho, P., et al. (2024) Predictors of Prolonged Hospital Stay in Patients Undergoing Lung Resection. *Disability and Rehabilitation*, **46**, 5220-5226. <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2297936>
- [11] Canet, J., Gallart, L., Gomar, C., Paluzie, G., Vallès, J., Castillo, J., et al. (2010) Prediction of Postoperative Pulmonary Complications in a Population-Based Surgical Cohort. *Anesthesiology*, **113**, 1338-1350. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e3181fc6e0a>
- [12] Liu, G., Sui, X., Wang, S., Zhao, H. and Wang, J. (2017) Identifying Patients at Higher Risk of Pneumonia after Lung Resection. *Journal of Thoracic Disease*, **9**, 1289-1294. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.04.42>
- [13] Sengupta, S. (2015) Post-Operative Pulmonary Complications after Thoracotomy. *Indian Journal of Anaesthesia*, **59**, 618. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.165852>
- [14] Chen, D., Ding, Y., Zhu, W., Fang, T., Dong, N., Yuan, F., et al. (2021) Frailty Is an Independent Risk Factor for Postoperative Pulmonary Complications in Elderly Patients Undergoing Video-Assisted Thoracoscopic Pulmonary Resections. *Aging Clinical and Experimental Research*, **34**, 819-826. <https://doi.org/10.1007/s40520-021-01988-8>
- [15] Saito, H., Hatakeyama, K., Konno, H., Matsunaga, T., Shimada, Y. and Minamiya, Y. (2017) Impact of Pulmonary Rehabilitation on Postoperative Complications in Patients with Lung Cancer and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Thoracic Cancer*, **8**, 451-460. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.12466>
- [16] Herrera, L.J., Schumacher, L.Y., Hartwig, M.G., Bakhos, C.T., Reddy, R.M., Vallières, E., et al. (2023) Pulmonary Open, Robotic, and Thoracoscopic Lobectomy Study: Outcomes and Risk Factors of Conversion during Minimally Invasive Lobectomy. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **166**, 251-262.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2022.10.050>
- [17] Chen, D., Mao, Y., Wen, J., Shu, J., Ye, F., She, Y., et al. (2021) Impact of the Extent of Lymph Node Dissection on Precise Staging and Survival in Clinical I-II Pure-Solid Lung Cancer Undergoing Lobectomy. *Journal of the National*

- Comprehensive Cancer Network*, **19**, 393-402. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2020.7635>
- [18] Piccioni, F., Langiano, N., Bignami, E., Guarnieri, M., Proto, P., D'Andrea, R., *et al.* (2023) One-Lung Ventilation and Postoperative Pulmonary Complications after Major Lung Resection Surgery. A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **37**, 2561-2571. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2023.04.029>
 - [19] Futier, E., Constantin, J.M. and Jaber, S. (2014) Protective Lung Ventilation in Operating Room: A Systematic Review. *Minerva Anestesiologica*, **80**, 726-735.
 - [20] Singla, P., Brenner, B., Tsang, S., Elkassabany, N., Martin, L.W., Carrott, P., *et al.* (2024) Anesthetic Technique and Postoperative Pulmonary Complications (PPC) after Video Assisted Thoracic (VATS) Lobectomy: A Retrospective Observational Cohort Study. *PLOS ONE*, **19**, e0310147. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310147>
 - [21] Kidane, B., Choi, S., Fortin, D., O'Hare, T., Nicolaou, G., Badner, N.H., *et al.* (2018) Use of Lung-Protective Strategies during One-Lung Ventilation Surgery: A Multi-Institutional Survey. *Annals of Translational Medicine*, **6**, 269-269. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.06.02>
 - [22] Kotta, P.A. and Ali, J.M. (2021) Incentive Spirometry for Prevention of Postoperative Pulmonary Complications after Thoracic Surgery. *Respiratory Care*, **66**, 327-333. <https://doi.org/10.4187/respcare.07972>
 - [23] Simonis, F.D., Binnekade, J.M., Braber, A., Gelissen, H.P., Heidt, J., Horn, J., *et al.* (2015) PREVENT—Protective Ventilation in Patients without ARDS at Start of Ventilation: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Trials*, **16**, Article No. 226. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0759-1>
 - [24] Cheung, C.K., Adeola, J.O., Beutler, S.S. and Urman, R.D. (2022) Postoperative Pain Management in Enhanced Recovery Pathways. *Journal of Pain Research*, **15**, 123-135. <https://doi.org/10.2147/jpr.s231774>
 - [25] Bolliger, C.T., Koegelenberg, C.F.N. and Kendal, R. (2005) Preoperative Assessment for Lung Cancer Surgery. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, **11**, 301-306. <https://doi.org/10.1097/01.mcp.0000166588.01256.9c>
 - [26] Brocki, B.C., Andreasen, J.J., Langer, D., Souza, D.S.R. and Westerdahl, E. (2015) Postoperative Inspiratory Muscle Training in Addition to Breathing Exercises and Early Mobilization Improves Oxygenation in High-Risk Patients after Lung Cancer Surgery: A Randomized Controlled Trial. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **49**, 1483-1491. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezv359>
 - [27] Tazreean, R., Nelson, G. and Twomey, R. (2022) Early Mobilization in Enhanced Recovery after Surgery Pathways: Current Evidence and Recent Advancements. *Journal of Comparative Effectiveness Research*, **11**, 121-129. <https://doi.org/10.2217/cer-2021-0258>
 - [28] Belli, S., Prince, I., Savio, G., Paracchini, E., Cattaneo, D., Bianchi, M., *et al.* (2021) Airway Clearance Techniques: The Right Choice for the Right Patient. *Frontiers in Medicine*, **8**, Article ID: 544826. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.544826>
 - [29] Stamenkovic, D.M., Rancic, N.K., Latas, M.B., Neskovic, V., Rondovic, G.M., Wu, J.D., *et al.* (2018) Preoperative Anxiety and Implications on Postoperative Recovery: What Can We Do to Change Our History. *Minerva Anestesiologica*, **84**, 1307-1317. <https://doi.org/10.23736/s0375-9393.18.12520-x>
 - [30] Forster, C. and Gonzalez, M. (2022) Enhanced Recovery after Surgery (ERAS): Philosophy, Theory and Practice. *Journal of Thoracic Disease*, **14**, 3684-3687. <https://doi.org/10.21037/jtd-2022-13>
 - [31] Sotto, K.T., Burian, B.K. and Brindle, M.E. (2021) Impact of the WHO Surgical Safety Checklist Relative to Its Design and Intended Use: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Surgeons*, **233**, 794-809e8. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2021.08.692>
 - [32] Mendes, D.I.A., Ferrito, C.R.d.A.C. and Gonçalves, M.I.R. (2018) Nursing Interventions in the Enhanced Recovery after Surgery®: Scoping Review. *Revista Brasileira de Enfermagem*, **71**, 2824-2832. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0436>
 - [33] Yepes-Temiño, M.J., Monedero, P. and Pérez-Valdivieso, J.R. (2016) Risk Prediction Model for Respiratory Complications after Lung Resection: An Observational Multicentre Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **33**, 326-333. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000000354>
 - [34] Mazo, V., Sabaté, S., Canet, J., Gallart, L., de Abreu, M.G., Belda, J., *et al.* (2014) Prospective External Validation of a Predictive Score for Postoperative Pulmonary Complications. *Anesthesiology*, **121**, 219-231. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000334>
 - [35] Lu, Z., Sun, H., Niu, S., Wang, M., Zhong, Y. and Li, B. (2024) Lung Ultrasound on First Postoperative Day Predicts Out-of-Hospital Pulmonary Complications Following Video-Assisted Thoracic Surgery: A Prospective Cohort Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **42**, 347-356. <https://doi.org/10.1097/eja.00000000000002113>
 - [36] Mini, G., Ray, B.R., Anand, R.K., Muthiah, T., Baidya, D.K., Rewari, V., *et al.* (2021) Effect of Driving Pressure-Guided Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) Titration on Postoperative Lung Atelectasis in Adult Patients Undergoing Elective Major Abdominal Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Surgery*, **170**, 277-283. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2021.01.047>

-
- [37] D'Andrilli, A. and Rendina, E.A. (2018) Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) and Fast-Track in Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) Lobectomy: Preoperative Optimisation and Care-Plans. *Journal of Visualized Surgery*, **4**, Article No. 4. <https://doi.org/10.21037/jovs.2017.12.17>
- [38] Kim, J., Cheon, B., Kim, M., Hwang, S., Lim, S., Lee, J., *et al.* (2023) Harnessing Machine Learning for Prediction of Postoperative Pulmonary Complications: Retrospective Cohort Design. *Journal of Clinical Medicine*, **12**, Article No. 5681. <https://doi.org/10.3390/jcm12175681>
- [39] Mould, K.J., Jackson, N.D., Henson, P.M., Seibold, M. and Janssen, W.J. (2019) Single Cell RNA Sequencing Identifies Unique Inflammatory Airspace Macrophage Subsets. *JCI Insight*, **4**, e126556. <https://doi.org/10.1172/jci.insight.126556>