

· 综 述 ·

肺保护性通气策略在胸腔镜手术中的研究进展

白 卓, 吴秀英

(中国医科大学附属盛京医院, 辽宁 沈阳 110004)

[摘 要] 术后肺部并发症是导致进行全身麻醉机械通气患者临床结局不良的主要因素, 胸腔镜手术由于特殊的通气方式与体位会进一步加重通气/血流比值的失调。越来越多的证据表明, 在胸腔镜手术单肺通气的过程中实施肺保护性通气策略可以显著减少术后患者肺部损伤, 加快术后康复。这种通气方法主要包括小潮气量、个体化呼气末正压及肺复张。该文综述结合胸腔镜手术过程中单肺通气时的肺保护性通气策略的最新进展进行相关阐述, 来提高麻醉医生对于胸科手术过程中术后肺部并发症潜在风险的重视, 为制定胸科手术患者的个体化肺保护性通气提供策略, 未来还应进一步研究完善该通气策略。

[关键词] 肺保护性通气策略; 胸腔镜手术; 单肺通气; 术后肺部并发症; 综述

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2025.08.042

中图法分类号: R614

文章编号: 1009-5519(2025)08-1981-03

文献标识码: A

Research progress of lung protective ventilation strategy in thoracoscopic surgery

BAI Zhuo, WU Xiuying

(Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang, Liaoning 110004, China)

[Abstract] Postoperative pulmonary complications are the main factors leading to poor clinical outcomes in patients undergoing mechanical ventilation under general anesthesia. Thoracoscopic surgery will further aggravate the imbalance of ventilation/blood flow ratio due to special ventilation methods and positions. More and more evidence shows that the implementation of lung protective ventilation strategy in the process of one-lung ventilation in thoracoscopic surgery can significantly reduce postoperative lung injury and accelerate postoperative rehabilitation. This ventilation method mainly includes small tidal volume, individualized positive end-expiratory pressure and lung recruitment. This review combines the latest progress of lung protective ventilation strategy during one-lung ventilation during thoracoscopic surgery to improve the attention of anesthesiologists to the potential risk of postoperative pulmonary complications during thoracic surgery, and to provide strategies for individualized lung protective ventilation in patients undergoing thoracic surgery. In the future, this ventilation strategy should be further studied and improved.

[Key words] Lung protective ventilation strategy; Thoracoscopic surgery; One-lung ventilation; Postoperative pulmonary complications; Review

在我国, 每年接受外科手术的人次约为 0.8 亿, 其中绝大多数患者是在机械通气支持下进行全身麻醉^[1]。术后肺部并发症(PPCs)是导致全身麻醉机械通气患者临床结局不良的主要因素之一^[2]。根据 2018 年的一项系统综述和专家共识, PPCs 包括一系列具有共同病理生理机制的呼吸道疾病, 如肺不张、肺炎、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)和肺误吸^[3]。近年来, 为减少肺部损伤, 肺保护性通气方法逐渐应用于全身麻醉机械通气患者。肺保护性通气策略(LPVS)是在保证基础氧供的条件下, 应用小潮气量、个体化呼气末正压(PEEP)、肺复张手法(ARM)等来维持均匀的通气和肺泡稳定性, 减少气道损伤, 最终达到保护肺功能的目的^[4]。LPVS 的提出为麻醉安全提供了保障, 并推动了相关研究的不断深入, 使得相关概念逐渐完善。

在胸外科实施胸腔镜手术(VATS)时, 往往采用侧卧位进行单肺通气(OLV)。侧卧位会导致上下胸腔压力不同、通气不同、血流情况不同, 进而引起通气侧肺部的气体减少, 导致肺不张; 非通气侧肺部血流减少, 进一步加重通气/血流比值的失调。长时间进行 OLV 会导致术侧肺部长期保持萎陷状态, 尽管右心室仍然有血流进入, 产生肺部的分流, 但术后可能会出现严重的肺不张及其他肺部损伤。因此, 传统 OLV 的方法不利于胸外科患者术后肺部功能的恢复, 将会延长住院时间, 增加患者医疗费用。此外, 研究表明 PPCs 对非心胸外科手术发病率与死亡率产生不利影响, 特别是在术后第 1 周, 发生率在 6%~8%^[5]。PPCs 也是肺切除术后死亡的主要原因之一, 占有死亡原因的 84%^[6]。因此, 为减少患者术后死亡率, LPVS 在 VATS 中 OLV 过程中的应用变得至

关重要。张文一^[7]在开胸施行食管癌根治术的患者中应用 LPVS,发现肺保护性通气可以明显降低炎症因子白细胞介素-6(IL-6)和 IL-8 的浓度,减少 OLV 时的气道压力和阻力,从而降低 PPCs 的发生率。在胸科手术使用 VATS 技术进行 OLV 的过程中,由于手术范围比传统开胸方式有所缩小,导致细胞因子的反应更小,因此应用 LPVS 可减轻炎症反应,有效降低 PPCs 发生率^[8]。

1 潮气量

潮气量是机械通气过程中最重要的参数之一,小潮气量与术后患者肺部功能的迅速康复密切相关。过大的潮气量可能会导致机械通气容积伤,因此目前主张通过降低潮气量来达到减少肺部损伤的目的。有研究表明,小潮气量相较于大潮气量(>8 mL/kg)可以显著减少 PPCs 的发生,是 LPVS 的核心^[9]。VATS 是利用双腔支气管导管对一侧肺部进行通气,使手术视野清晰,便于手术者进行操作。传统通气方法通过增加潮气量而增加 OLV 过程中通气侧肺的通气量来改善氧合,同时预防肺不张,但是这种方法逐渐被 LPVS 取代。一项荟萃分析纳入 11 846 例接受胸科手术患者,发现与传统通气方法相比,小潮气量与较低的吸入性肺炎、胸腔积液的发生率有相关性,这种相关性鼓励我们使用小潮气量来避免任何可能出现的并发症^[10]。过去关于 LPVS 的研究多集中在某单一因素,但是单一因素的重要性也在发生演变,目前对该策略中多个因素的协同作用的研究日益增长。例如,在 OLV 期间如果使用 PEEP 对患者氧合、肺部状况改善无效,可能与 PEEP 导致肺泡过度膨胀有关,可以通过降低潮气量来进行改善。但是如果在机械通气过程中没有应用足够的 PEEP 水平,单纯使用小潮气量也并不能完全预防 PPCs。COLQUHOUN 等^[11]指出,LPVS 和常规通气策略的主要不同点是采用开放肺策略,其中包括使用足够大的 PEEP 最大限度减少容量损失和肺不张等风险,而并不是单纯的降低潮气量。一项针对 88 例接受开胸手术的研究发现,患者随机接受潮气量(8 mL/kg)+低 PEEP(5 cm H₂O)或者潮气量(5 mL/kg)+高 PEEP 的通气方法,维持恒定的低气道平台压,与大潮气量和低 PEEP 相比,在相同的低平台压下,OLV 过程中使用小潮气量和高 PEEP 可以降低肺损伤的风险,但是也会导致氧合指数降低^[12]。这些研究为将来 LPVS 的应用提供了新思路,有助于改进 VATS 中 OLV 过程的通气方法。

2 个体化 PEEP

机械通气期间使用 PEEP 可以使肺泡膨胀,防止过度萎陷,合适的 PEEP 对维持肺泡的扩张至关重要。在胸外科手术中,使用 PEEP 不仅可以改善氧合,还能降低内源性 PEEP 水平,同时不会导致心血管功能恶化^[13]。PEEP 的设置可以依据滴定法决定,目前,主要在驱动压、跨肺压、肺顺应性、压力-容积曲

线、可视化技术等指导下进行^[14]。SPADARO 等^[15]在 41 例接受全身麻醉的胸外科手术患者中,将 PEEP 水平从 0 cm H₂O 增加到 5 cm H₂O 和 10 cm H₂O,发现肺内分流量分别减少 5%、11%,氧合指数在 PEEP 为 10 cm H₂O 时显著增加。因此,推荐胸外科手术患者在 OLV 时使用个体化 PEEP。一项 meta 分析共纳入 849 例患者,探讨了个体化 PEEP 与 OLV 时恒定 PEEP 对 PPCs 的影响,结果显示,在胸外科手术患者中,采用个体化 PEEP 设置可以显著减少术后并发症,并改善围术期氧合状态^[16]。

在控制性正压通气状态下,跨肺压是肺泡萎陷和膨胀的直接体现,代表肺泡压与胸膜腔压力的差值^[17]。跨肺压直接作用在驱动压,与肺部的顺应性有直接关系,因此,在设置 PEEP 水平时,应该尽可能的降低驱动压。一项随机临床试验验证了这个结论,通过驱动压来引导个体化 PEEP 水平的通气方式可以使患者术后肺炎和 ARDS 的发生率更低^[18]。当潮气量和 PEEP 的变化影响驱动压时,这 2 个指标可能会影响 PPCs 的发生率^[19]。由于呼吸系统的顺应性与功能性肺部大小密切相关,潮气量与呼吸系统的顺应性的比值可定义为驱动压,即驱动压=潮气量/呼吸系统顺应性^[20]。由于接受全身麻醉的患者几乎都采用机械通气,所以驱动压=气道平台压-PEEP^[21]。BUGEDO 等^[22]的实验研究通过比较 ARDS 患者潮气量大小的变化,发现传统的非保护性通气策略驱动压大于 20 cm H₂O,而 LPVS 的驱动压通常小于 16 cm H₂O,说明通过限制潮气量大小来控制驱动压的方法是可行的。驱动压是施加在肺部的一种压力,通过限制驱动压的大小,可以使潮气量与功能性肺部更好的相互配合。一项系统评价和荟萃分析发现,ARM 降低了 PPCs 的发生率及驱动压,并且改善了氧合和肺的静态顺应性,但是平均动脉压和心率并没有明显的变化^[23]。较低的驱动压可以减轻 VATS 中 OLV 过程中的炎症反应^[24],并改善 OLV 过程中通气侧肺部的氧合及顺应性^[25],也意味着更好的预后。

3 ARM

在一定时间内通过持续增加气道的压力,将萎陷的肺泡重新膨胀,以提高肺部的顺应性并改善手术过程中患者氧合的目的,这就是所谓的 ARM。尽管这种方法可能引起气道压力的增加,但患者的血流动力学通常保持稳定^[26]。ARM 包括手法及呼吸机驱动 2 种方式。手法 ARM 是通过采用手动控制模式,人为挤压麻醉机的呼吸囊来达到 ARM 的目的,但是这种方法难以控制气道压力,容易产生气道压力伤,当从手法通气模式切换成机械控制通气模式时,手动产生的正压会暂时消失,肺泡会再度萎陷^[27]。相反呼吸机驱动的 ARM 方法有以下几种:肺活量法、压力控制通气法、容量控制通气法^[28]。有研究表明,对于 ARDS 患者的治疗作用,ARM 比单纯小潮气量具有改善氧合、带机时间短、血流动力学稳定、所用镇静药

物少等优点^[29]。OLV 期间患者换气效果差的原因之一是非通气侧肺部萎陷和通气侧肺部的部分肺泡没有完全膨胀起来。ARM 可以改善 VATS 患者的通气/血流比值。在 OLV 期间,对于接受 ARM 的患者,有一半患者通气侧肺部呼气末肺容积(EELV)至少增加了 20%,而其中约 2/3 的患者都可以维持由于 ARM 所增加的通气侧肺容积 60 min^[30]。在麻醉苏醒期,对 VATS 手术 OLV 的患者早期施行 ARM 可以改善苏醒期低氧血症、减少术后肺不张^[31]。

4 小结与展望

PPCs 目前仍然是围术期关注的重点事件。随着加快术后康复概念的推广,胸外科中 VATS 技术已经普及化并逐渐取代传统的开胸治疗方法,OLV 过程中的 LPVS 也逐渐受到关注与重视。然而,在胸科手术中,如何通过组合最适宜的潮气量、最佳的个体化 PEEP 及是否采取 ARM 等来改善患者的呼吸力学指标、呼吸参数、血流动力学依然是麻醉医生面临的重大挑战,仍需进行大规模的研究。总之,在围术期给予胸科手术患者 LPVS 可以改善患者术后生存质量,值得临床推广应用。

参考文献

- [1] 成都医学会麻醉专业委员会,重庆市医学会麻醉专科分会,余海,等.成人非心胸手术围手术期机械通气专家共识[J]. 华西医学,2024,39(11):1679-1690.
- [2] 张嘉琦,胡量子.术中肺保护性通气策略的研究进展[J]. 创伤外科杂志,2023,25(5):393-398.
- [3] ABBOTT T E F, FOWLER A J, PELOSI P, et al. A systematic review and consensus definitions for standardised end-points in perioperative medicine: pulmonary complications[J]. Br J Anaesth, 2018, 120(5):1066-1079.
- [4] 林纤依,周有发,陈钢.肺保护性通气策略在麻醉及围手术期中的应用[J]. 现代实用医学,2021,33(2):141-145.
- [5] FERNANDEZ-BUSTAMANTE A, FRENDL G, SPRUNG J, et al. Postoperative pulmonary complications, early mortality, and hospital stay following noncardiothoracic surgery: a multicenter study by the perioperative research network investigators[J]. JAMA Surg, 2017, 152(2):157-166.
- [6] KIM E S, KIM Y T, KANG C H, et al. Prevalence of and risk factors for postoperative pulmonary complications after lung cancer surgery in patients with early-stage COPD [J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2016, 11(13):1317-1326.
- [7] 张文一.开胸单肺通气时肺部的保护性通气策略及其对炎性因子的影响[J]. 临床医学研究与实践,2017,2(1):34-35.
- [8] KIM H J, SEO J H, PARK K U, et al. Effect of combining a recruitment maneuver with protective ventilation on inflammatory responses in video-assisted thoracoscopic lobectomy: a randomized controlled trial [J]. Surg Endosc, 2019, 33(5):1403-1411.
- [9] 钟静,顾佳慧,周修适,等.肺保护性通气策略研究进展[J]. 现代实用医学,2021,33(7):841-846.

- [10] LEI M, BAO Q, LUO H Y, et al. Effect of intraoperative ventilation strategies on postoperative pulmonary complications: a meta-analysis [J]. Front Surg, 2021, 8(2):121-125.
- [11] COLQUHOUN D A, LEIS A M, SHANKS A M, et al. A lower tidal volume regimen during one-lung ventilation for lung resection surgery is not associated with reduced postoperative pulmonary complications [J]. Anesthesiology, 2021, 134(4):562-576.
- [12] ROZ? H, LAFARGUE M, PEREZ P, et al. Reducing tidal volume and increasing positive end-expiratory pressure with constant plateau pressure during one-lung ventilation: effect on oxygenation [J]. Br J Anaesth, 2012, 108(6):1022-1027.
- [13] LICKER M, DIAPER J, VILLIGER Y, et al. Impact of intraoperative lung-protective interventions in patients undergoing lung cancer surgery [J]. Crit Care (Fullerton), 2009, 13(2):R41.
- [14] 黄思玲,丁登峰.个体化 PEEP 滴定在腹腔镜手术的应用进展[J]. 医学理论与实践,2023,36(18):3091-3094.
- [15] SPADARO S, GRASSO S, KARBING D S, et al. Physiologic evaluation of ventilation perfusion mismatch and respiratory mechanics at different positive end-expiratory pressure in patients undergoing protective one-lung ventilation [J]. Anesthesiology, 2018, 128(3):531-538.
- [16] LI P L, KANG X, MIAO M R, et al. Individualized positive end-expiratory pressure (PEEP) during one-lung ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications in patients undergoing thoracic surgery: a meta-analysis [J]. Medicine, 2021, 100(28):e26638.
- [17] WILLIAMS E C, MOTTA-RIBEIRO G C, VIDAL MELO M F. Driving pressure and transpulmonary pressure: how do we guide safe mechanical ventilation? [J]. Anesthesiology, 2019, 131(1):155-163.
- [18] PARK M H, AHN H J, KIM J A, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial [J]. Anesthesiology, 2019, 130(3):385-393.
- [19] NETO A S, HEMMES S N T, BARBAS C S V, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data [J]. Lancet Respir Med, 2016, 4(4):272-280.
- [20] A M B, MO M, S A S, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome [J]. N Engl J Med, 2015, 372(8):747-755.
- [21] 冯娟娟,赵智慧.驱动压在肺保护性通气策略中的研究进展[J]. 内蒙古医学杂志,2022,54(1):68-70.
- [22] BUGEDO G, RETAMAL J, BRUHN A. Driving pressure: a marker of severity, a safety limit, or a goal for mechanical ventilation? [J]. Crit Care, 2017, 21(1):199.
- [23] PEI S J, WEI W, YANG K, et al. Recruitment maneuver to reduce postoperative pulmonary complications after laparoscopic abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. J Clin Med, 2022, 11(19):5841. (下转第 1987 页)