

# Research Progress on Driving Pressure-guided Individualized Titration of PEEP for Thoracoscopic Surgery

Dongdong Song Yingchun Song\*

Affiliated Hospital of Chengde Medical University, Chengde, Hebei, 067000, China

## Abstract

The feature of video-assisted thoracic surgery (VATS) is that one-lung ventilation during the operation to ensure the smooth progress of the surgery. One-lung ventilation during this period can cause a disorder of the ventilation/perfusion ratio, leading to hypoxemia. At the same time, the incidence of postoperative acute lung injury and postoperative pulmonary complications is also higher. The application of lung-protective ventilation strategy in VATS is a proven effective lung-protective measure. The individualized titration of PEEP guided by driving pressure, as a new type of lung-protective ventilation strategy, can be used to improve the pulmonary hemodynamics and gas exchange of patients undergoing lung surgery. It has become a hot spot in the field of lung-protective ventilation strategy in recent years, but the method of titration and the optimal setting of PEEP have not yet reached consensus. Therefore, this review summarizes the progress of the driving pressure-guided PEEP titration method.

## Keywords

driving pressure; individualized positive end-expiratory pressure; lung protective ventilation strategy; one-lung ventilation

# 驱动压导向个体化滴定 PEEP 用于胸腔镜手术的研究进展

宋冬冬 宋莺春\*

承德医学院附属医院 中国·河北承德 067000

## 摘要

胸腔镜手术的特点是术中需要单肺通气来保证手术的顺利进行,单肺通气期间通气/血流比值失调容易引起低氧血症,同时术后急性肺损伤及术后肺部并发症发生率也较高。在胸腔镜手术中应用肺保护性通气策略是已被证实的有效的肺保护措施,驱动压指导的个体化滴定PEEP作为一种新型的肺保护性通气策略,可以用于改善肺部手术患者的肺力学和气体交换,近年来已成为肺保护性通气策略领域的热点,但其滴定方法及最佳PEEP的设定尚未形成共识,因此论文就驱动压导向PEEP滴定法的研究进展进行综述。

## 关键词

驱动压;个体化呼气末正压;肺保护性通气策略;单肺通气

## 1 引言

近年来,随着肺部疾病如肺结节、肺癌等发病率的升高及检查技术的进步,胸腔镜下肺叶切除术开展数量也随之增加。电视胸腔镜手术(video-assisted thoracic surgery, VATS)凭借其创口小、出血量少、术后疼痛感较轻、术后恢复快等优点<sup>[1]</sup>而成为胸科肺叶切除的常规术式。

胸腔镜下肺叶切除术的特点是术中手术侧肺不通气,单独依赖健侧肺通气,单肺通气期间,缺氧性肺血管收缩(HPV)导致手术侧肺萎陷和低血流灌注,同时,单肺通气时手术侧肺萎陷,肺泡通气减少,造成通气/血流比值失

调,肺内分流率(Qs/Qt)增加<sup>[2]</sup>。这会造成术中患者低氧血症及急性肺损伤。一般认为,在胸科手术中使用肺保护性通气策略对患者有益,传统的肺保护性通气策略主要包括低潮气量(6~8mL/kg)、固定的呼气末正压(PEEP)、限制气道峰压<sup>[3]</sup>等。然而,即使采用保护性通气策略,术后肺部并发症的发生率仍然很高,如肺不张、胸腔积液,甚至需要长时间的氧治疗<sup>[4]</sup>。在单肺通气期间,呼气末正压(PEEP)可以防止肺萎陷,但设置过高会导致肺过度膨胀及血流动力学不稳定,过低则会导致肺膨胀不全,因此,设置最佳PEEP尤为重要<sup>[5]</sup>。有研究表明,个体化设置呼气末正压(PEEP)作为新的肺保护性通气策略在临床上是有意义的<sup>[6-9]</sup>,然而关于肺叶切除术中PEEP的最佳设置方式及最佳PEEP水平的选择尚未达成共识<sup>[10]</sup>。Amato<sup>[11]</sup>的meta分析显示,较高的驱动压力与PPCs的发生率密切相关,而与VT和PEEP无关,或者仅与VT和PEEP变化影响驱动压力的程度上有关。因此,开发了一种驱动压力引导通气策略,

【作者简介】宋冬冬(1997-),女,中国河北沧州人,在读硕士,从事胸科手术中的肺保护性通气研究。

【通讯作者】宋莺春(1980-),女,满族,中国河北承德人,硕士,副主任医师、副教授,从事临床麻醉研究。

最小化机械通气期间的驱动压力,以减少 PPCs 的发生率。有研究结果表明驱动压指导的个体化滴定 PEEP 可以作为一种有效的通气策略,用于改善肺部手术患者的肺力学和气体交换,特别是在单肺通气期间<sup>[12]</sup>,可以降低术后 3 天内的肺部并发症<sup>[4]</sup>。因此,论文就驱动压导向 PEEP 滴定法进行综述,供临床参考。

## 2 传统肺保护性通气策略

为改善单肺通气期间氧合,常采用小潮气量 VT6-8mL/kg (理想体重),维持气道压低于 30cmH<sub>2</sub>O<sup>[13]</sup>,恒定 PEEP 的传统肺保护性通气策略,虽然潮气量不足也会导致肺不张而影响肺换气功能,但 PEEP 是在控制呼吸和辅助呼吸时,于呼吸末期在呼吸道保持一定的正压,可避免肺泡萎陷,防止部分性肺不张,降低肺部并发症的发生,改善通气和氧合<sup>[14]</sup>。2019 年国际专家组推荐术中至少给予 PEEP 5cmH<sub>2</sub>O,随后进行个体化调整<sup>[15]</sup>。合适的 PEEP 能够提高患者功能残气量、减少肺内分流、提高肺动态顺应性(C<sub>dyn</sub>)从而改善氧合,也能减少炎性因子释放,减轻呼吸机相关肺损伤<sup>[16]</sup>。

## 3 驱动压导向个体化呼气末正压

驱动压是机械通气过程中,驱动气体进入肺内时导致气道压力上升的值,可表示为平台压—PEEP。C<sub>dyn</sub> 可决定驱动压的值,较高的 C<sub>dyn</sub> 降低术中机械通气的驱动压<sup>[17]</sup>,“功能肺大小”<sup>[18]</sup>是指在一定潮气量时通气后的肺容积,高于此容积通气会导致气压损伤,低于此容积通气会导致肺不张。根据“功能肺大小”进行通气时,呼吸顺应性最大,可避免肺泡过度扩张或通气不足。肺手术后肺部并发症对短期和长期预后有显著影响<sup>[19]</sup>。Park 等<sup>[18]</sup>报道一项 292 例胸腔镜手术双盲随机对照研究,传统保护性肺通气组单肺通气期间,PEEP 5cmH<sub>2</sub>O,潮气量 6mL/kg,容量控制通气模式;驱动压组通气模式相同,单肺通气 5min 时逐渐增加 PEEP 从 2~10cmH<sub>2</sub>O,每个 PEEP 水平保持 10 个呼吸周期,并记录每个 PEEP 水平最后一个周期的驱动压力,选择产生最低驱动压力的 PEEP 水平,并在整个单肺通气过程中维持。结果显示,与传统保护性肺通气组相比,驱动压组术后 3 天内 PPC 明显减少 [5.5% (8/145) vs 12.2% (18/147)], P=0.047, OR=0.42, 95% CI: 0.18~0.99, 肺炎或急性呼吸窘迫综合征明显减少 [6.9% (10/145) vs 15.0% (22/147)], P=0.028, OR=0.42, 95% CI: 0.19~0.92]。

Park<sup>[20]</sup>等在另一项 1170 例胸腔镜手术多中心双盲随机对照试验中显示,患者被随机分配到驱动压力组 (n=650),接受肺复张/个体化 PEEP 以提供最低驱动压,或常规保护性通气组 (n=650),固定 PEEP 为 5cmH<sub>2</sub>O。在驱动压力组,手术过程中进行 3 次降低驱动压的操作(机械通气开始时、单肺通气开始时、双肺通气重新开始时)。驱动压降低操作包括肺复张打开塌陷的肺泡和个体化 PEEP 滴定以达到最低驱动压。通过以 5cmH<sub>2</sub>O 的间隔将 PEEP 从 5 增加到 15cmH<sub>2</sub>O 来进行肺复张,每个 PEEP 水平维持 4~5 个

呼吸周期(容量控制模式,通气频率 10 次/分,呼吸比 [I : E]=1 : 1)。滴定 PEEP 以递减的方式,从 10cmH<sub>2</sub>O 开始,然后以 1cmH<sub>2</sub>O 的间隔减少到 0cmH<sub>2</sub>O。在每个 PEEP 水平下进行 5 个呼吸周期的 PEEP 滴定(容量控制模式,通气频率 12 次/分, I : E=1 : 2)。在手术过程中保持最低驱动压对应的 PEEP 水平。在常规保护性通气组,患者在机械通气开始时接受相同的肺复张操作,随后,施加 5cmH<sub>2</sub>O 的固定 PEEP。结果显示,驱动压导向个体化滴定 PEEP 联合肺复张策略与恒定 PEEP(5cmH<sub>2</sub>O)联合系统性肺复张策略相比,改善了肺呼吸力学和气体交换,但并没有减少术后前 7 天肺部并发症的发生率。

陈昌浩<sup>[21]</sup>等在一项 60 例择期行胸腔镜肺叶切除术患者的随机对照试验中,采用随机数字表法将患者分为两组:对照组(C组, n=30)和驱动压(driving pressure, ΔP)导向 PEEP 滴定组(ΔP组, n=30)。两组患者均在全麻诱导后 OLV 开始前使用 PEEP 递增法进行肺复张策略(alveolar recruitment maneuvers, ARM),随后 C 组采用 PEEP 恒定为 5cmH<sub>2</sub>O, ΔP 组采用 ΔP 导向的 PEEP 滴定进行 OLV 直至恢复双肺通气,两组患者在恢复双肺通气后再次进行 ARM。分别于入手术室后 5min (T<sub>0</sub>)、插管后 5min (T<sub>1</sub>)、OLV 后 10min (T<sub>2</sub>)、30min (T<sub>3</sub>)、60min (T<sub>4</sub>)、手术结束时 (T<sub>5</sub>) 以及 SpO<sub>2</sub> 最低时采集桡动脉和颈内静脉血进行血气分析。结果显示,与 C 组相比, ΔP 组 T<sub>2</sub>-T<sub>5</sub> 时 SpO<sub>2</sub>、OI 显著升高 (P<0.001), 肺内分流率 (intra-pulmonary shunt rate, Q<sub>s</sub>/Q<sub>t</sub>) 和肺超声评分 (lung ultrasound score, LUS) 显著降低 (P<0.001), 两组患者 PPCs 发生率总体无显著差异,但与 C 组相比, ΔP 组术后肺不张及 SpO<sub>2</sub><90% 的发生率显著降低 (P<0.05), 术后住院时长无明显差异。

Li<sup>[22]</sup>等发表的一篇系统综述与 Meta 分析中共纳入 7 项驱动压导向通气策略与单肺通气相关研究,共 640 例患者。结果显示驱动压力导向通气组 OLV 时 PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 比值较高(平均差值 [MD]: 44.96; 95% 置信区间 [CI], 24.22~65.70.32; I<sup>2</sup>: 58%; P<0.0001)。PPCS 的发生率较低 (OR: 0.58; 95% CI, 0.34~0.99; I<sup>2</sup>: 0%; P=0.04), 呼吸系统顺应性较高 (MD: 6.15; 95% CI, 3.97~8.32; I<sup>2</sup>: 57%; P<0.00001)。两组之间的平均动脉压没有显著差异。

以上均说明驱动压导向个体化滴定 PEEP 在临床中应用是有益的。

Spadaro 等<sup>[23]</sup>进行了一项研究,比较了递增法和递减法在设定最小驱动压力方面的差异。升高组 PEEP 由 0cmH<sub>2</sub>O 升高至 16cmH<sub>2</sub>O,降低组 PEEP 由 16cmH<sub>2</sub>O 降低至 0cmH<sub>2</sub>O。结果表明,增加组和降低组的中位驱动压力(四间隔)分别为 10(9~11)cmH<sub>2</sub>O 和 8(7~11)cmH<sub>2</sub>O (P=0 : 03)。降低组患者术中氧合较好,驱动压较低。

目前还没有统一的驱动压导向个体化滴定 PEEP 设定方法,但无论是哪种方法都是基于最小驱动压或者将驱动压控制在一定水平下,目前只有一项随机对照研究表明可能降低 PEEP 的方法可以获得较低的驱动压,还需要更多的研究来证实。

Amato 等<sup>[11]</sup>研究发现机械通气时通过调节呼吸参数驱动压力小于 15cmH<sub>2</sub>O, ARDS 患者死亡率显著降低。Bellani<sup>[24]</sup>对 ARDS 患者预后的研究结果显示,机械通气第一天驱动压大于 14cmH<sub>2</sub>O 的患者预后较差。目前驱动压力的安全范围尚未确定,小于 15cm H<sub>2</sub>O 可能是更好的选择,这还需要进一步的研究来证实。

#### 4 结语

由于个体间存在体型、胸壁形状、腹内压以及合并症的差异,小潮气量、恒定 PEEP 以及限制气道峰压的传统肺保护性通气策略并不适合所有患者,也不能完全降低呼吸机相关肺损伤,全身麻醉期间,由于机体的缺氧性肺血管收缩被抑制,患者更容易发生低氧血症及呼吸机相关肺损伤,因此,更需要个体化肺保护性通气策略,驱动压导向的个体化滴定 PEEP 可以更好的改善单肺通气期间氧合,增加肺顺应性,减少术后肺部相关并发症,同时对血流动力学产生的影响较小,可以作为有益的肺保护性通气策略应用于临床中。但其具体滴定方法以及适合的范围尚需更多研究,在高危患者如老年人及儿童中是否适合应用有待研究。

#### 参考文献

[1] Peter M Rodgers-Fischl; Jeremiah T Martin; Siby P Saha. Video-Assisted Thoracoscopic versus Open Lobectomy: Costs and Outcomes[J]. Southern medical journal,2017,110(3):229-233.

[2] GARCÍA-DE-LA-ASUNCIÓN J, BRUNO L, PEREZ-GRIERA J, et al. Remote Ischemic Preconditioning Decreases Oxidative Lung Damage After Pulmonary Lobectomy: A Single-Center Randomized, Double-Blind, Controlled Trial.[J]. Anesthesia & Analgesia, 2017:499-506.

[3] 马嘉敏,王宇,李建华,等.围术期肺保护策略的研究进展[J].临床麻醉学杂志,2021,37(9):994-998.

[4] MiHye P, Joo H A, Ae J K, et al. Driving Pressure during Thoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial[J]. Anesthesiology,2019,130(3).

[5] 姚婧,王子轩,朱佳羽,等.驱动压指导PEEP滴定对机器人辅助根治性前列腺切除术老年患者呼吸功能的影响[J].临床麻醉学杂志,2022,38(7):682-687.

[6] 钟晓倩,孙高悦,张倩倩,等.驱动压导向的个体化呼气末正压通气对行腹腔镜胃癌根治术老年患者的肺保护作用[J].天津医药:1-6[2023-10-22].

[7] 王亮,孙仁波,胡许平,等.驱动压导向呼气末正压个体化滴定对老年患者腹腔镜结肠癌根治术后肺不张的影响[J].临床麻醉学杂志,2023,39(4):357-362.

[8] 闭玉华,黄俊萍.以驱动压为导向个体化滴定式呼气末正压通气在老年腹腔镜结肠癌患者中的应用效果[J].重庆医学,2023,52(3):348-352+356.

[9] 王琚,李想,赵秋,等.个体化呼气末正压通气对肥胖患者腹腔镜胃减容术后肺部并发症的影响[J].临床麻醉学杂志,2022,38(3):279-283.

[10] 张爱华,周阳.个体化设置呼气末正压的临床应用进展[J].中国微创外科杂志,2022,22(7):590-594.

[11] Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome[J]. N Engl J Med, 2015,372(8):747-755.

[12] Park M, Yoon S, Nam JS, et al. Driving pressure-guided ventilation and postoperative pulmonary complications in thoracic surgery: a multicentre randomised clinical trial[J]. Br J Anaesth,2023,130(1):e106-e118.

[13] Prekker ME, Donelan C, Ambur S, et al. Adoption of low tidal volume ventilation in the emergency department: A quality improvement intervention[J]. Am J Emerg Med, 2020,38(4):763-767.

[14] 戴方,王青娥,於建鹏,等.保护性通气下后腹腔镜输尿管切开取石术病人呼气末正压处理后肺功能情况观察[J].蚌埠医学院学报, 2021,46(11):1551-1554.

[15] Young CC, Harris EM, Vacchiano C, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations[J]. Br J Anaesth, 2019,123(6):898-913.

[16] de Jong MAC, Ladha KS, Vidal Melo MF, et al. Differential Effects of Intraoperative Positive End-expiratory Pressure (PEEP) on Respiratory Outcome in Major Abdominal Surgery Versus Craniotomy[J]. Ann Surg, 2016,264(2):362-369.

[17] 刘坤,徐美英,黄成娜,等.老年患者肺切除术个体化通气对苏醒期呼吸力学及氧合的影响[J].国际麻醉学与复苏杂志,2020(4):344-349.

[18] Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving Pressure during Thoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial[J]. Anesthesiology, 2019,130(3):385-393.

[19] Ellenberger C, Garofano N, Reynaud T, et al. Patient and procedural features predicting early and mid-term outcome after radical surgery for non-small cell lung cancer[J]. J Thorac Dis, 2018,10(11):6020-6029.

[20] Park M, Yoon S, Nam JS, et al. Driving pressure-guided ventilation and postoperative pulmonary complications in thoracic surgery: a multicentre randomised clinical trial[J]. Br J Anaesth, 2023,130(1):e106-e118.

[21] 陈昌浩.驱动压导向PEEP滴定对单肺通气患者氧合和肺不张的影响[D].昆明:昆明医科大学,2022.

[22] Li X, Xue W, Zhang Q, et al. Effect of Driving Pressure-Oriented Ventilation on Patients Undergoing One-Lung Ventilation During Thoracic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Front Surg, 2022,9:914984.

[23] Spadaro S, Grasso S, Karbing DS, et al. Physiological effects of two driving pressure-based methods to set positive end-expiratory pressure during one lung ventilation[J]. J Clin Monit Comput, 2021,35(5):1149-1157.

[24] Bellani G, Grassi A, Sosio S, et al. Driving Pressure Is Associated with Outcome during Assisted Ventilation in Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Anesthesiology, 2019,131(3):594-604.