

· 综述 ·

肺部超声在全身麻醉机械通气中的应用进展

闫声明 袁田 颜克实 高巨

机械通气是一种最常见的呼吸支持方式,而机械通气所致肺损伤(ventilator induce lung injury, VILI)严重影响患者的预后^[1]。目前,围术期可视化应用蓬勃发展,可视化技术可以优化机械通气流程,进行个体化麻醉管理,改善患者预后和手术条件,已成为精准麻醉的重要组成部分。肺部超声(lung ultrasound, LUS)作为一种简单易行、无创、无辐射的技术,已经被广泛应用于各种肺部疾病的诊断,如肺炎、肺水肿、肺实变等。近年来,随着对 LUS 研究的不断深入,LUS 不仅能够被用于诊断机械通气期间相关并发症,还可用于评估患者肺通气状况,现已逐渐成为床旁评估机械通气患者通气状况的重要手段,与其他可视化技术相比,LUS 具有巨大临床应用优势^[2-3]。本综述将简要阐述 LUS 在全身麻醉机械通气患者中应用的研究进展,为临床实践提供参考依据。

不同肺通气状态下 LUS 征象

几乎所有急性呼吸系统疾病都涉及胸膜并导致不同程度的肺通气减少。正常或者过度膨胀的肺组织内肺水所占比例较小,超声并不能穿透充满气体的肺组织,会在胸膜表面发生全反射。由于肺部和浅表组织声阻抗不同,超声图像中会形成多条与胸膜线平行且等间距的高回声 A 线合并肺滑动征(脏层胸膜和壁层胸膜随呼吸运动发生相对运动)。当肺通气减弱时,会发生通气/血流比例的失调,超声下会因患者肺组织密度变化出现 B 线,其起自胸膜,并与胸膜线垂直,随肺滑动移动,为无衰减传播的激光样高回声反射伪象。B 线数量与肺内气体含量减少程度及肺密度增加程度有关。当肺内气体含量进一步减少,就会发生肺实变,肺声窗完全开放,出现“碎片征”、肝样变、支气管充气征。不同肺通气状态下的肺部超声征象见图 1。因此,可以使用 LUS 诊断全身麻醉患者机械通气过程中肺部并发症和评估患者肺通气状态^[4]。

LUS 在全身麻醉机械通气中的应用

准确定位气管导管 (1)定位单腔气管导管。患儿全身麻醉气管插管时,气管导管的尖端应该位于气管的中间水平,常规的听诊并不能保证气管导管位于最佳位置。Ahn

等^[5]设计了一种联合患儿全身麻醉前的胸片和气管插管后肺部超声征象定位气管导管的方法,假设左侧腋中线听诊的呼吸音或超声下肺滑动征消失时气管导管的尖端位于隆突上,按照患儿全身麻醉前胸片上测定的气管隆突到第一胸椎上缘至第三胸椎下缘中点的距离后退气管导管。结果表明,2 岁以下患儿气管插管时,根据 LUS 下肺滑动征的出现与否能够更好地指导气管导管的最佳定位。此外,Ramsingh 等^[6]研究表明,在定位成人患者气管插管时,听诊的敏感性为 66%,特异性为 59%,超声的敏感性高达 93%,特异性高达 96%,超声明显优于听诊。由于小儿气道结构发育个体间变异范围大,因此,患儿的气管导管定位比成人患者更具挑战性。为了更好地定位气管导管,LUS 可作为听诊的替代方法在临床工作中开展。(2)定位双腔气管导管。双腔气管导管(double-lumen endobronchial tube, DLT)的精确定位是胸部手术中有效肺隔离的前提。将 LUS 征象如肺滑动征和肺搏动征应用于通气评估,能够有效评估 DLT 置入术后肺隔离效果。Parab 等^[7]研究发现利用 LUS 观察锁骨中线第 2~4 肋间和腋前线第 5~6 肋间肺搏动征及肺滑动征定位 DLT 和评估肺隔离效果相对于听诊有更高的敏感性(94.1% vs 73.3%)、准确性(70.5% vs 48.9%),但需要耗费更多的时间(161.5 s vs 114 s)。另外,Hu 等^[8]以纤维支气管镜作为金标准,比较 LUS 下胸膜滑动征和听诊两种定位双腔管的方法的准确性,结果表明,LUS 不管是左侧双腔管定位的准确性(84.2%),还是右侧双腔管定位的准确性(89.1%),亦或是侧卧位时定位的准确性(75.4%)都明显高于听诊(54.4%)。虽然 LUS 不是定位气管导管的金标准,但应用 LUS 定位气管导管时,既能避免应用纤维支气管镜时高花费和交叉感染的风险,又能避免应用听诊时受患者肥胖程度、周围环境以及操作者主观性的影响。LUS 更加客观,且不易受干扰。

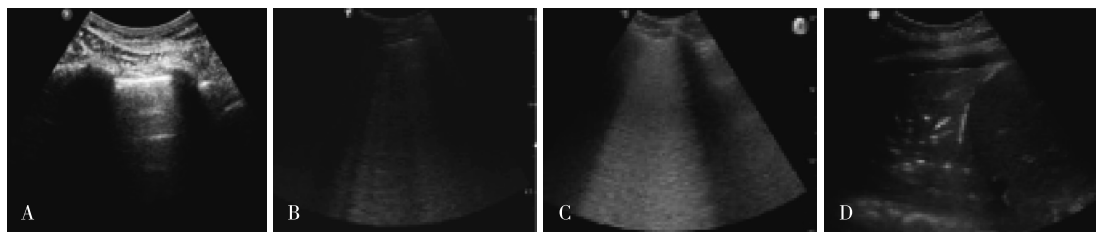
指导肺保护性通气 (1)指导肺复张。肺复张的肺保护作用取决于肺复张的效果。Song 等^[9]研究表明,在全身麻醉婴儿中,LUS 检查后,通过逐渐增加气道压的方法进行肺复张,直到 LUS 下无肺不张,这种肺复张方式能够明显减少麻醉相关肺不张的发生。Song 等^[10]研究表明,在患儿心脏手术后应用 LUS 指导肺复张能降低术后低氧血症发生率,降低 LUS 评分,缩短机械通气时间。由于 LUS 评分的变化和 PEEP 所致的呼气末肺容积增加有关,且其在评估肺复张效果时与金标准 CT 有高度相关性^[11],因此,LUS 可以用于指导肺复张。然而,LUS 指导肺复张是否优于传统的肺复张方式,亟待更多的临床研究加以证明。(2)指导个体化

DOI:10.12089/jca.2021.01.023

基金项目:国家自然科学基金(81601679);江苏省“333 工程”科研项目(BRA2018020)

作者单位:116044 大连医科大学第二临床学院(闫声明、袁田);扬州大学(颜克实);苏北人民医院麻醉科(高巨)

通信作者:高巨,Email:doctor2227@163.com



注:A,正常通气;B,轻度肺通气减少;C,中度肺通气减少;D,肺实变

图1 不同肺通气状态下的肺部超声征象

PEEP 滴定。个体化 PEEP 水平的设置能够减少肺不张的发生,同时改善术中氧合,降低驱动压和术后肺部并发症的发生率^[12]。Tusman 等^[13-14]在手术期间应用 LUS 指导肺复张和 PEEP 滴定,通过 LUS 评分变化确定肺泡的开放压和闭合压,选择大于肺泡闭合压力水平 2 cmH₂O 的 PEEP 水平作为最佳 PEEP 值维持机械通气,结果表明,LUS 指导的肺保护性通气策略能减少机械通气期间肺泡的反复开闭,同时降低肺不张和 VILI 的发生率。虽然 LUS 不能区分正常通气和过度膨胀的肺泡,但是 Tang 等^[15]将此方法应用于 ARDS 患者中,结果表明超声组患者并没有因为肺泡过度膨胀发生肺损伤。总之,LUS 作为能识别肺泡开放压和闭合压的一种可视化技术,其指导 PEEP 滴定既可避免患者机械通气期间所用 PEEP 高于肺泡开放必需压力,又可降低肺不张和 VILI 的发生率。这充分证明 LUS 可作为一项指导肺保护性通气的技术。

指导成功拔管 重症患者全身麻醉手术后,有效预测患者成功撤机,可以缩短患者机械通气时间,降低不良事件的发生。目前,ICU 内多采用自主呼吸试验 (spontaneous breathing trial, SBT) 预测成功拔管,但其准确性仍受质疑。Jaber 等^[16]研究发现,SBT 成功的患者中仍有 10%~25% 的患者需要再次插管。Tenza-lozano 等^[17]研究发现,在患者 SBT 期间,LUS 检查会发现明显肺不张,而在 SBT 成功的患者中,拔管后发生呼吸窘迫的患者肺不张更加明显。LUS 对成功拔管有很好的指导作用,LUS 评分越高,表明拔管失败的风险越大。在 SBT 成功的患者中,LUS 预测拔管失败有较高的准确性,其灵敏度为 0.84,特异度为 0.80。LUS 评分等于 15 是预测能否成功拔管的重要转折点,LUS 评分>15 的患者应该接受预防性治疗^[18]。在预测患者成功拔管时,LUS 和膈肌超声 (diaphragm ultrasound, DU) 有高度的一致性。因此,在 SBT 期间,如果联合 LUS、DU 检查和常规的临床预测指标指导成功拔管,不仅能及早发现撤机失败的高风险患者,还可以筛查其潜在原因,这是 LUS 预测成功拔管的优势所在。

诊断围术期肺部并发症 (1) 肺不张。全麻期间肺不张发生率高达 75%,导致功能残气量减少超过 20%,肺顺应性降低,肺内分流增加,血氧饱和度下降,肺血管阻力增加,加快肺损伤发展^[19]。Yu 等^[20]研究分析了 46 例全麻患者 552 个肺区的 LUS 图像和相应胸部 CT 图像,结果表明,LUS

评分和胸部 CT 下肺不张的程度具有高度一致性。LUS 能够快速、可靠地诊断成人围术期肺不张,其敏感性为 87%,特异性为 92%,准确性 91%。此外,Monastesse 等^[21]研究发现,LUS 检查能够实时评估围术期麻醉所致的肺不张,且不影响手术进程。因此,LUS 是一种实时、快速、可靠的诊断肺不张的方法,LUS 评分能够半定量的评估肺不张的程度,有效指导麻醉科医师及时进行肺复张。(2) 气胸。麻醉科医师有创操作、呼气末正压通气、患者自身合并疾病以及手术创伤等都可能围术期气胸的发生。围术期气胸会影响患者的复苏,严重时危及患者生命。当麻醉科医师应用 LUS 诊断气胸时,应将探头纵向放置在第 3~4 肋间,逐步检查胸骨旁线和锁骨中线之间的区域,若 M 型超声可见“平流层征”,B 型超声显示肺滑动、肺搏动和 B 线消失,肺点出现即可以确诊气胸。胡振华等^[22]研究表明,超声下肺滑动征联合 B 线消失与 CT 诊断气胸具有较强的一致性,其敏感性达到 87.72%,特异性为 80.95%,总体准确性为 85.9%。但应注意的是,当肺完全萎缩时没有肺点,也不能确定气胸所在区域。此外,LUS 还可以评估气胸程度,若肺点出现在腋中线的下方,表明至少有 30% 的肺实质塌陷^[23]。据此还可以指导麻醉科医师制定气胸的治疗方案。(3) 胸腔积液。通过定位膈肌,可以区分肝脾周围积液与胸腔积液。胸腔积液超声下表现为脏壁层胸膜之间低回声区域,超声下可见“水母征”或者“四边征”,“窗帘征”消失。无回声积液多为漏出液,渗出液多含小颗粒回声。M 型超声下可见随呼吸周期运动的肺组织形成“正弦征”。超声多平面法是一种相对准确、操作性强的定量胸腔积液的方法,通过超声多平面法能够在短时间内定量胸腔积液,与实际引流量并无差异,其准确性也不被机械通气影响,足以满足日常临床需要^[24]。Yousefifard 等^[25]分析了 1 500 例患者发现,LUS 诊断胸腔积液的敏感性 (94%) 和特异性 (98%) 明显高于胸部 X 线。同时,LUS 也可以指导穿刺引流和评估患者治疗效果。(4) 肺水肿。急性肺水肿是一种短期内肺间质 (血管外) 液体积聚过多并侵入肺泡,造成肺气体弥散障碍的病理状态,围术期比较常见,其中肝移植围术期急性肺水肿的发生率可高达 52%。作为一种严重并发症,围术期急性肺水肿可危及患者生命,一旦发现须作出紧急处理。LUS 下肺水肿主要表现为双侧弥漫性 B 线的肺泡间质综合征,可以通过超声心动图参数和 M 模式下胸膜线的形态与其他类型的肺间质综合征

相鉴别^[26]。Wooten 等^[27]的一项前瞻性队列研究发现,LUS 诊断肺水肿的敏感性(96%)高于胸部 X 线(65%)。在临床工作中,通过 LUS 检查可以更早发现肺水肿,及时的限制输液,根据 B 线数量的变化评估治疗效果,并可能缩短患者的住院时间。

LUS 的局限性

LUS 是一种安全、易行、可重复的无创影像学检查技术,但其临床应用仍存在一些局限性^[28-30]:(1)不能区分正常通气和过度膨胀的肺区域。(2)LUS 检查具有很强的操作依赖性,LUS 检查和准确的解释超声发现需要进行正规的训练以获得必要的知识和技能。(3)患者依赖性强,肥胖、肩胛骨、皮下气肿、手术敷料等会阻止超声束的传播。

小 结

LUS 是一种安全可靠的可视化技术,主要通过不同肺通气状况下产生不同的伪影和征象诊断全身麻醉患者机械通气期间相关肺部并发症和评估机械通气患者的通气状况。目前,LUS 通气评估作用已被广泛应用于定位气管导管、指导肺保护性通气、指导成功拔管、诊断围术期肺部并发症,并展现出一定的优势。但是,LUS 的临床应用仍存在一些局限性。为了更好地将 LUS 应用于围术期机械通气的患者中,寻找超声下区分正常通气肺组织和过度膨胀肺组织的方法是关注的重点,如何进行 B 线的准确量化仍是 LUS 临床应用的限制因素。尽管如此,相信在不久的将来,LUS 通气评估在机械通气患者中会发挥越来越重要的作用。

参 考 文 献

- [1] Bates J, Smith BJ. Ventilator-induced lung injury and lung mechanics. *Ann Transl Med*, 2018, 6(19): 378.
- [2] Pesenti A, Musch G, Lichtenstein D, et al. Imaging in acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med*, 2016, 42(5): 686-698.
- [3] Ball L, Vercesi V, Costantino F, et al. Lung imaging: how to get better look inside the lung. *Ann Transl Med*, 2017, 5(14): 294.
- [4] Goffi A, Kruisselbrink R, Volpicelli G. The sound of air: point-of-care lung ultrasound in perioperative medicine. *Can J Anaesth*, 2018, 65(4): 399-416.
- [5] Ahn JH, Kwon E, Lee SY, et al. Ultrasound-guided lung sliding sign to confirm optimal depth of tracheal tube insertion in young children. *Br J Anaesth*, 2019, 123(3): 309-315.
- [6] Ramsingh D, Frank E, Haughton R, et al. Auscultation versus point-of-care ultrasound to determine endotracheal versus bronchial intubation: a diagnostic accuracy study. *Anesthesiology*, 2016, 124(5): 1012-1020.
- [7] Parab SY, Kumar P, Divatia JV, et al. A prospective randomized controlled double-blind study comparing auscultation and lung ultrasonography in the assessment of double lumen tube position in elective thoracic surgeries involving one lung ventilation at a tertiary care cancer institute. *Korean J Anesthesiol*, 2019, 72(1): 24-31.
- [8] Hu WC, Xu L, Zhang Q, et al. Point-of-care ultrasound versus auscultation in determining the position of double-lumen tube. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(13): e9311.
- [9] Song IK, Kim EH, Lee JH, et al. Effects of an alveolar recruitment manoeuvre guided by lung ultrasound on anaesthesia-induced atelectasis in infants: a randomised, controlled trial. *Anaesthesia*, 2017, 72(2): 214-222.
- [10] Song IK, Kim EH, Lee JH, et al. Utility of perioperative lung ultrasound in pediatric cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Anesthesiology*, 2018, 128(4): 718-727.
- [11] Chiumello D, Mongodi S, Algieri I, et al. Assessment of lung aeration and recruitment by CT scan and ultrasound in acute respiratory distress syndrome patients. *Crit Care Med*, 2018, 46(11): 1761-1768.
- [12] Pereira SM, Tucci MR, Morais C, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology*, 2018, 129(6): 1070-1081.
- [13] Tusman G, Acosta CM, Nicola M, et al. Real-time images of tidal recruitment using lung ultrasound. *Crit Ultrasound J*, 2015, 7(1): 19.
- [14] Tusman G, Acosta CM, Costantini M. Ultrasonography for the assessment of lung recruitment maneuvers. *Crit Ultrasound J*, 2016, 8(1): 8.
- [15] Tang KQ, Yang SL, Zhang B, et al. Ultrasonic monitoring in the assessment of pulmonary recruitment and the best positive end-expiratory pressure. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(39): e8168.
- [16] Jaber S, Quintard H, Cinotti R, et al. Risk factors and outcomes for airway failure versus non-airway failure in the intensive care unit: a multicenter observational study of 1514 extubation procedures. *Crit Care*, 2018, 22(1): 236.
- [17] Tenza-Lozano E, Llamas-Alvarez A, Jaimez-Navarro E, et al. Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*, 2018, 10(1): 12.
- [18] 杨婷, 张玮, 杨德兴, 等. 肺部超声对机械通气患者拔管成功率预测价值的研究. *重庆医学*, 2018, 47(7): 896-898, 901.
- [19] Miskovic A, Lumb AB. Postoperative pulmonary complications. *Br J Anaesth*, 2017, 118(3): 317-334.
- [20] Yu X, Zhai Z, Zhao Y, et al. Performance of lung ultrasound in detecting peri-operative atelectasis after general anesthesia. *Ultrasound Med Biol*, 2016, 42(12): 2775-2784.
- [21] Monastesse A, Girard F, Massicotte N, et al. Lung ultrasonography for the assessment of perioperative atelectasis: a pilot feasibility study. *Anesth Analg*, 2017, 124(2): 494-504.
- [22] 胡振华, 吴敏, 吕素平, 等. 超声肺滑动征联合 B 线消失诊断气管镜诊疗术患者气胸的准确性. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(11): 1405-1406.
- [23] Mittal AK, Gupta N. Intraoperative lung ultrasound: a clinicody-

- namic perspective. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2016, 32 (3): 288-297.
- [24] 黄道政, 马欢, 孙晓东, 等. 超声多平面法定量高龄危重患者胸腔积液的价值. 中华超声影像学杂志, 2016, 25 (9): 800-803.
- [25] Yousefifard M, Baikpour M, Ghelichkhani P, et al. Screening performance characteristic of ultrasonography and radiography in detection of pleural effusion: a Meta-analysis. Emerg (Tehran), 2016, 4(1): 1-10.
- [26] Singh AK, Mayo PH, Koenig S, et al. The use of M-mode ultrasonography to differentiate the causes of B lines. Chest, 2018, 153(3): 689-696.
- [27] Wooten WM, Shaffer L, Hamilton LA. Bedside ultrasound versus chest radiography for detection of pulmonary edema: a prospective cohort study. J Ultrasound Med, 2019, 38(4): 967-973.
- [28] Shrestha GS, Weeratunga D, Baker K. Point-of-care lung ultrasound in critically ill patients. Rev Recent Clin Trials, 2018, 13 (1): 15-26.
- [29] Mongodi S, Bouhemad B, Orlando A, et al. Modified lung ultrasound score for assessing and monitoring pulmonary aeration. Ultraschall Med, 2017, 38(5): 530-537.
- [30] Bello G, Blanco P. Lung ultrasonography for assessing lung aeration in acute respiratory distress syndrome: a narrative review. J Ultrasound Med, 2019, 38(1): 27-37.

(收稿日期: 2020-01-15)

· 综述 ·

帕金森病患者脑深部电极植入术的围术期麻醉管理

王萍 赵磊 王天龙 安奕 李丽霞 李中嘉

帕金森病是继阿尔茨海默病后第二大神经系统退行性疾病, 常见于中老年人群, 可引起静止性震颤、肌强直、运动迟缓等运动症状和认知功能障碍、抑郁和自主神经功能障碍等非运动障碍, 影响患者工作和生活质量^[1]。

左旋多巴是治疗帕金森病最为常用的药物, 长期服用药物有效, 但近期症状无法控制或出现严重的多巴胺诱发的运动并发症^[2], 调整药物亦无法改善者, 可接受治疗性外科手术。脑深部电极植入术 (deep brain stimulator, DBS) 已经成为治疗中晚期帕金森病的有效方法。DBS 分为两阶段, 第一阶段植入电极, 第二阶段埋置脉冲发生器。帕金森病患者术前用药、术中体位摆放及血压管理、术后恢复均较特殊, 且接受 DBS 手术的患者多为老年患者, 合并症较多, 这些因素都对围术期管理提出更高要求。

术前麻醉评估

认知功能障碍是 DBS 手术的禁忌证之一, 术前存在认知障碍的患者术后更容易恶化, 因此术前需评估患者认知功能。与其他慢性疾病一样, 帕金森病患者的营养状况往往很差。应综合考虑患者营养状况、白蛋白、血细胞比容和胆固醇等指标情况, 积极在术前补充营养。此外, 术前应了解帕金森病患者病情, 询问患者抗帕金森病药物服用情况^[3]。帕金森病患者长期服用多种药物, 包括左旋多巴类、多巴胺受体激动剂、单胺氧化酶 B (monoaminooxidase, MAO-B) 抑制

剂及儿茶酚氧位甲基转移酶 (catechol-O-methyltransferase, COMT) 抑制剂, 这些药物对麻醉管理均有一定程度的影响。

左旋多巴类 左旋多巴作用时间为 2~4 h, 需定时、规律服药。接受 DBS 手术的患者, 为了术中准确定位, 常要求患者停用左旋多巴, 停药 6~12 h 后患者可能出现胸壁僵硬、运动障碍和震颤, 进而引起通气不足^[4]。术前访视患者时, 需观察其面部及胸壁肌肉是否僵硬, 评估气管插管及辅助通气的难易程度。同时需要关注肺功能检查, 判断是否存在限制性肺疾病。术前应常规进行 X 线、肺功能及血气分析检查。

多巴胺受体激动剂 长期使用麦角胺类多巴胺受体激动剂 (如培高利特和卡麦角林), 与心脏瓣膜疾病风险增加显著相关。多巴胺受体激动剂通过抑制交感神经系统扩张脉管系统时, 常加重体位性低血压症状。此外, 治疗恶心的多潘立酮, 治疗精神症状的喹硫平和抗抑郁药中的选择性血清素再摄取抑制剂 (selective serotonin reuptake inhibitor, SSRI) 如西酞普兰等, 这些药物可使 QT 间期延长。因此心脏功能检查 (如心电图、超声心动图) 对于筛查这些患者术前潜在的疾病尤为重要。

COMT 抑制剂和 MAO-B 抑制剂 COMT 抑制剂与 MAO-B 抑制剂合用可以延长左旋多巴的作用时间。手术前 3 周应该停用 MAO-B 抑制剂 (如司来吉兰和雷沙吉兰), 它们与 SSRIs、某些阿片类药物 (特别是哌替啶和曲马多)、抗生药的相互作用可能引发 5-羟色胺综合征。

术中麻醉管理

第一阶段——植入电极

1. 麻醉方式选择

帕金森病患者脑部病变部位主要为深而小的丘脑底核,

DOI: 10.12089/jca.2021.01.024

基金项目: 国家重点研发计划 (SQ2018YFC010196), 临床医学发展专项经费 (扬帆计划) (ZYLX201818)

作者单位: 100053 首都医科大学宣武医院麻醉科

通信作者: 赵磊, Email: zhaoalei@sina.com