

急诊手术患者围术期肺保护管理策略的专家共识(2024 版)

中国医师协会麻醉学医师分会 中国心胸血管麻醉学会胸科麻醉分会 中国心胸血管麻醉学会麻醉与身心医学分会

通信作者:高巨,扬州大学附属苏北人民医院麻醉科,扬州 225001, Email:gaoju_003@163.com;缪长虹,复旦大学附属中山医院麻醉科,上海 200032, Email:miaochh@aliyun.com

【摘要】 急诊手术患者多存在失血性休克、吸入性肺炎、气胸等导致术后肺部并发症的高危因素,是亟需接受围术期肺保护管理策略的重点人群。与择期手术患者相比,急诊手术患者术前综合评估时间紧迫,对围术期精准麻醉的管理提出更高要求。为更好地指导临床实践,由中国医师协会麻醉学医师分会、中国心胸血管麻醉学会胸科麻醉分会及麻醉与身心医学分会专家组成专家委员会基于德尔菲法,以急诊手术患者围术期肺保护管理策略的最新进展为依据,经过多轮讨论、投票并最终达成共识,以期为有效实施急诊手术患者围术期肺保护管理策略提供参考。

【关键词】 急诊室,医院; 外科手术; 围手术期; 肺; 专家共识

基金项目:国家自然科学基金(82172190,81571936)

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN186)

DOI:10.3760/cma.j.cn131073-20241201-00108

Expert consensus on perioperative lung protection management strategies for patients undergoing emergency surgery (2024 edition)

Chinese Association of Anesthesiologists, Thoracic Anesthesia Branch of Chinese Society of Cardiothoracic and Vascular Anesthesiology, Anesthesia and Psychosomatic Medicine Branch of Chinese Society of Cardiothoracic and Vascular Anesthesiology

Corresponding author: Gao Ju, Department of Anesthesiology, Northern Jiangsu People's Hospital of Yangzhou University, Yangzhou 225001, China, Email: gaoju_003@163.com; Miao Changhong, Department of Anesthesiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China, Email: miaochh@aliyun.com

【Abstract】 Patients undergoing emergency surgery are frequently confronted with high-risk factors that predispose them to postoperative pulmonary complications, such as hemorrhagic shock, aspiration pneumonia, and pneumothorax. This population represents a critical group in need of effective perioperative lung protection management strategies. Compared with patients undergoing elective procedures, the preoperative comprehensive assessment time for those facing emergency surgeries is tight, posing higher demands on the management of precise perioperative anesthesia. To better guide the clinical practice, an expert committee was convened comprising specialists from the Chinese Association of Anesthesiologists, Thoracic Anesthesia Branch of Chinese Society of Cardiothoracic and Vascular Anesthesiology, and Anesthesia and Psychosomatic Medicine Branch of Chinese Society of Cardiothoracic and Vascular Anesthesiology. Utilizing the Delphi method alongside recent advancements in perioperative lung protection management specific to emergency surgical patients, multiple rounds of discussions and voting culminated in a consensus recommendations aimed at providing a reference for the effective implementation of these strategies.

【Key words】 Emergency service, hospital; Surgical procedures, operative; Perioperative period; Lung; Expert consensus

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82172190,81571936)

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2024CN186)
DOI:10.3760/cma.j.cn131073-20241201-00108

术后肺部并发症 (PPCs) 是影响患者预后的重要因素^[1-3]。围术期肺保护管理策略是目前能够有效减少术后肺不张、呼吸衰竭等严重肺部并发症发生率的重要举措。急诊手术患者多存在失血性休克、吸入性肺炎、气胸等导致 PPCs 的高危因素,其可严重损害患者术后肺功能,进而延长住院时间并增加术后死亡率。对此类患者,精准实施围术期肺保护管理策略至关重要。研究表明,对存在 PPCs 高危因素的患者,早期采用围术期肺保护管理策略可显著改善肺功能^[3-5]。相较于择期手术患者,急诊手术患者更需要精细、迅速、高效的术前综合评估及个体化围术期管理。

近年,国内外相继发布围术期肺保护管理策略的专家共识。但迄今为止,尚未见急诊手术患者围术期肺保护管理的临床实践予以全面总结。此类患者的围术期管理,涉及术前评估和监测、术中管理、术后复苏及转运等具体问题,尚缺乏较为一致的临床共识。为更好地指导临床实践,最大程度地减少急诊手术患者 PPCs 的发生,保护患者肺功能并促进术后快速康复,亟需就急诊手术患者围术期肺保护管理策略达成共识。

一、共识的制订方法

本共识由中国心胸血管麻醉学会胸科麻醉分会发起并负责制订。共识制订小组由麻醉学科领域专家 27 人组成。基于美国医学科学院提出的临床实践指南的定义,参考 2015 年发布的《世界卫生组织指南制定手册》中关于指南的制订流程以及相关方法学标准和中华医学会发布的《制订/修订<临床诊疗指南>的基本方法及程序》,并根据指南研究与评价工具 (AGREE II) 和国际实践指南报告标准 (RIGHT),制订共识计划书和正式共识文件。工作小组通过访谈 3 家三级甲等医院专家进行临床问题的收集,最后通过调研全国范围内多家三级甲等医院的一线临床医务工作人员,最终形成临床问题清单。工作小组基于共识相关问题,检索 PubMed、Embase、Cochrane 图书馆、中国知网和万方数据知识服务平台等数据库,英文或中文检索词包括:emergency、lung、lung protective、mechanical ventilation、perioperative、anesthesia、急诊、肺、肺保护、机械通气、围术期和麻醉等,文献种类包括系统评价/荟萃

分析、随机对照研究、观察性研究及病例系列研究等,检索时间为建库至 2024 年 10 月 31 日。通过文献阅读,最终纳入符合本共识主题的文献 84 篇。证据质量和推荐强度依据循证医学证据分级标准 (GRADE),将证据质量分为“高”“中”“低”“极低”4 个等级;推荐等级采取专家委员会讨论并投票的形式,分为“强推荐”“弱推荐”2 个等级。基于循证医学证据,经专家组讨论并通过三轮德尔菲法,并对推荐意见予以证据质量与推荐强度分级 (见表 1),最终形成 22 条推荐意见。

表 1 证据质量与推荐强度分级

证据质量分级	具体描述
高 (A)	未来研究几乎不可能改变现有疗效评估结果的可信度
中 (B)	未来研究可能对现有疗效评估有重要影响,可能改变评价结果的可信度
低 (C)	未来研究很有可能对现有疗效评估有重要影响,改变评估结果可信度的可能性较大
极低 (D)	任何疗效的评估均不确定
推荐强度分级	具体描述
强	明确显示干预措施利大于弊或弊大于利
弱	利弊不确定或无论质量高低的证据均显示利弊相当

二、术前管理

推荐意见 1:术前应评估急诊手术患者 PPCs 的发生风险,以识别相关高危因素。(证据等级:B,推荐等级:80%强推荐,20%弱推荐)

PPCs 是影响急诊手术患者预后的重要因素,其涵盖多种并发症,包括呼吸道感染、呼吸衰竭、胸腔积液、肺不张、气胸、支气管痉挛及吸入性肺炎等^[2-4]。PPCs 的高危因素包括男性、年龄>50 岁、BMI>40 kg/m²、ASA 分级≥Ⅲ级、有吸烟史、术前存在呼吸系统感染、合并睡眠呼吸暂停综合征、充血性心力衰竭、慢性阻塞性肺疾病、肾衰竭、胃食管反流性疾病、术前合并低蛋白血症 (白蛋白<30 g/L)、贫血 (Hb<100 g/L) 或低氧血症 (SpO₂<95%) 的患者,全身麻醉患者 PPCs 发生率显著增高^[3-5]。加泰罗尼亚外科患者呼吸风险评分在急诊手术患者具有一定适用性,能够准确预测 PPCs 的发生。此外,肺损伤预测评分、急诊科肺损伤预测评分和外科肺损伤预测评分,在不同的急诊和高风险手术患者中均表现出较高的预测准确性。上述评分系统在急诊手术患者具有潜在适用性,可帮助早期识别高风险患者并优化治疗策略。

推荐意见 2: 应实施以气道保护为核心的麻醉前处理,并优化急诊手术患者的通气及氧合状态。(证据等级:A,推荐等级:100%强推荐)

维持气道通畅是抢救急诊患者的首要任务。呼吸道梗阻、(血)气胸、多发性肋骨骨折、严重腹胀、全身多脏器衰竭等,均可造成急诊患者的呼吸困难^[5-7]。昏迷患者因下颌松弛或舌根后坠,常导致上呼吸道梗阻,可用托下颌、头后仰等手法暂时解除,亦可放置口咽或鼻咽通气道。对下述急诊患者宜尽快实施气管插管,如颈部外伤伴不断扩大的血肿、严重颅脑外伤、胸部外伤伴通气功能障碍、腹内压增高、频发呕吐或饱胃、休克、全身衰竭等。气管插管建立确切气道不仅可有效解除呼吸道梗阻和预防反流误吸,还可进行辅助和控制呼吸,从而改善缺氧和二氧化碳潴留。

推荐意见 3: 麻醉诱导前可采用胃部超声评估患者残余胃内容物含量及性质,并对胃窦进行分级以评估反流风险。(证据等级:B,推荐等级:40%强推荐,60%弱推荐)

围术期胃内容物反流误吸是严重麻醉相关并发症之一,其在外科手术患者发生率为 0.1%~19.0%。在与麻醉相关的死亡病例中,高达 9% 由误吸所致^[8-9]。急诊手术、胃排空障碍等增加反流误吸的风险,使此类患者的气道管理更为棘手。择期与急诊手术患者麻醉前饱胃发生率分别为 5%、56%;肥胖、糖尿病、接受急诊手术和术前使用阿片类药物,是患者出现饱胃状态的高危因素^[10]。目前,临床上多采用超声下测量胃窦横截面积估算胃内容物含量^[11-12]。术前使用超声评估患者残余胃内容物含量及性质,可显著降低反流误吸的风险^[13]。超声作为一种便捷准确的工具,已被证明在急诊手术尤其是高风险患者中的应用价值^[14]。因此,尽管所有急诊手术患者麻醉前均推荐按饱胃处理,但仍建议术前均应行胃部超声检查,以明确胃内容物含量及性质,必要时可预先置入胃管行胃内容物吸引,同时结合其他措施(如注射抑酸药物等),以降低反流误吸风险。

推荐意见 4: 急诊手术患者全身麻醉诱导期间应采用 30°头高位或反 Trendelenburg 体位;对已发生反流的患者,推荐采用头低位,以降低误吸风险。(证据等级:B,推荐等级:60%强推荐,40%弱推荐)

急诊手术患者饱胃发生率高达 56%,仰卧位平躺不仅增加患者反流误吸风险,还会引起腹腔器官向头侧移位,使膈肌上抬,降低肺氧合功能^[10,15]。因此,麻醉诱导期间应避免仰卧位平躺,推荐保持

30°头高位或反 Trendelenburg 体位,尤其是肥胖患者应置于头高位或斜坡位^[16]。一项纳入 6 项随机对照试验的荟萃分析表明,与仰卧位比较,头高位显著延长患者气管插管期间的无呼吸氧合时间^[17]。采用头高位行气管插管,可显著改善气管插管时喉部视野,减少气道并发症,并延长插管期间的无呼吸氧合时间^[18]。对已发生反流患者,头低位可防止误吸加重。

推荐意见 5: 疑似或确诊饱胃的急诊患者在全身麻醉诱导时,以 30 N 的力向后压迫环状软骨,并联合头高脚低位,可有效降低患者食管前后径以预防反流误吸。(证据等级:C,推荐等级:50%强推荐,50%弱推荐)

在全身麻醉快速顺序诱导过程中,主动采用防止胃内容物反流的压迫手法可有效封堵食管。环状软骨压迫(Sellick 手法)被普遍用于预防全身麻醉快速顺序诱导期间的胃反流。基于颈部食管下行时逐渐从中线偏移至左侧的解剖学基础,有研究者也引入了气管旁压迫法,通过堵塞位于锁骨上方气管旁区域的食管来替代环状软骨压迫^[19-20]。基于上述两种方法,一项随机对照研究表明,尽管环状软骨压迫和气管旁压迫均可显著降低患者麻醉后的食管前后径,且均不影响可视喉镜暴露的最佳视野,但环状软骨压迫可能更有效地闭合食管并减少反流^[19]。根据目前指南(英国困难气道学会《非预期困难气管内插管管理指南》)^[21],推荐患者清醒时压力为 10 N,意识消失后则推荐 30 N。具体压力大小参照如下:取 50 ml 注射器,在封闭接口按压注射器活塞时,活塞下降 12 ml(或达到 38 ml 标志)时,所用压力为 20 N;当活塞下降 17 ml(或达到 33 ml 标志)时,所用压力为 30 N。

推荐意见 6: 应选择型号合适的面罩并确保回路无泄漏,使用 8 L/min 纯氧平静呼吸 3~5 min 或深呼吸 1.5 min;如无禁忌,建议取头高脚低位行无创正压通气;对反流误吸高风险的患者,在保证充分预氧合的基础上,应避免正压通气。(证据等级:B,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

尽管气管插管的技术和方法已有大幅提升和改进,但急诊患者气管插管时去氧饱和的发生率仍高达 10.9%~33.5%^[22-23]。传统面罩正压通气虽可预防择期手术患者麻醉诱导期去氧饱和,但是会增加急诊饱胃患者反流误吸的风险^[24]。全身麻醉诱导期间行面罩正压通气时,使用 10 cmH₂O(1 cmH₂O=0.098 kPa)的 PEEP 显著增加胃内进气的发生

率^[25]。预氧合时应用正压通气是安全的,可诱导食管下段括约肌张力保护性的增加,但 PEEP 可消除这种保护机制。因此,尚未建立确切气道的患者,在全身麻醉诱导面罩正压通气时气道峰压不应超过 15 cmH₂O^[26]。

推荐意见 7:如条件允许,可在快速顺序诱导预氧合过程中使用经鼻高流量氧疗(HFNC);对气道保护性反射差、反流误吸风险高的患者,应谨慎使用 HFNC。(证据等级:B,推荐等级:60%强推荐,40%弱推荐)

在快速顺序全身麻醉诱导的预氧合阶段,使用 HFNC 可改善患者氧合功能^[27]。一项纳入急诊消化道梗阻患者需行快速顺序诱导的研究表明,与采用面罩(FiO₂ 100%,氧流量 6 L/min)行预给氧的患者比较,使用快充式经鼻湿化高流量通气(THRIVE, FiO₂ 100%,氧流量 40 L/min)在闭口状态下预给氧 5 min 可取得完善的预充氧效果^[28]。与常规面罩预充氧相比,使用 THRIVE 可显著延长患者的安全无呼吸时间,这可能与气管插管期间 THRIVE 不中断供氧有关,而两组患者在气管插管即刻 PaO₂ 无明显差异^[29]。在预给氧及气管插管前的无呼吸阶段使用 THRIVE 或常规面罩通气,患者在气管插管后 1 min 的最低 SpO₂ 相近,但使用面罩通气的患者 SpO₂ < 96% 比例为 18%^[30]。使用 HFNC 时,建议设置初始流速为 30 L/min, FiO₂ 为 100%,根据患者耐受程度以 5~10 L/min 逐渐增加,最大流速为 60 L/min。

推荐意见 8:使用短效肌松药琥珀胆碱或罗库溴铵进行快速顺序诱导。(证据等级:A,推荐等级:100%强推荐)

实施快速顺序全身麻醉诱导时,要求尽可能缩短患者从意识消失到确切插入气管导管的时间,以避免长时间面罩正压通气,并防止胃内容物反流误吸。因此,应首选快速起效的麻醉药,包括肌松药。对无琥珀胆碱禁忌证的患者,可选择静脉注射琥珀胆碱 1.0 mg/kg 完成快速顺序全身麻醉诱导气管插管;对有琥珀胆碱禁忌证的患者或无法获取该药的医疗中心,建议选择静脉注射至少罗库溴铵 0.9 mg/kg 完成快速顺序全身麻醉诱导气管插管^[31],备好罗库溴铵的特效拮抗剂,保证随时可取,以应对不能气管插管、不能通气的紧急气道事件。

三、术中管理

推荐意见 9:强烈推荐术中采用小潮气量机械

通气,以降低呼吸机相关性肺损伤的风险,建议潮气量为 6~8 ml/kg(理想体质量);建议同时联合使用 PEEP 及周期性肺复张等肺开放策略,降低术后肺不张的发生率。(证据等级:B,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

小潮气量通气是肺保护性通气策略的基础。与大潮气量(>8 ml/kg)通气相比,小潮气量通气可显著降低呼吸机相关性肺损伤的发生率^[32]。然而,术中单纯采用小潮气量通气可显著增加肺不张的发生率并降低肺顺应性,应联合 PEEP 及周期性肺复张等肺开放策略。一项随机对照研究表明,与术中传统潮气量通气比较,单纯采用小潮气量通气并不能显著降低大手术患者术后 7 d 内肺部并发症的发生率^[33]。一项国际指南明确指出,术中应采用小潮气量通气,并推荐潮气量为 6~8 ml/kg(理想体质量),同时应联合使用肺开放策略^[16]。

推荐意见 10:围术期应个体化滴定 PEEP。如无法实施,应将基础 PEEP 值设置为 5 cmH₂O,不建议采用呼气末零压(ZEEP)通气。(证据等级:B,推荐等级:80%强推荐,20%弱推荐)

与采用 ZEEP 相比,PEEP 可显著降低全身麻醉期间肺不张发生率^[34]。其他研究也证实,应用适当 PEEP 能减少患者术中肺不张发生并维持良好氧合状况^[35-37]。因此,全身麻醉术中机械通气时应避免应用 ZEEP。呼吸系统顺应性是衡量呼吸循环期间容积变化与相应压力梯度比率的指标。大多数现代麻醉机能提供准确的呼吸系统顺应性数值,且在围术期的研究中广泛应用。因此,围术期可一定程度上依据肺顺应性优化 PEEP 设置,从而最大程度降低肺不张的发生率和严重程度。一项随机对照临床研究表明,与传统保护性肺通气模式相比,在胸外科手术单肺通气时根据最低驱动压(平台压-PEEP)个体化设置 PEEP,可显著降低患者 PPCs 发生率^[36]。然而,不同类型手术患者尤其是急诊手术患者最佳 PEEP 值目前仍有争议。个体化 PEEP 的滴定方法主要包括呼吸系统顺应性滴定法和最低驱动压导向滴定法等,具体可参照《围术期肺保护性通气策略临床应用专家共识》^[37]。

推荐意见 11:在严密监测血流动力学和 SpO₂ 下,急诊手术患者在全身麻醉术中应进行周期性肺复张,建议采取“30-30-30”原则,即每间隔 30 min 进行控制性膨胀(30 cmH₂O)通气 30 s。如条件允许,可采取呼吸机驱动的肺复张,或采用便携超声、电阻抗断层扫描等可视化技术指导肺复张。(证据等

级:B,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

肺复张是指在有创正压通气过程中,通过短暂给予明显高于常规的气道及肺泡内正压,以增加跨肺压从而使萎陷肺泡重新开放的一种操作方法^[38-40]。围术期常用的肺复张方法,主要包括持续手动充气肺复张、阶梯式肺复张、叹息式肺复张等,目前尚缺乏足够证据以确认哪种方法最有效。推荐围术期应采取周期性手法肺复张,即每间隔 30 min,将充气压力设置为 30 cmH₂O,然后手动挤压麻醉机呼吸囊并持续向肺部充气 30 s 以促进萎陷肺部重新开放^[16]。如患者术前已存在胸廓或肺损伤或行胸科手术,可酌情降低压力,但不应低于 20 cmH₂O。如条件允许,建议使用呼吸机驱动的肺复张策略。患者如需在手术室内气管拔管,建议在气管拔管前常规实施肺复张。采用超声成像等可视化肺通气技术指导术中实施肺复张,可减少因肺泡过度扩张造成的气压伤,同时还能及时发现术中新发的胸腔积液、气胸等意外情况,为患者术中通气管理提供参考^[41]。

推荐意见 12:在无特殊情况下,双肺通气 FiO₂ 最好维持 30%~40%,推荐急诊手术患者起始 FiO₂ 不超过 40%,但应确保 SpO₂ 维持 95%以上;若难以维持满意的 SpO₂,应逐渐增加 FiO₂,直至必要时使用纯氧吸入。(证据等级:B,推荐等级:60%强推荐,40%弱推荐)

高氧血症可增加氧化应激水平,导致末梢血管和冠状动脉收缩,降低心排血量,增加吸收性肺不张的面积。对全身麻醉下预计手术时间≥2 h 的患者,术中超生理性给氧(定义为 FiO₂>40%)与术后肾脏、心肌和肺损伤发生率升高相关^[42]。为预防或纠正低氧血症,同时避免不必要的高 FiO₂ 导致的肺损伤,建议调整 FiO₂ 不超过 40%,并尽可能降至最低水平。一项随机对照研究表明,对于肺功能正常的患者,高 FiO₂ 会降低患者术后早期肺容量,并导致术后首日持续通气不均,推荐使用适中的 FiO₂ (约 35%)^[43]。针对围术期 FiO₂ 与 PPCs 关系的多因素回归分析显示,呼吸系统并发症的发生风险随 FiO₂ 的升高而增加^[44]。接受 FiO₂ 80%的患者,其呼吸系统并发症的发生风险是 FiO₂ 31%患者的 2 倍。除对肺部并发症的影响外,高浓度氧所致的血管收缩特性可能会对心血管系统造成损伤^[45]。一项纳入 6 588 例非心脏手术患者的大型国际队列研究提示,术中高 FiO₂ 与非心脏手术后 30 d 内心肌损伤的发生显著相关^[46]。

推荐意见 13:急诊手术患者实施肺开放策略及个体化 PEEP 滴定前,建议先采用经胸超声评估心脏功能及容量状态,以免实施肺开放策略时影响心排血量并致显著血流动力学变化。肺复张及 PEEP 滴定期间应持续密切监测血流动力学和 SpO₂,必要时应及时终止。(证据等级:B,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

机械通气对血流动力学具有多方面影响。机械通气可改善肺通气与弥散功能,但也产生复杂的生理效应,引起血流动力学不稳定^[47-50]。正压机械通气相关措施会增加胸腔内压,进而影响静脉回流^[46-47]。此外,高水平 PEEP 及肺复张均可显著增加气道平台压,增加肺血管阻力,导致急性肺高压,进而引起右心排血量减少,严重者可致右心室扩张^[48-49]。后者会明显限制左心室舒张,降低左心室顺应性,导致左心室舒张功能障碍,进而左心前负荷不足,引起左心排血量减少,造成严重低血压^[50]。因此,在肺复张期间应持续密切监测血流动力学变化和 SpO₂。如有条件,可由具有操作经验者采用经胸超声评估心脏功能及容量状态。除非患者外科手术具有经食管超声检查的适应证或出现无法解释的严重血流动力学异常,一般不推荐常规进行经食管超声检查与监测。

四、术后管理

推荐意见 14:如无禁忌,推荐术后常规使用肌松药拮抗剂。睁眼、握力及指令动作虽可作为气管拔管依据,但并不充分。有条件者,应当常规监测肌松水平直至 TOFr≥0.9。(证据等级:A,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

肌松残余效应可能导致呼吸功能障碍、低氧血症和误吸风险增加,严重者可能引发生命危险。术后肌松恢复过程复杂,睁眼、握力恢复及指令动作,不足以反映神经肌肉功能的完全恢复。近年大规模研究表明,术后常规使用肌松药拮抗剂(如新斯的明或舒更葡糖钠)显著降低肌松残余的发生率。逆转肌松时,神经肌肉阻滞程度越深,新斯的明给药后直至肌肉松弛完全恢复(即 TOFr≥0.9)所需时间越长,时间范围为 10~30 min^[51]。因此,有必要通过神经肌肉功能监测仪确认神经肌肉阻滞恢复的程度。舒更葡糖钠是一种用于逆转非去极化肌松药(如罗库溴铵)作用的选择性结合剂。其具有更高的特异性、更快的起效时间和更低的不良反应发生率,在低、中、高剂量罗库溴铵所致肌松作用中均可快速、完全逆转^[52]。鉴于 1 个舒更葡糖钠分子只能

包裹 1 个肌松药分子,肌松药浓度越高,神经肌肉阻滞程度越深,所需舒更葡糖钠的剂量越大^[53]。因此,实时的神经肌肉阻滞监测也有助于确定舒更葡糖钠的剂量。

推荐意见 15: 氧合稳定时($\text{SpO}_2 \geq 94\%$),患者麻醉苏醒时应保持 $\text{FiO}_2 \leq 40\%$,以避免高 FiO_2 诱发的肺不张。气管拔管后可采用鼻导管吸氧,起始流量为 2 L/min,直至 $\text{SpO}_2 \geq 94\%$ 。(证据等级:C,推荐等级:60%强推荐,40%弱推荐)

术后麻醉苏醒阶段的氧疗管理直接关系到患者的术后肺功能恢复。传统观念认为,气管拔管前需建立充分的氧储备,常吸入纯氧以维持气管拔管后呼吸暂停时机体的氧摄取,同时为可能需要的进一步气道处理争取时间。目前研究表明,麻醉苏醒期 $\text{FiO}_2 > 80\%$ 可显著增加肺不张的发生率^[54-55]。一项随机对照研究显示,与 $\text{FiO}_2 > 35\%$ 组(诱导/苏醒时 $\text{FiO}_2 = 80\%$ 、术中维持 $\text{FiO}_2 = 35\%$)患儿相比, $\text{FiO}_2 > 80\%$ 组(诱导/苏醒时 $\text{FiO}_2 = 100\%$ 、术中维持 $\text{FiO}_2 = 80\%$)患儿术后即刻出现肺容积减少,并伴有持续通气不均匀性^[56]。通过限制氧浓度,保持肺泡内一定比例的氮气,有助于预防肺泡闭合。麻醉苏醒期患者自主呼吸逐渐恢复,应采取维持正常肺泡气体交换的适度 FiO_2 ,从而改善肺部功能。气管拔管后的鼻导管吸氧,应从低流量起始,既能满足氧合需求,又避免过度氧供引发不良反应。如患者 SpO_2 未达到 94%,可逐步增加氧流量直至目标范围。

推荐意见 16: 如无禁忌,麻醉苏醒期患者头部应抬高 $\geq 30^\circ$ 。应在深镇静状态下行气道吸引,应避免在气管拔管前即刻或同时行气道吸引,以免促进肺部塌陷,降低氧储备。(证据等级:C,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

目前,尚无证据表明某一种体位适合所有气管拔管的患者,但倾向于头高脚低位(半卧位)和半侧卧位。麻醉苏醒期患者由于咽喉部反射未完全恢复,可能发生胃内容物反流。抬高头部可利用重力作用减少反流机会,降低误吸风险。头部抬高还能减轻腹部器官对膈肌的压力,增加胸腔容积,从而促进肺泡膨胀。此外,头部抬高体位有助于改善重力对肺内血流分布的影响,减少肺不张和低氧血症的发生。一项随机对照研究显示,与 15° 半卧位和平卧位相比,在 PACU 内采用 30° 半卧位,可显著降低全身麻醉下择期腹腔镜腹部手术患者术后低氧血症发生率^[57]。急诊患者在麻醉苏醒期应优化患者体位(头部抬高 $\geq 30^\circ$)并避免 ZEEP,以降低肺不张发

生率。气道吸引可能引发刺激性反射,包括呛咳、喉痉挛和血流动力学波动。在深镇静状态下进行气道吸引,可显著降低这些不良反应的发生风险。深镇静状态下吸引气道分泌物更加安全,减少患者自主呼吸对吸引过程的干扰,提高吸引效率,降低术后气道阻塞和肺部感染的风险。此外,术中采取 PEEP 及肺复张措施,虽可暂时性减少肺不张发生,但对改善术后肺不张作用有限^[58]。在吸气高峰时放气管导管套囊,并于正压呼气时拔出气管导管可促进分泌物排出,并减少喉痉挛和屏气的发生^[59]。

推荐意见 17: 接受急诊手术的高危和/或肥胖患者在术后应转入 ICU 进一步治疗,并在气管拔管后预防性使用 HFNC 以降低低氧血症、二次气管插管及肺部感染的发生率。(证据等级:B,推荐等级:55%强推荐,45%弱推荐)

ICU 具有快速应对术后急性低氧血症和呼吸衰竭的资源和设备。接受急诊手术的高危和/或肥胖患者术后生命体征指标可能波动较大,需要 ICU 环境中更密集的监测^[60]。一项纳入 11 项随机对照研究的 meta 分析比较了术后使用 HFNC 与常规氧疗对二次气管插管率的影响^[61]。有中等确定性证据表明,预防性 HFNC 在心胸外科术后即刻可减少二次气管插管和呼吸支持升级的需求。与面罩氧疗相比,HFNC 应用的耐受性更好,压力相关的皮肤黏膜损伤更少,且氧合和其他生理参数均可得到改善^[62]。然而,目前关于气管插管后使用 HFNC 的研究主要集中在 ICU,其研究结论可能无法直接应用于手术室内气管拔管的患者。鉴于 HFNC 用于急诊患者气管拔管后的相关研究较少,尚需进一步研究和探索。

推荐意见 18: 急诊手术患者术后转运过程中必须具备相应的监护条件,应使用监护仪持续监测患者呼吸循环状态,负责转运的麻醉医师应严密监测患者并提高警觉。(证据等级:B,推荐等级:80%强推荐,20%弱推荐)

转运至普通病房的患者必须满足手术室或麻醉恢复室规定的出室标准,包括呼吸功能稳定、循环指标平稳(如血压、心率在目标范围内)、意识状态恢复至清醒或足以保护气道,且无明显低氧血症或其他急性并发症。需转运至 ICU 且未气管拔管的患者,转运过程中应使用便携式呼吸机。患者转运应由具有资质的麻醉医师和外科医师共同完成^[63]。转运过程中患者应脚在前、头在后,麻醉医师应位于患者头侧并密切观察患者,如口唇颜色、胸廓起伏及

意识状态,及时发现呼吸抑制、意识改变、呕吐等意外情况。患者转运车应配备呼吸囊、面罩及气管插管设备。对情况不稳定或特殊、危重的患者,应使用便携式监护设备进行生命体征的持续监测^[64]。应根据患者情况准备并携带必要的抢救药品。转运至 ICU 或病房后,由一名主要负责人员(麻醉医师)向 ICU/病房医师详细交接患者信息^[65]。患者交接应尽快完成,以免影响患者的后续管理。

五、特殊急诊患者

推荐意见 19:对脓毒症诱发急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的急诊手术患者进行机械通气时,建议设定潮气量为 6 ml/kg、平台压上限为 30 cmH₂O。对中到重度 ARDS[PaO₂/FiO₂≤200 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)]患者,推荐使用较高的 PEEP。(证据等级:B,推荐等级:65%强推荐,35%弱推荐)

研究表明,采用小潮气量通气并限制气道压力可显著降低 ARDS 患者的病死率^[66-67]。对 ARDS 患者行肺保护性通气已成为共识,但应结合机械通气平台压、驱动压、肺顺应性等进行个体化设定。部分学者认为,ARDS 患者只需维持平台压力≤30 cmH₂O 而无需关注潮气量大小^[68]。另一项研究则表明,较低的平台压与患者病死率降低显著相关,因此,即使平台压力≤30 cmH₂O,也应降低患者潮气量以促进平台压进一步降低^[69]。肺复张策略是通过增加跨肺压使已塌陷的肺泡重新扩张的过程,是目前治疗肺不张的有效措施^[70-71]。一项随机对照研究表明,采用逐步增加 PEEP 的肺复张手法可改善中重度 ARDS 患者的氧合,同时不明显损害心脏功能^[72]。

推荐意见 20:急诊胸外科患者在双腔气管导管插管后、摆放体位后,应采用纤维支气管镜进行气管导管定位;单肺或双肺通气时应实施小潮气量通气,并设置相应 PEEP 实施肺复张策略。(证据等级:B,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

急诊胸外科手术情况紧急且复杂,患者体位改变易导致气管导管位置偏移。纤维支气管镜定位可准确评估并确保导管处于正确位置,避免因位置不当引起通气不良、低氧血症等严重并发症。此类患者往往存在不同程度的肺损伤风险,实施小潮气量通气有助于减少肺泡过度扩张和剪切力损伤。临床研究证据支持在胸外科手术中应用小潮气量通气策略^[73-75]。行双肺通气时潮气量应设置为 6~8 ml/kg,单肺通气时潮气量应设置为 4~6 ml/kg,PEEP 为 5 cmH₂O,初始 FiO₂ 40%并维持 SpO₂>90%;关胸前手控呼吸囊,实施手法肺复张;患者麻醉苏醒期间应采用双肺通

气模式(潮气量设置为 6~8 ml/kg),PEEP 为 5 cmH₂O;有条件者,可采取以驱动压为导向的个体化 PEEP 滴定。此外,急诊胸外科手术患者以(血)气胸常见,除通气管管理外,术前还应迅速评估患者呼吸功能和血流动力学稳定性,必要时行胸腔闭式引流以缓解胸腔内压力,防止肺部受压并改善氧合。

推荐意见 21:急诊颅脑创伤患者入室后应维持头部抬高 30°,以降低颅内压。对格拉斯哥昏迷评分(GCS)<8 分的患者,应尽快行气管插管。不建议采取过度通气策略,应维持 PaCO₂ 33~38 mmHg、PaO₂ 80~120 mmHg。对颅内压显著升高的患者,不推荐常规施加 PEEP 及肺开放策略。(证据等级:B,推荐等级:60%强推荐,40%弱推荐)

颅脑创伤患者多合并饱胃、颈椎不稳定、气道损伤、面部骨折等问题,麻醉前应做好应对困难气道的各种准备。对 GCS 评分<8 分的重度颅脑创伤患者,必须立即行气管插管和机械通气,从而有效控制气道。急诊颅脑创伤患者头部抬高 30°是一种安全有效的治疗性体位,能迅速降低颅内压,同时保证脑灌注。不主张在颅脑创伤患者中采用过度通气模式,建议维持 PaCO₂ 33~38 mmHg、PaO₂>95 mmHg^[76]。对疑似或明确存在脑疝的患者,采用急性短暂的过度通气治疗相对安全和有效。相关指南已明确,不适当或预防性使用过度通气是颅脑损伤患者预后不良的独立危险因素。因此,麻醉医师需要维持患者正常的 PaCO₂,可适度并短时采用过度通气策略,同时应予严密监测^[77]。颅脑创伤患者围术期是否使用 PEEP 一直存在争议^[78]。PEEP 会诱发胸内压升高进而阻止脑静脉回流,可能引起颅内压升高及脑灌注压降低。一项探讨 PEEP 对严重急性脑损伤患者颅内压影响的回顾性研究表明,PEEP 对未合并严重肺损伤的患者颅内压或脑灌注压没有影响,PEEP 仅对合并严重肺损伤的颅内压和脑灌注压有影响^[79-80]。总之,PEEP 似乎可安全应用于急性颅脑损伤患者的机械通气。

推荐意见 22:急诊腹腔镜手术患者应采用小潮气量通气(6~8 ml/kg),初始 PEEP 为 5 cmH₂O,初始 FiO₂ 40%(维持 SpO₂≥94%);建立气腹后应进行肺复张并个体化滴定 PEEP,可适度提高呼吸频率以增加 CO₂ 排出;对头低脚高位(Trendelenburg 体位)下气道峰压持续增高的患者,可降低倾斜度并行压力控制通气,可将 I:E 设置为 1:1。(证据等级:B,推荐等级:70%强推荐,30%弱推荐)

腹腔镜手术时,气腹和头低脚高体位会显著改变

呼吸力学(包括降低肺和胸壁顺应性,增加驱动压和跨肺压等),增加呼吸机相关性肺损伤的风险^[81-83]。CO₂气腹还会增加血液 CO₂浓度,使小潮气量的使用受到限制。因此,低水平 PEEP 往往不能使肺泡有效扩张,而高水平 PEEP 可能导致肺泡过度扩张。研究表明,应用高水平 PEEP(12 cmH₂O)时,病态肥胖患者腹腔镜下妇科 PPCs 并未减少,术中低血压发生率反而增加^[81]。过高 PEEP 会引起肺血管阻力增加,右心排血量减少并使右心室扩张,室间隔左移,最终导致左心室舒张受限、心排血量下降^[84]。由于手术和个体差异,固定水平的 PEEP 可能并不适合所有患者,因此应根据不同手术类型及患者基础情况,设置满足个体化需求的 PEEP。此外,针对急诊腹腔镜手术患者的术中最佳通气模式,也有待进一步研究。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

急诊手术患者围术期肺保护管理策略的专家共识工作组名单:

项目主持者:高巨(扬州大学附属苏北人民医院);缪长虹(复旦大学附属中山医院)

执笔者:高巨(扬州大学附属苏北人民医院);薄禄龙(海军军医大学第一附属医院);罗超(扬州大学附属苏北人民医院)

工作组专家成员(按姓名笔画排序):王汉兵(佛山市第一人民医院);王志萍(徐州医科大学附属医院);王英伟(复旦大学附属华山医院);王焕亮(海南医科大学第二附属医院);方浩(上海市老年医学中心);吕欣(同济大学附属上海市肺科医院);许平波(浙江省肿瘤医院);孙旭德(空军军医大学唐都医院);李金宝(上海交通大学医学院附属第一人民医院);杨立群(上海交通大学医学院附属仁济医院);吴镜湘(上海交通大学医学院附属胸科医院);宋学敏(武汉大学中南医院);陈万坤(复旦大学附属中山医院);易杰(中国医学科学院 北京协和医院);罗超(扬州大学附属苏北人民医院);郑晖(中国医学科学院肿瘤医院);姚俊岩(同济大学附属东方医院);顾卫东(复旦大学附属华东医院);倪新莉(宁夏医科大学总医院);高巨(扬州大学附属苏北人民医院);高昌俊(空军军医大学唐都医院);韩非(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院);嵇富海(苏州大学附属第一医院);谢玉波(广西医科大学第一附属医院);缪长虹(复旦大学附属中山医院);薄禄龙(海军军医大学第一附属医院);魏珂(重庆医科大学附属第一人民医院)

参 考 文 献

- [1] Gorman EA, O'Kane CM, McAuley DF. Acute respiratory distress syndrome in adults: diagnosis, outcomes, long-term sequelae, and management [J]. *Lancet*, 2022, 400: 1157-1170. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)01439-8.
- [2] Beltramo F, Khemani RG. Definition and global epidemiology of pediatric acute respiratory distress syndrome [J]. *Ann Transl Med*, 2019, 7: 502. DOI: 10.21037/atm.2019.09.31.
- [3] Matthay MA, Zemans RL, Zimmerman GA, et al. Acute respiratory distress syndrome [J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2019, 5(1): 1-22. DOI: 10.1038/s41572-019-0069-0.
- [4] Giannakoulis VG, Papoutsis E, Kaldis V, et al. Postoperative acute respiratory distress syndrome in randomized controlled trials [J]. *Surgery*, 2023, 174: 1050-1055. DOI: 10.1016/j.surg.2023.06.019.
- [5] Grotberg JC, Reynolds D, Kraft BD. Management of severe acute respiratory distress syndrome: a primer [J]. *Crit Care*, 2023, 27: 289. DOI: 10.1186/s13054-023-04572-w.
- [6] Grissom CK, Lanspa MJ, Groat D, et al. Implementation of lung-protective ventilation in patients with acute respiratory failure [J]. *Crit Care Med*, 2023, 51: 797-807. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005840.
- [7] Alessandri F, Bilotta F. Lung protective ventilation strategy in major surgery: the ultrasound point of view [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2021, 87: 625-626. DOI: 10.23736/S0375-9393.21.15413-6.
- [8] Rousset J, Coppere Z, Vallée A, et al. Ultrasound assessment of the gastric content among diabetic and non-diabetic patients before elective surgery: a prospective multicenter study [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2022, 88: 23-31. DOI: 10.23736/S0375-9393.21.15603-2.
- [9] Xiao MZX, Englesakis M, Perlas A. Gastric content and perioperative pulmonary aspiration in patients with diabetes mellitus: a scoping review [J]. *Br J Anaesth*, 2021, 127: 224-235. DOI: 10.1016/j.bja.2021.04.008.
- [10] Bouvet L, Aubergy C. Prevalence and factors predictive of full stomach in elective and emergency surgical patients: a prospective cohort study [J]. *Br J Anaesth*, 2017(3): 372-379. DOI: 10.1093/bja/aeu462.
- [11] Moake MM, Presley BC, Hill JG, et al. Point-of-care ultrasound to assess gastric content in pediatric emergency department procedural sedation patients [J]. *Pediatr Emerg Care*, 2022, 38: e178-e186. DOI: 10.1097/PEC.0000000000002198.
- [12] Cubillos J, Tse C, Chan V, et al. Bedside ultrasound assessment of gastric content: an observational study [J]. *Can J Anaesth*, 2012, 59(4): 416. DOI: 10.1007/s12630-011-9661-9.
- [13] Van D, Perlas A. Ultrasound assessment of gastric content and volume [J]. *Br J Anaesth*, 2014(1): 12-22. DOI: 10.1093/bja/aeu151.
- [14] Perlas A, Mitsakakis N, Liu L, et al. Validation of a mathematical model for ultrasound assessment of gastric volume by gastroscopic examination [J]. *Anesth Analg*, 2013, 116(2): 357-363. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318274fc19.
- [15] Couture EJ, Provencher S, Somma J, et al. Effect of position and positive pressure ventilation on functional residual capacity in morbidly obese patients: a randomized trial [J]. *Can J Anaesth*, 2018, 65: 522e8. DOI: 10.1007/s12630-018-1050-1.
- [16] 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: 898-913. DOI: 10.1016/j.bja.2019.08.017.
- [17] Hung TS, Viknaswaran N, Lau J, et al. Effectiveness of preoxygenation during endotracheal intubation in a head-elevated position: a systematic review and meta-analysis of randomized con-

- trolled trials[J]. *Anesthesiol Intensive Ther*, 2022, 54:413-424. DOI:10.5114/ait.2022.123197.
- [18] Tsan SEH, Lim SM, Abidin MFZ, et al. Comparison of Macintosh laryngoscopy in bed-up-head-elevated position with GlideScope laryngoscopy: a randomized, controlled, noninferiority trial[J]. *Anesth Analg*, 2020, 131:210-219. DOI:10.1213/ANE.0000000000004349.
- [19] Kim H, Chang JE, Won DW, et al. Effectiveness of cricoid and paratracheal pressures in occluding the upper esophagus through induction of anesthesia and videolaryngoscopy: a randomized, crossover study[J]. *Anesth Analg*, 2022, 135:1064-1072. DOI:10.1213/ANE.00000000000006154.
- [20] Zeidan AM, Salem MR, Bamadhaj M, et al. The cricoid force necessary to occlude the esophageal entrance: is there a gender difference? [J]. *Anesth Analg*, 2017, 124:1168-1173. DOI:10.1213/ANE.0000000000001631.
- [21] Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults[J]. *Br J Anaesth*, 2015, 115(6):827-848. DOI:10.1093/bja/aev371.
- [22] Okano H, Sakuraya M, Masuyama T, et al. Respiratory support strategy in adults with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and network meta-analysis [J]. *JA Clin Rep*, 2022, 8(1):34. DOI:10.1186/s40981-022-00525-4.
- [23] Bodily JB, Webb HR, Weiss SJ, et al. Incidence and duration of continuously measured oxygen desaturation during emergency department intubation[J]. *Ann Emerg Med*, 2016, 67:389-395. DOI:10.1016/j.annemergmed.2015.06.006.
- [24] Gebremedhn EG, Mesele D, Aemero D, et al. The incidence of oxygen desaturation during rapid sequence induction and intubation[J]. *World J Emerg Med*, 2014, 5:279-285. DOI:10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2014.04.007.
- [25] Cajander P, Edmark L, Ahlstrand R, et al. Effect of positive end-expiratory pressure on gastric insufflation during induction of anaesthesia when using pressure-controlled ventilation via a face mask; a randomised controlled trial [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36:625-632. DOI:10.1097/EJA.0000000000001016.
- [26] Jung YK, Kim CL, Jeong MA, et al. Gastric insufflation and surgical view according to mask ventilation method for laparoscopic cholecystectomy: a randomized controlled study[J]. *BMC Anesthesiol*, 2023, 23(1):321. DOI:10.1186/s12871-023-02269-9.
- [27] 穆子涵,高巨,陈小萍,等.经鼻高流量吸氧技术用于全麻诱导前预氧合的安全性和有效性:meta 分析[J]. *中华麻醉学杂志*, 2022, 42(8):932-940. DOI:10.3760/cma.j.cn131073.20220430.00809.
- [28] Wang WL, Zhang WW, Lu Y, et al. Comparison of the effectiveness of transnasal humidified rapid insufflation ventilator exchange (THRIVE) with facemask pre-oxygenation in 40 patients ≥ 65 years of age undergoing general anaesthesia during gastrointestinal surgery for intestinal obstruction [J]. *Med Sci Monit*, 2022, 28:e938168. DOI:10.12659/MSM.938168.
- [29] Mir F, Patel A, Iqbal R, et al. A randomised controlled trial comparing transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE) pre-oxygenation with facemask pre-oxygenation in patients undergoing rapid sequence induction of anaesthesia[J]. *Anaesthesia*, 2017, 72(4):439-443. DOI:10.1111/anae.13799.
- [30] Lodenius Å, Piehl J, Östlund A, et al. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) vs. facemask breathing pre-oxygenation for rapid sequence induction in adults: a prospective randomised non-blinded clinical trial[J]. *Anaesthesia*, 2018, 73(5):564-571. DOI:10.1111/anae.14215.
- [31] Tran DTT, Newton EK, Mount VA H, et al. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 2015:CD002788. DOI:10.1002/14651858.
- [32] Wolthuis EK, Choi G, Dessing MC, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end expiratory pressure prevents pulmonary inflammation in patients without preexisting lung injury[J]. *Anesthesiology*, 2008, 108:46-54. DOI:10.1097/01.anes.0000296068.80921.10.
- [33] Karalapillai D, Weinberg L, Peyton P, et al. Effect of intraoperative low tidal volume vs conventional tidal volume on postoperative pulmonary complications in patients undergoing major surgery: a randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2020, 324:848-858. DOI:10.1001/jama.2020.12866.
- [34] Génereux V, Chassé M, Girard F, et al. Effects of positive end-expiratory pressure/recruitment manoeuvres compared with zero end-expiratory pressure on atelectasis during open gynaecological surgery as assessed by ultrasonography: a randomised controlled trial[J]. *Br J Anaesth*, 2020, 124:101-109. DOI:10.1016/j.bja.2019.09.040.
- [35] Östberg E, Thorisson A, Enlund M, et al. Positive end-expiratory pressure alone minimizes atelectasis formation in nonabdominal surgery: a randomized controlled trial [J]. *Anesthesiology*, 2018, 128:1117-1124. DOI:10.1097/ALN.0000000000002134.
- [36] Park M, Ahn HJ, Kim J A, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial [J]. *Anesthesiology*, 2019, 130:385-393. DOI:10.1097/ALN.0000000000002600.
- [37] 中华医学会麻醉学分会"围术期肺保护性通气策略临床应用专家共识"工作小组. 围术期肺保护性通气策略临床应用专家共识[J]. *中华麻醉学杂志*, 2020, 40(5):513-519. DOI:10.3760/cma.j.cn131073.20200402.00501.
- [38] Jonkman AH, Ranieri VM, Brochard L. Lung recruitment[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48:936-938. DOI:10.1007/s00134-022-06715-z.
- [39] Blazek EV, East CE, Jauncey-Cooke J, et al. Lung recruitment manoeuvres for reducing mortality and respiratory morbidity in mechanically ventilated neonates[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 3(3):CD009969. DOI:10.1002/14651858.CD009969.
- [40] Hartland BL, Newell TJ, Damico N. Alveolar recruitment maneuvers under general anesthesia: a systematic review of the literature[J]. *Respir Care*, 2015, 60(4):609-620. DOI:10.4187/respcare.03488.

- [41] Park SK, Yang H, Yoo S, et al. Ultrasound-guided versus conventional lung recruitment manoeuvres in laparoscopic gynaecological surgery: a randomised controlled trial[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2021, 38(3): 275-284. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001435.
- [42] McIlroy DR, Shotwell MS, Lopez MG, et al. Oxygen administration during surgery and postoperative organ injury: observational cohort study[J]. *BMJ*, 2022, 379: e070941. DOI: 10.1136/bmj-2022-070941.
- [43] Suzuki S, Mihara Y, Hikasa Y, et al. Current ventilator and oxygen management during general anesthesia: a multicenter, cross-sectional observational study [J]. *Anesthesiology*, 2018, 129: 67e76. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002181.
- [44] Markwei MT, Babatunde IO, Kutlu-Yalcin E, et al. Perioperative supplemental oxygen and postoperative nausea and vomiting: subanalysis of a trial, systematic review, and meta-analysis[J]. *Anesthesiology*, 2023, 138: 56-70. DOI: 10.1097/ALN.0000000000004428.
- [45] Wang H, Wang Z, Wu Q, et al. Perioperative oxygen administration for adults undergoing major noncardiac surgery: a narrative review[J]. *Med Gas Res*, 2025, 15(1): 73-84. DOI: 10.4103/mgr.MEDGASRES-D-24-00010.
- [46] Pedersen SS, Holse C, Mathar CE, et al. Intraoperative inspiratory oxygen fraction and myocardial injury after noncardiac surgery: results from an international observational study in relation to recent controlled trials [J]. *Anesth Analg*, 2022, 135: 1021-1030. DOI: 10.1213/ANE.0000000000006042.
- [47] 罗超, 高巨, 杨柳青, 等. 二维斑点追踪技术评价麻醉诱导和正压通气对不同容量状态时双心室功能的影响[J]. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37(10): 1043-1047. DOI: 10.12089/jca.2021.10.007.
- [48] 马娟, 张扬, 高巨, 等. 基于肺开放策略的个体化 PEEP 滴定对经尿道前列腺激光切除术老年患者术中胸腔液体水平的影响[J]. *中华麻醉学杂志*, 2024, 44(2): 140-144. DOI: 10.3760/cma.j.cn131073.20230811.00204.
- [49] Slobod D, Assanangkornchai N, Alhazza M, et al. Right ventricular loading by lung inflation during controlled mechanical ventilation[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2022, 205: 1311-1319. DOI: 10.1164/rccm.202111-2483OC.
- [50] Dam LM, Schmidt MC, Valentin HJ, et al. Effects of mechanical ventilation versus apnea on biventricular pressure-volume loop recording[J]. *Physiol Res*, 2022, 71: 103-111. DOI: 10.33549/physiolres.934787.
- [51] Kirkegaard H, Heier T, Caldwell JE. Efficacy of tactile-guided reversal from cisatracurium-induced neuromuscular block[J]. *Anesthesiology*, 2002, 96: 45-50. DOI: 10.1097/0000542-200201000-00013.
- [52] Pongrácz A, Szatmári S, Nemes R, et al. Reversal of neuromuscular blockade with sugammadex at the reappearance of four twitches to train-of-four stimulation [J]. *Anesthesiology*, 2013, 119: 36-42. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318297ce95.
- [53] Sorgenfrei IF, Norrild K, Larsen PB, et al. Reversal of rocuronium-induced neuromuscular block by the selective relaxant binding agent sugammadex: a dose-finding and safety study[J]. *Anesthesiology*, 2006, 104: 667-674. DOI: 10.1097/0000542-200604000-00009.
- [54] Grandville B, Petak F, Albu G, et al. High inspired oxygen fraction impairs lung volume and ventilation heterogeneity in healthy children: a double-blind randomised controlled trial[J]. *Br J Anaesth*, 2019, 122(5): 682-691. DOI: 10.1016/j.bja.2019.01.036.
- [55] Kleinsasser AT, Pircher I, Truebsbach S, et al. Pulmonary function after emergence on 100% oxygen in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled trial [J]. *Anesthesiology*, 2014, 120: 1146e51. DOI: 10.1097/ALN.000000000000161.
- [56] Edmark L, Auner U, Enlund M, et al. Oxygen concentration and characteristics of progressive atelectasis formation during anaesthesia[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2011, 55: 75e81. DOI: 10.1111/j.1399-6576.2010.02334.x
- [57] Wang X, Guo K, Sun J, et al. Semirecumbent positioning during anesthesia recovery and postoperative hypoxemia: a randomized clinical trial[J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(6): e2416797. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.16797.
- [58] Langeron O, Bourgain JL, Francon D, et al. Difficult intubation and extubation in adult anaesthesia[J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2018, 37(6): 639-651. DOI: 10.1016/j.accpm.2018.03.013.
- [59] Hedenstierna G, Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period[J]. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2010, 24: 157e69. DOI: 10.1016/j.bpa.2009.12.002.
- [60] Miskovic A, Lumb AB. Postoperative pulmonary complications [J]. *Br J Anaesth*, 2017, 118(3): 317-334. DOI: 10.1093/bja/aex002.
- [61] Chaudhuri D, Granton D, Wang DX, et al. High-flow nasal cannula in the immediate postoperative period: a systematic review and meta-analysis [J]. *Chest*, 2020, 158(5): 1934-1946. DOI: 10.1016/j.chest.2020.06.038.
- [62] Stéphan F, Barrucand B, Petit P, et al. High-flow nasal oxygen vs noninvasive positive airway pressure in hypoxemic patients after cardiothoracic surgery: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2015, 313(23): 2331-2339. DOI: 10.1001/jama.2015.5213
- [63] Fanara B, Manzon C, Barbot O, et al. Recommendations for the intra-hospital transport of critically ill patients[J]. *Crit Care*, 2010, 14: R87. DOI: 10.1186/cc9018.
- [64] Day D. Keeping patients safe during intrahospital transport [J]. *Crit Care Nurse*, 2010, 30: 18-32. DOI: 10.4037/ccn2010446.
- [65] Petrovic MA, Aboumatar H, Baumgartner WA, et al. Pilot implementation of a perioperative protocol to guide operating room-to-intensive care unit patient handoffs[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 26(1): 11-16. DOI: 10.1053/j.jvca.2011.07.009.
- [66] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 [J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47: 1181-1247. DOI: 10.1007/s00134-021-06506-y.

- [67] Brower RG, Matthay MA, Morris A, et al. Acute Respiratory Distress Syndrome Network: ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome[J]. *N Engl J Med*, 2000, 342: 1301-1308. DOI: 10.1056/NEJM200005043421801.
- [68] Hager DN, Krishnan JA, Hayden DL, et al. ARDS Clinical Trials Network: tidal volume reduction in patients with acute lung injury when plateau pressures are not high[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005, 172: 1241-1245. DOI: 10.4187/respcare.01387.
- [69] Checkley W, Brower R, Korpak A, et al. Effects of a clinical trial on mechanical ventilation practices in patients with acute lung injury[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2008, 177: 1215-1222. DOI: 10.1164/rccm.200709-1424OC.
- [70] Kacmarek RM, Villar J, Sulemanji D, et al. Open Lung Approach Network: open lung approach for the acute respiratory distress syndrome: a pilot, randomized controlled trial[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44: 32-42. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001383.
- [71] Turbil E, Galerneau LM, Terzi N, et al. Positive-end expiratory pressure titration and transpulmonary pressure: The EPVENT 2 trial[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(Suppl 15): S2012-S2017. DOI: 10.21037/jtd.2019.06.34.
- [72] Mercado P, Maizel J, Kontar L, et al. Moderate and severe acute respiratory distress syndrome hemodynamic and cardiac effects of an open lung strategy with recruitment maneuver analyzed using echocardiography[J]. *Crit Care Med*, 2018, 46(10): 1608-1616. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003287.
- [73] Bagchi A, Rudolph MI, Ng PY, et al. The association of post-operative pulmonary complications in 109,360 patients with pressure-controlled or volume-controlled ventilation[J]. *Anaesthesia*, 2017, 72: 1334-1343. DOI: 10.1111/anae.14039.
- [74] Neto AS, Hemmes SNT, Barbas CSV, 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. DOI: 10.1016/S2213-2600(16)00057-6.
- [75] Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial[J]. *Anesthesiology*, 2019, 130: 385-393. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002600.
- [76] Matin N, Sarhadi K, Crooks CP, et al. Brain-lung crosstalk: management of concomitant severe acute brain injury and acute respiratory distress syndrome[J]. *Curr Treat Options Neurol*, 2022, 24: 383-408. DOI: 10.1007/s11940-022-00726-3.
- [77] Zhang LY, Xiong W, Peng YM, et al. The effect of an intraoperative, lung-protective ventilation strategy in neurosurgical patients undergoing craniotomy: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2018, 19: 85. DOI: 10.1186/s13063-018-2447-4.
- [78] Chen H, Zhou XF, Zhou DW, et al. Effect of increased positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral oxygenation: impact of respiratory mechanics and hypovolemia[J]. *BMC Neurosci*, 2021, 22: 72. DOI: 10.1186/s12868-021-00674-9.
- [79] Boone MD, Jinadasa SP, Mueller A, et al. The effect of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral hemodynamics[J]. *Neurocrit Care*, 2017, 26: 174-181. DOI: 10.1007/s12028-016-0328-9.
- [80] Tas J, Bos KD J, Le FJ, et al. Inducing oscillations in positive end-expiratory pressure improves assessment of cerebrovascular pressure reactivity in patients with traumatic brain injury[J]. *J Appl Physiol* (1985), 2022, 133: 585-592. DOI: 10.1152/jappphysiol.00199.2022.
- [81] Grieco DL, Russo A, Anzellotti GM, et al. Lung-protective ventilation during Trendelenburg pneumoperitoneum surgery: a randomized clinical trial[J]. *J Clin Anesth*, 2022, 85: 111037. DOI: 10.1016/j.jclinane.2022.111037.
- [82] Harvey CE, Haas NL, Chen CM, et al. Initiation of a lung protective ventilation strategy in the emergency department: does an emergency department-based ICU make a difference? [J]. *Crit Care Explor*, 2022, 4: e0632. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000632.
- [83] Tusman G, Wallin M, Acosta C, et al. Positive end-expiratory pressure individualization guided by continuous end-expiratory lung volume monitoring during laparoscopic surgery[J]. *J Clin Monit Comput*, 2022, 36: 1557-1567. DOI: 10.1007/s10877-021-00800-2.
- [84] Kim EH, Park JB, Kang P, et al. Response of internal carotid artery blood flow velocity to fluid challenge under general anesthesia in pediatric patients with moyamoya disease: a prospective observational study[J]. *Paediatr Anaesth*, 2022, 32(12): 1330-1338. DOI: 10.1111/pan.14558.

(收稿日期:2024-12-01)

(本文编辑:葛胜辉)

