

麻醉苏醒期应用压力支持通气模式对腹腔镜下胃癌根治术患者术后肺不张的影响

朱 妍, 鲜晓全, 张 野, 李 云*

安徽医科大学第二附属医院麻醉与围术期医学科, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年5月17日; 录用日期: 2025年6月11日; 发布日期: 2025年6月18日

摘 要

目的: 探讨麻醉苏醒期使用压力支持通气模式(PSV)相较于传统手控模式对腹腔镜下胃癌根治术患者术后肺不张的影响。方法: 选择择期全麻下腹腔镜胃癌根治术患者70例, 年龄 ≥ 18 岁, ASA II或III级, 手术时间 ≥ 2 h。采用随机数字表法将患者分为两组: PSV组(P组)和对照组(C组)。麻醉苏醒期, P组采用PSV通气模式, C组采用传统手控通气模式。采用床旁超声评估12个区域(左肺和右肺各6个区域)的肺超声(LUS)评分。记录麻醉诱导前(T_0)、拔管后30 min (T_3)的LUS评分和肺不张的发生情况。记录 T_0 、进入AICU时(T_2)、 T_3 的 SpO_2 、 PaO_2 及氧合指数(OI)。记录拔除气管导管前(T_1)的呼气末二氧化碳(P_{ETCO_2})、气道峰压(P_{peak})、平台压(P_{plat})、潮气量 V_T PBW。结果: 与C组比较, P组 T_3 时LUS评分及肺不张发生率明显降低($P < 0.05$), T_1 时 V_T PBW明显升高($P < 0.05$), T_1 时 P_{peak} 、 P_{plat} 明显降低($P < 0.05$), T_2 、 T_3 时 SpO_2 、 PaO_2 、OI明显升高($P < 0.05$)。结论: 与传统手控通气模式比较, 麻醉苏醒期使用PSV通气模式可以明显改善腹腔镜胃癌根治术患者术后30 min的氧合功能, 减少术后肺不张的发生。

关键词

压力支持通气模式, 麻醉苏醒期, 肺超声, 肺功能, 肺不张

Effect of Pressure Support Ventilation during Emergence from Anesthesia on Postoperative Atelectasis in Patients Undergoing Laparoscopic Radical Gastrectomy

Yan Zhu, Xiaotong Xian, Ye Zhang, Yun Li*

*通讯作者。

文章引用: 朱妍, 鲜晓全, 张野, 李云. 麻醉苏醒期应用压力支持通气模式对腹腔镜下胃癌根治术患者术后肺不张的影响[J]. 临床医学进展, 2025, 15(6): 1021-1028. DOI: 10.12677/acm.2025.1561820

Abstract

Objective: To explore the effect of the pressure support ventilation mode (PSV) during the anesthesia recovery period compared with the traditional manual control mode on postoperative atelectasis in patients undergoing laparoscopic radical gastrectomy. **Methods:** Seventy patients undergoing laparoscopic radical gastrectomy under elective general anesthesia, aged ≥ 18 years, with American Society of Anesthesiologists (ASA) physical status II or III, and with a surgical duration of ≥ 2 hours were selected. The random number table method was used to divide the patients into two groups: the PSV group (group P) and the control group (group C). During the anesthesia recovery period, the PSV ventilation mode was used in group P, and the traditional manual ventilation mode was used in group C. Bedside ultrasound was used to evaluate the lung ultrasound (LUS) score of 12 regions (6 regions in the left lung and 6 regions in the right lung). The LUS scores and the occurrence of atelectasis before anesthesia induction (T_0) and 30 minutes after extubation (T_3) were recorded. The SpO_2 , PaO_2 and oxygenation index (OI) at T_0 , when entering the Acute Intensive Care Unit (AICU) (T_2), and at T_3 were recorded. The end-tidal carbon dioxide (P_{ETCO_2}), peak airway pressure (P_{peak}), plateau pressure (P_{plat}), and tidal volume per predicted body weight (V_TPBW) before tracheal extubation (T_1) were recorded. **Results:** Compared with group C, the LUS score and the incidence of atelectasis at T_3 in group P were significantly decreased ($P < 0.05$), the V_TPBW at T_1 was significantly increased ($P < 0.05$), while the P_{peak} and P_{plat} at T_1 were significantly decreased ($P < 0.05$). The SpO_2 , PaO_2 , and OI at T_2 and T_3 were significantly increased ($P < 0.05$). **Conclusion:** Compared with the traditional manual ventilation mode, using the PSV ventilation mode during the anesthesia recovery period can significantly improve the oxygenation function 30 minutes after surgery of patients undergoing laparoscopic radical gastrectomy, and reduce the occurrence of postoperative atelectasis.

Keywords

Pressure Support Ventilation, Emergence from Anesthesia, Lung Ultrasound, Lung Function, Atelectasis

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

1.1. 研究背景

在麻醉苏醒期,为直观评估患者的自主呼吸恢复情况,麻醉医生通常采取手控模式进行脱机拔管,在患者从控制通气到完全自主呼吸期间,通过手捏储气囊,间歇性地辅助呼吸[1]。但此时患者仍有可能受到残余麻醉药物和肌松药的影响,未完全恢复功能残气量,从而导致肺不张[2]。此外,自主呼吸期间疼痛引起的呼吸限制或呼吸肌疲劳也会增加肺不张风险[3]。术中应用保护性通气策略可有效减少术后肺不张的发生[4]。然而,即使在全麻术中采用肺保护性通气策略,仍有患者在苏醒期发生肺不张,这提示

术中进行的肺保护性通气策略的获益可能在此阶段减弱甚至丧失[5]-[7]。腹腔镜下胃癌根治术由于气腹的应用,平卧位、患者自身营养状况等因素,术后肺不张及肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)发生率较高[8] [9]。压力支持通气(pressure support ventilation, PSV)模式广泛应用于 ICU 中的脱机,它允许患者无需人机对抗就能自主呼吸,其驱动压力有助于吸气过程的肺复张,提高患者拔管舒适度[10]。肺超声(lung ultrasound score, LUS)评分是评估围术期肺通气质量的有效方法,麻醉引起肺不张最常见的 LUS 征象表现为胸膜旁不同程度的实变和 B 线[11]。本研究通过 LUS 检查评估麻醉苏醒期应用 PSV 模式,相较于传统手控模式对腹腔镜胃癌根治术患者术后肺不张的影响,为临床提供参考。

1.2. 研究方法

1.2.1. 一般资料

本研究经医院伦理委员会批准,患者或家属签署知情同意书。选择 2023 年 8 月至 2024 年 8 月择期行全麻下腹腔镜胃癌根治术的患者,年龄 ≥ 18 岁, BMI $18.5 \sim 25 \text{ kg/m}^2$, ASA II 或 III 级,手术时间 $\geq 2 \text{ h}$ 。排除标准:患者拒绝参加试验,妊娠,合并神经肌肉疾病、疑似或已知困难气道,合并严重的呼吸系统、心血管疾病、肝肾功能损害、胸廓级脊柱畸形,既往有肺部手术史如肺叶切除等,术中转开放手术,术后出现严重皮下气肿、气胸等影响 LUS 图像获取的并发症。

1.2.2. 分组与处理

采用随机数据表法将患者分为两组:PSV 组(P 组)和对照组(C 组)。麻醉苏醒时间指手术结束至拔除气管导管的时间,P 组使用 PSV 通气模式,参数设置为初始吸气压力 $5 \text{ cm H}_2\text{O}$, PEEP $5 \text{ cm H}_2\text{O}$,安全备用通气 12 次/min ,潮气量 8 mL/kg 预测体重,触发流速 2 L/min ,根据患者反映调整,以满足目标 V_T $7 \sim 8 \text{ mL/kg}$ 和 RR $10 \sim 16 \text{ 次/min}$,当患者在无呼吸支持的情况下显示出充分 V_T ($>6 \text{ mL/kg}$) 和 RR ($\geq 10 \text{ 次/min}$) 时,停止呼吸支持;C 组使用传统手控通气模式,关闭机控模式,打开手控开关,APL 阀初始压力设置为 $20 \text{ cm H}_2\text{O}$,最高上限 $30 \text{ cm H}_2\text{O}$,通过手捏储气囊带给予正压通气并观察患者自主呼吸恢复情况,手控模式每次潮气量约 $300 \sim 400 \text{ mL}$,频率 $10 \sim 12 \text{ 次/min}$,直到患者恢复自主呼吸。

1.2.3. LUS 评估方法

按照 Monastesse 等[11]描述的 LUS 检查方法,仰卧位进行扫描评分。每半侧胸部由腋前线、腋后线分为前部、外侧、后部三个区域,上下平面以乳头连线为平面隔开,共分为 12 个肺区。扫描并分析每个区域的肋间间隙。每个肺区的 LUS 得分为 0~3 分:0 分:正常肺通气征象或少于 3 条 B 线;1 分:3 条及以上 B 线或出现被正常胸膜线分隔的胸膜下小实变;2 分:多条融合 B 线或出现被增厚或不规则胸膜线分隔的多发胸膜下小实变;3 分:白肺或胸膜下实变超过 $1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ 。由固定并熟练掌握 LUS 操作方法的医师对患者进行 LUS 扫描评分,该医师对患者分组不知情。对 12 个区域的 LUS 评分进行汇总分析,计算出胸部整体及各区域的 LUS 评分(0~36 分),得分越高,通气损失越严重。肺不张定义为 12 个检查区域中任何区域显示肺不张征象($\text{LUS} \geq 2$ 分)。

1.2.4. 麻醉方法

患者术前常规禁食禁饮,未用术前药。入室后监测 ECG、HR、BP、 SpO_2 、BIS,开放外周静脉,缓慢滴注复方乳酸钠 6 mL/kg 。局麻下行桡动脉穿刺置管监测有创动脉血压,行动脉血气分析。行右侧颈内静脉穿刺置管,用于监测 CVP 和术中补液。面罩吸纯氧 3 min 后行麻醉诱导:静脉给予咪达唑仑 0.05 mg/kg 、舒芬太尼 $0.5 \mu\text{g/kg}$ 、依托咪酯 0.3 mg/kg 、顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg 。经口可视喉镜下行气管插管,连接呼吸机进行机械通气,听诊两肺呼吸音对称,行机械通气并调整呼吸参数,术中使用压力控制容量保证通气模式,参数设置: V_T 6 mL/kg , I:E 1:2,氧流量 2 L/min , PEEP $5 \text{ cm H}_2\text{O}$,调整呼吸频率维

持 $P_{ET} CO_2$ 35~45 mmHg, FiO_2 40%, 必要时增加氧浓度维持 $SpO_2 \geq 95\%$ 。建立人工气腹后行手法肺复张, 选择 PCV 模式, 保持吸气压与 PEEP 差值不变, 每 30 秒递增 PEEP 5 cm H_2O , 直到 PEEP 达 30 cm H_2O , 持续 30 s, 恢复原通气设置。麻醉维持采用静吸复合麻醉, 泵注丙泊酚 4~8 $mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, 瑞芬太尼 0.1~0.4 $\mu g \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, 顺式阿曲库铵 0.1 $mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, 复合吸入 0.4%~1.0%七氟醚, 维持 BIS 40~60。术中控制 MAP 波动幅度不超过基础值的 20%, 出现 MAP 升高幅度超过基础值的 20%时静注乌拉地尔 12.5 mg; 出现 MAP 降低幅度超过基础值的 20%时静脉推注去氧肾上腺素 40 μg ; HR < 50 次/分时, 静脉推注阿托品 0.5 mg; HR > 120 次/分时, 静脉推注艾司洛尔 0.5 mg/kg; 于切皮及关腹时追加舒芬太尼 5~10 μg /次。术毕前约 30 min, 停用顺式阿曲库铵泵注和七氟醚吸入, 术毕停止丙泊酚和瑞芬太尼泵注。

麻醉苏醒期, 根据分组进行通气模式的设置。在气管拔管前, 不常规进行呼吸道吸引, 但如果有临床指征, 则允许进行。待患者完全清醒并恢复自主呼吸时, 拔除气管导管。拔管后 30 min 行 LUS 评估。

1.2.5. 观察指标

记录手术时间、输血量、尿量、出血量等。记录麻醉诱导前(T_0)、入麻醉重症监护室(anesthesia intensive care unit, AICU)时(T_2)、拔管后 30 min (T_3)的 SpO_2 、 PaO_2 及氧合指数(oxygenation index, OI)。记录 T_0 、 T_3 时 LUS 评分和 T_3 时肺不张的发生情况。记录拔除气管导管前即刻(T_1)的呼气末二氧化碳($P_{ET}CO_2$)、气道峰压(inspiratory peak pressure, P_{peak})、平台压(plateau pressure, P_{plat})、每公斤理想体重的潮气量 $V_T PBW$ (tidal volume per predicted body weight)。

1.2.6. 统计分析

本研究采用 PASS 15 软件估算样本量, 以拔管后 30 min 的 LUS 评分为主要指标计算样本量。根据预试验结果, C 组与 P 组 LUS 评分分别为(6.2 ± 4.3)和(9.5 ± 4.3)分, 设 $\alpha = 0.05$, $1 - \beta = 0.9$, 两组样本量 1:1, 预计脱落率 10%, 至少需要样本量 68 例。

采用 SPSS 26.0 软件分析数据。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用两独立样本 t 检验, 组内比较采用重复测量数据方差分析。计数资料以例(%)表示, 组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2. 结果

本研究共纳入患者 70 例, 每组 35 例。两组患者性别、年龄、BMI、ASA 分级、吸烟史、高血压、糖尿病、入液量、尿量、出血量、使用血管活性药物比例、手术时间、麻醉时间、拔管时间差异均无统计学意义(表 1)。

Table 1. Comparison of general conditions and surgical situations between the two groups of patients

表 1. 两组患者一般情况和手术情况的比较

指标	P 组($n = 35$)	C 组($n = 35$)
男/女(例)	20/15	19/16
年龄(岁)	61.4 ± 4.3	60.2 ± 5.0
BMI (kg/m^2)	22.9 ± 3.1	22.7 ± 2.8
ASA II/III级(例)	27/8	26/9
吸烟史[例(%)]	18 (51)	17 (49)
高血压[例(%)]	20 (57)	19 (54)
糖尿病[例(%)]	8 (23)	9 (26)

续表

入液量(ml)	1538.2 ± 394.5	1560.1 ± 389.5
尿量(ml)	625 (400~700)	680 (350~750)
出血量(ml)	115.5 ± 65.9	120.4 ± 62.3
使用血管活性药物[例(%)]	20 (57)	18 (51)
手术时间(min)	210.5 ± 50.6	212.6 ± 60.2
麻醉时间(min)	242.6 ± 52.3	243.7 ± 53.1
拔管时间(min)	22.4 ± 5.2	23.3 ± 5.0

与 T₀ 时比较, 两组 T₂ 时 SpO₂ 明显降低, T₂、T₃ 时 PaO₂、OI 明显降低($P < 0.05$)。与 C 组比较, T₂、T₃ 时 P 组 SpO₂、PaO₂、OI 明显升高($P < 0.05$) (表 2)。

Table 2. Comparison of SpO₂, PaO₂, and OI at different time points between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

表 2. 两组患者不同时段 SpO₂、PaO₂、OI 的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T ₀	T ₂	T ₃
SpO ₂ (%)	P 组	35	98.0 ± 2.0	95.1 ± 2.5 ^{ab}	97.8 ± 1.0 ^b
	C 组	35	97.9 ± 2.0	93.8 ± 2.2 ^a	97.2 ± 1.0
PaO ₂ (mmHg)	P 组	35	83.8 ± 8.8	80.5 ± 8.4 ^{ab}	81.8 ± 7.9 ^{ab}
	C 组	35	83.7 ± 9.1	73.2 ± 8.2 ^a	78.4 ± 8.1 ^a
OI (mmHg)	P 组	35	400.8 ± 50.3	283.6 ± 38.3 ^{ab}	386.5 ± 26.3 ^{ab}
	C 组	35	398.2 ± 48.9	253.4 ± 30.2 ^a	374.7 ± 28.5 ^a

注: 与 T₀ 比较, ^a $P < 0.05$; 与 C 组比较, ^b $P < 0.05$ 。

与 T₀ 时比较, T₃ 时两组整体及各部分 LUS 均明显升高($P < 0.05$)。与 C 组比较, T₃ 时 P 组整体及后部 LUS 评分明显降低($P < 0.05$)。与 P 组比较, T₃ 时 C 组肺不张发生率明显升高($P < 0.05$) (表 3) (图 1)。

Table 3. Comparison of LUS scores at different time points and postoperative atelectasis incidence between the two groups of patients

表 3. 两组患者不同时段 LUS 评分和术后肺不张发生率的比较

指标	组别	例数	T ₀	T ₃
LUS 总分(分)	P 组	35	1 (1~2)	7 (6~9) ^{ab}
	C 组	35	1 (1~2)	10 (8~11) ^a
前部(分)	P 组	35	0 (0~1)	1 (0~1) ^a
	C 组	35	0 (0~1)	1 (0~1) ^a
侧部(分)	P 组	35	0 (0~1)	2 (1~2) ^a
	C 组	35	0 (0~1)	2 (1~2) ^a
后部(分)	P 组	35	1 (1~2)	4 (4~6) ^{ab}
	C 组	35	1 (1~2)	7 (5~8) ^a
肺不张[例(%)]	P 组	35	-	12 (34) ^{ab}
	C 组	35	-	20 (57) ^a

注: 与 T₀ 时比较, ^a $P < 0.05$; 与 C 组比较, ^b $P < 0.05$ 。

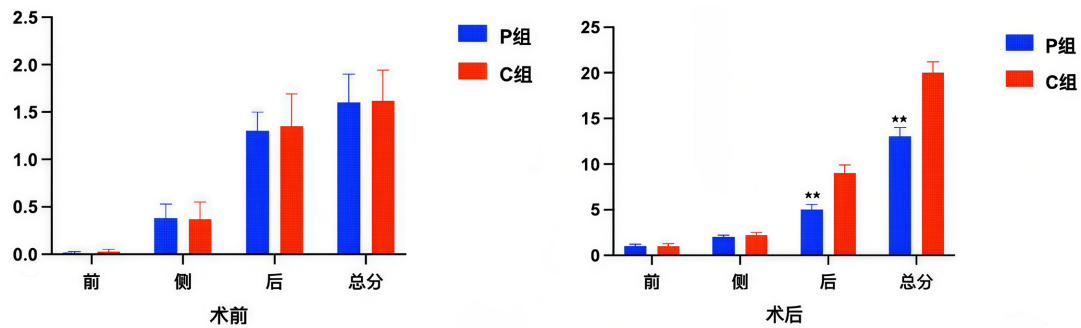


Figure 1. Comparison of LUS scores at different time points between the two groups of patients
图 1. 两组患者不同时点 LUS 评分的比较

与 C 组比较, P 组拔除气管导管前即刻 P_{peak} 、 P_{plat} 明显降低, $V_T PBW$ 明显升高($P < 0.05$), 两组在拔除气管导管前即刻 P_{ETCO_2} 差异无统计学意义($P > 0.05$) (表 4)。

Table 4. Comparison of immediate ventilation parameters before removal of tracheal tube in the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)
表 4. 两组患者拔除气管导管前即刻通气参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	P_{ETCO_2} (mmHg)	P_{peak} (cm H ₂ O)	P_{plat} (cm H ₂ O)	$V_T PBW$ (ml/kg)
P 组	35	35 ± 2^b	14.8 ± 3.2^a	12.0 ± 0.7^a	7.3 ± 1.2^a
C 组	35	36 ± 1	15.2 ± 3.5	14.1 ± 1.2	6.2 ± 0.8

注: 与 C 组比较, ^a $P < 0.05$, ^b $P > 0.05$ 。

3. 讨论

由于微创技术的不断发展, 腹腔镜下胃癌根治术的应用越来越广泛, 但气腹技术对人体呼吸与循环生理产生的影响与术后肺不张形成密切相关, 主要包括: 膈肌上抬、胸肺顺应性减少、功能残气量降低等[12]。为预防术后肺不张, 麻醉维持阶段的肺保护性通气策略一直是围术期的研究热点, 包括小潮气量、呼气末正压、肺复张和低吸入氧浓度(inspired oxygen fraction, FiO_2)等, 已有多项研究证明其临床获益, 但关于麻醉苏醒期的肺保护通气策略却缺乏相关认识[13][14]。一项研究[1]表明, 苏醒期发生的肺不张约占术后肺不张总数的 39%。另一项影像学研究发现, 无论术中应用何种保护性通气策略, 拔管后均会出现不同程度的肺不张[15]。传统手控拔管方式撤回正压可能会阻碍保护性通气措施对术后肺不张和 PPCs 的影响[16], 本研究结果显示, 麻醉苏醒期使用 PSV 模式, 相比传统手控模式拔管, 能够降低腹腔镜下胃癌根治术患者术后 LUS 和肺不张发生率, 并改善早期氧合和肺功能。

虽然 BJA 一项全麻后安全气管拔管指南推荐将压力支持通气(pressure support ventilation, PSV)模式应用到麻醉苏醒中[17], 但由于缺乏足量循证学证据, 麻醉医师可能会担心, 使用 PSV 模式将导致患者在拔管时发生缺氧甚至呼吸衰竭[18]。本研究在苏醒期应用 PSV 模式, 与传统受控模式比较, 结果显示, 两组患者进入 AICU 时、拔管后 30 min 的 PaO_2 、OI 虽均较术前降低, 但与 C 组比较, 拔管后 30 min 时, P 组 SpO_2 、 PaO_2 、OI 均明显升高, 提示压力支持通气与拔管后缺氧或拔管失败无关; 相反, 它有助于降低术后肺不张的发生率和提高早期氧合率。

本研究采用肺超声评估两种苏醒干预组合对患者术后肺不张的影响。之前的相关研究大多使用 CT 诊断术后肺不张[19][20], 但单处扫描较局限, 且 CT 对患者存在辐射伤害和转运风险, 相比之下, LUS 则具备无创、实时、经济、便携、无辐射等优势[21]。数据显示, 两组患者拔管后 30 min 的整体及各部分 LUS 评分均较术前增加, 但与 C 组相比, P 组在拔管后 30 min 的 LUS 评分及肺不张发生率明显降低,

这提示苏醒期使用 PSV 拔管, 患者术后即刻的肺部通气功能更好。本研究未观察到多条融合的 B 线, 可能源于术后追踪的时间过短, 这是本研究的不足之处。

P_{peak} 是机械通气下呼吸周期内气道压的峰值, P_{plat} 近似于平均肺泡内压。这些指标与肺顺应性和气道阻力相关, 当数值增高, 则提示肺顺应性下降[21], 肺血管阻力增加, 通气/血流比例严重失调[22]。本研究结果显示, 在麻醉苏醒期使用 PSV 模式, 拔管时患者 P_{peak} 和 P_{plat} 明显降低, 具有更好的肺部呼吸力学指标, 可能有利于降低肺损伤风险。

本研究存在一定局限性, 本研究样本量较小, 仅限于特定手术方式且肺功能无明显异常的患者, 无法推广到所有手术患者本研究为单中心小样本研究, 仅使用肺超声评估患者拔管后 30 min 的肺功能, 未随访术后更长时间的结果。

综上所述, 与传统手控通气模式比较, 在麻醉苏醒期使用 PSV 通气模式可以明显改善腹腔镜胃癌根治术患者术后 30 min 的氧合功能, 减少术后肺不张的发生。

参考文献

- [1] Jeong, H., Tanatporn, P., Ahn, H.J., Yang, M., Kim, J.A., Yeo, H., *et al.* (2021) Pressure Support versus Spontaneous Ventilation during Anesthetic Emergence—Effect on Postoperative Atelectasis: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology*, **135**, 1004-1014. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000003997>
- [2] Zeng, C., Lagier, D., Lee, J. and Vidal Melo, M.F. (2022) Perioperative Pulmonary Atelectasis: Part I. Biology and Mechanisms. *Anesthesiology*, **136**, 181-205. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000003943>
- [3] Lagier, D., Zeng, C., Fernandez-Bustamante, A. and Vidal Melo, M.F. (2022) Perioperative Pulmonary Atelectasis: Part II. Clinical Implications. *Anesthesiology*, **136**, 206-236. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000004009>
- [4] Lundquist, H., Hedenstierna, G., Strandberg, Å., Tokics, L. and Brismar, B. (1995) CT-Assessment of Dependent Lung Densities in Man during General Anaesthesia. *Acta Radiologica*, **36**, 626-632. <https://doi.org/10.3109/02841859509176761>
- [5] Miskovic, A. and Lumb, A.B. (2017) Postoperative Pulmonary Complications. *British Journal of Anaesthesia*, **118**, 317-334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>
- [6] Güldner, A., Kiss, T., Serpa Neto, A., Hemmes, S.N.T., Canet, J., Spieth, P.M., *et al.* (2015) Intraoperative Protective Mechanical Ventilation for Prevention of Postoperative Pulmonary Complications: A Comprehensive Review of the Role of Tidal Volume, Positive End-Expiratory Pressure, and Lung Recruitment Maneuvers. *Anesthesiology*, **123**, 692-713. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000754>
- [7] Whalen, F.X., Gajic, O., Thompson, G.B., Kendrick, M.L., Que, F.L., Williams, B.A., *et al.* (2006) The Effects of the Alveolar Recruitment Maneuver and Positive End-Expiratory Pressure on Arterial Oxygenation during Laparoscopic Bariatric Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **102**, 298-305. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000183655.57275.7a>
- [8] 白丹, 向雯, 陈心足, 等. 胃癌术后肺部感染发生因素及围术期干预措施[J]. 中华胃肠外科杂志, 2021, 24(2): 185-190.
- [9] Gertsen, E.C., Goense, L., Brenkman, H.J.F., van Hillegersberg, R. and Ruurda, J.P. (2020) Identification of the Clinically Most Relevant Postoperative Complications after Gastrectomy: A Population-Based Cohort Study. *Gastric Cancer*, **23**, 339-348. <https://doi.org/10.1007/s10120-019-00997-x>
- [10] Park, J., Lee, E., Lee, J., Oh, E.J. and Min, J.J. (2020) Effects of Inspired Oxygen Concentration during Emergence from General Anaesthesia on Postoperative Lung Impedance Changes Evaluated by Electrical Impedance Tomography: A Randomised Controlled Trial. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **34**, 995-1004. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00390-0>
- [11] Monastesse, A., Girard, F., Massicotte, N., Chartrand-Lefebvre, C. and Girard, M. (2017) Lung Ultrasonography for the Assessment of Perioperative Atelectasis: A Pilot Feasibility Study. *Anesthesia & Analgesia*, **124**, 494-504. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000001603>
- [12] Zhang, W.H., Chen, X.Z., Yang, K., *et al.* (2015) Risk Factors and Survival Outcomes for Postoperative Pulmonary Complications in Gastric Cancer Patients. *Hepatogastroenterology*, **62**, 766-772.
- [13] Tobin, M.J. (2012) Extubation and the Myth of “Minimal Ventilator Settings”. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **185**, 349-350. <https://doi.org/10.1164/rccm.201201-0050ed>
- [14] Abbott, M., Pereira, S.M., Sanders, N., Girard, M., Sankar, A. and Sklar, M.C. (2024) Weaning from Mechanical

- Ventilation in the Operating Room: A Systematic Review. *British Journal of Anaesthesia*, **133**, 424-436. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2024.03.043>
- [15] Kostic, P., LoMauro, A., Larsson, A., Hedenstierna, G., Frykholm, P. and Aliverti, A. (2017) Specific Anesthesia-induced Lung Volume Changes from Induction to Emergence: A Pilot Study. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **62**, 282-292. <https://doi.org/10.1111/aas.13026>
- [16] Girard, J., Zaouter, C., Moore, A., Carrier, F.M. and Girard, M. (2023) Effects of an Open Lung Extubation Strategy Compared with a Conventional Extubation Strategy on Postoperative Pulmonary Complications after General Anesthesia: A Single-Centre Pilot Randomized Controlled Trial. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal Canadien d'Anesthésie*, **70**, 1648-1659. <https://doi.org/10.1007/s12630-023-02533-z>
- [17] Benham-Hermetz, J. and Mitchell, V. (2021) Safe Tracheal Extubation after General Anaesthesia. *BJA Education*, **21**, 446-454. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2021.07.003>
- [18] Sklar, M.C., Burns, K., Rittayamai, N., Lanys, A., Rauseo, M., Chen, L., *et al.* (2017) Effort to Breathe with Various Spontaneous Breathing Trial Techniques. A Physiologic Meta-Analysis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **195**, 1477-1485. <https://doi.org/10.1164/rccm.201607-1338oc>
- [19] Östberg, E., Thorisson, A., Enlund, M., Zetterström, H., Hedenstierna, G. and Edmark, L. (2019) Positive End-Expiratory Pressure and Postoperative Atelectasis: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology*, **131**, 809-817. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002764>
- [20] Génereux, V., Chassé, M., Girard, F., Massicotte, N., Chartrand-Lefebvre, C. and Girard, M. (2020) 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. *British Journal of Anaesthesia*, **124**, 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.09.040>
- [21] Suleiman, A., Costa, E., Santer, P., Tartler, T.M., Wachtendorf, L.J., Teja, B., *et al.* (2022) Association between Intraoperative Tidal Volume and Postoperative Respiratory Complications Is Dependent on Respiratory Elastance: A Retrospective, Multicentre Cohort Study. *British Journal of Anaesthesia*, **129**, 263-272. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.05.005>
- [22] Pereira, S.M., Tucci, M.R., Morais, C.C.A., Simões, C.M., Tonelotto, B.F.F., Pompeo, M.S., *et al.* (2018) Individual Positive End-Expiratory Pressure Settings Optimize Intraoperative Mechanical Ventilation and Reduce Postoperative Atelectasis. *Anesthesiology*, **129**, 1070-1081. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002435>