

肺保护性通气策略对非颅脑创伤骨折患者术后肺部并发症的影响

刘丹¹, 李琴², 古学东^{3a}, 肖奕君^{3b}, 吴畏¹

1. 西南医科大学附属医院麻醉科, 四川 泸州 646000; 2. 成都市新都区人民医院麻醉科, 四川 成都 610500;
3. 中国人民解放军西部战区总医院 a. 麻醉科 b. 疼痛科, 四川 成都 610083

【摘要】 目的 探讨肺保护性通气策略对非颅脑骨折创伤患者术后肺部并发症 (PPCs) 的影响。方法 纳入 2023 年 9 月至 2024 年 1 月于全麻下行创伤骨折手术患者 260 例, 采用随机数字表法分为肺保护性通气策略组 (LP 组) 和对照组 (C 组) 各 130 例。C 组采用常规通气方式, LP 组采用肺保护性通气策略进行术中通气。比较两组患者术后 7 天内 PPCs 的发生及严重程度分级情况、Clavien-Dindo 并发症和术中呼吸参数等。结果 两组患者术中情况 (如麻醉时间, 手术时间, 舒芬太尼、顺式阿曲库铵用量, 术中晶体液、胶体液使用量, 出血量以及尿量) 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 7 天内, 两组共 59 例患者出现了 PPCs。LP 组 PPCs 的发生率低于 C 组, PPCs 严重程度分级为 1 级例数亦少于 C 组 ($P < 0.001$), 其余 PPCs 严重程度分级和 Clavien-Dindo 并发症分级情况差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。机械通气 1 小时 (T2) 测定的 LP 组氧合指数及气道峰压大于 C 组, 驱动压及平台压小于 C 组 ($P < 0.001$)。此外, 两组麻醉开始前 (T1) 及麻醉结束拔管后 30 min (T3) 氧合指数比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。结论 在非颅脑创伤患者全麻术中, 使用肺保护性通气策略可以减少 PPCs 发生率, 改善术中氧合, 值得临床推广。

【关键词】 肺保护性通气; 术后肺部并发症; 骨科创伤; 氧合指数; 全身麻醉

【中图分类号】 R614.2⁺7

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2024)06-0092-06

The effect of lung protective ventilation strategy on postoperative pulmonary complications in patients with non-cranial orthopedic trauma LIU Dan¹, LI Qin², GU Xue-dong^{3a}, XIAO Yi-jun^{3b}, WU Wei¹ 1. Department of Anesthesiology, The Affiliated Hospital, Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; 2. Department of Anesthesiology, Xindu District People's Hospital, Chengdu 610500, China; 3a. Department of Anesthesiology, 3b. Department of Anesthesiology and Pain Medicine, The General Hospital of Western Theater Command, Chengdu 610083, China

【Corresponding author】 WU Wei

【Abstract】 **Objective** To investigate the effect of lung protective ventilation strategy on postoperative pulmonary complications (PPCs) in patients with non-cranial orthopedic trauma. **Methods** A total of 260 patients undergoing general anesthesia for orthopedic trauma surgery from September 2023 to January 2024 were included. The patients were assigned into a lung protective ventilation strategy group (LP group) and a control group (C group) by using random number table method, 130 in each group. The C group received conventional ventilation. The LP group received lung protective ventilation strategy during surgery. The incidence and severity grading of PPCs within 7 days after operation, Clavien-Dindo complications, and intraoperative respiratory parameters were compared between the two groups. **Results** There were no statistically significant differences in intraoperative conditions such as anesthesia duration, surgery duration, doses of sufentanil and cisatracurium, intraoperative crystalloid and colloid usage, blood loss and urine output between

[13] 何妍春, 胡文胜, 曹芬. 血清免疫学指标与妊娠期肝内胆汁淤积症母婴结局关系的调查分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(10):1239-1241.

[14] 欧曼颖, 胡春霞, 李跃萍. 妊娠期肝内胆汁淤积症孕妇血清氧化应激水平及与妊娠结局的关系[J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(17):1877-1881.

[15] 胡婷玉, 陈英, 仲伟国. 血清胆汁酸代谢轮廓分析在妊娠期肝内胆汁淤积症的早期诊断中的应用价值研究[J]. 贵州医药, 2022, 46(2):236-238.

[16] 刘婷婷, 宋文婷. 妊娠肝内胆汁淤积症孕妇围生期母婴结局与 TBIL 和 DBIL 水平及其比值变化的研究[J]. 中国现代医学杂志, 2020, 30(13):67-70.

[17] 宋波, 文国琴, 王茜. 胆汁酸代谢与肠道微生物[J]. 微生物学杂志, 2021, 41(3):107-112.

[18] 邱玉梅, 廖利琼, 刘洋, 等. 维生素 D 在妊娠期肝内胆汁淤积症患者血清和脐带血的水平及其与总胆汁酸的相关性研究[J].

新医学, 2023, 54(11):815-820.

[19] 张明月, 谢欢, 赵军, 等. 自分泌运动因子在原发性胆汁性胆管炎疾病进展及相关肝细胞癌预测中的价值[J]. 中华肝脏病杂志, 2023, 31(9):936-942.

[20] 张燕, 王伟红. 妊娠期肝内胆汁淤积症孕妇血清总胆汁酸、谷草转氨酶及 Th17/Treg 平衡水平及临床意义[J]. 中国计划生育学杂志, 2020, 28(12):2093-2097.

[21] 黄慧娟, 谢青文. 妊娠期肝内胆汁淤积症患者血清总胆汁酸和 Th17/Treg 平衡关系对围生儿结局的影响[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(20):3757-3760.

[22] Bouvet GF, Bulka O, Coriati A, et al. Peripheral blood mononuclear cell response to YKL-40 and Galectin-3 in cystic fibrosis[J]. Cytokine, 2021, 146(10059):155635.

(收稿日期:2024-05-31;修回日期:2024-08-10)

(本文编辑:彭羽)

the two groups ($P > 0.05$). Within 7 days after operation, a total of 59 patients in both groups developed PPCs. The incidence of PPCs in the LP group was lower than that in the C group, with less Grade 1 PPCs in the LP group ($P < 0.001$). However, there were no statistically significant differences in the severity grades of other PPCs or in the Clavien-Dindo complications between the two groups ($P > 0.05$). After 1 hour of mechanical ventilation (T2), the oxygenation index (OI) and the peak airway pressure in the LP group were higher than those in the C group. The driving pressure and plateau pressure were lower in the LP group than those in the C group ($P < 0.001$). Additionally, there were no significant differences in OI between the groups at the beginning of anesthesia (T1) and after 30 minutes of extubation (T3) ($P > 0.05$). **Conclusions** The use of lung protective ventilation strategy during general anesthesia in patients with non-cranial trauma can reduce the incidence of PPCs and improve intraoperative oxygenation. It is worthy of clinical application.

【Key words】 Lung protective ventilation; Postoperative pulmonary complications; Orthopedic trauma; Oxygenation index; General anesthesia

创伤是全球十大死亡原因之一^[1]。肺功能作为一个重要的生命体征,是创伤患者整个治疗过程中需要关注的重要指标。创伤患者经历前期救治,生命体征平稳后往往需要进行择期手术治疗,而这类患者具有多种肺部并发症的高危因素,包括贫血、低蛋白水平、胸部创伤、内脏损伤合并长骨骨折、多处损伤且 $\text{PaO}_2 < 75 \text{ mmHg}$ 或(和) $\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ 等^[2]。这些高危因素加上相关的生理和病理变化,往往会导致长期卧床、免疫功能受损等情况,从而增加围手术期术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)的发病率。为加强术后肺功能康复并减少 PPCs 的发生,引入了肺保护性通气策略(lung protective ventilation strategy, LPVS)的概念,其安全性已在多项研究中得到证实^[3]。LPVS 包括使用低潮气量、个体化的呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)通气、定时肺复张和吸入低浓度氧,以减轻机械通气对人体的不良影响。它已在各种临床环境中得到应用,包括急性呼吸窘迫综合征、COVID-19 和胸腹部手术麻醉的管理等^[4-6]。然而,对于颅脑创伤患者,创伤后呼吸中枢可能会受到损害、术后长时间带管都可能会增加发生 PPCs 的风险。因此,颅脑创伤病例应在独立队列中单独分析。

根据《2019 年胸外科围术期肺保护中国专家共识》^[7],建议使用 LPVS 来维持肺泡通畅、促进手术过程、预防低氧血症和急性肺损伤。2019 年国际专家组推荐的 LPVS 规范同样建议,肺复张策略可改善手术患者的肺顺应性和氧合,可在麻醉诱导后和手术过程中任意时间应用^[8]。然而,目前缺乏高质量的证据,也没有针对非颅脑创伤骨折手术的 LPVS 相关的明确指南。因此,本研究旨在评估 LPVS 对非颅骨创伤骨折患者 PPCs 的影响,以期后续相关研究提供更多的数据支持。

【基金项目】中国人民解放军西部战区总医院青年孵化项目(编号:2021XZYG-C26)

【通讯作者】吴 畏

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2023 年 9 月至 2024 年 1 月中国人民解放军西部战区总医院在全身麻醉下行非颅脑创伤骨折手术的患者 260 例。纳入标准:①不限性别,年龄 ≥ 18 岁;②预计机械通气时间 $\geq 2 \text{ h}$;③美国麻醉医师协会(American society of anesthesiologists, ASA)分级为 II ~ III 级的患者;④无麻醉药物过敏史。排除标准:①术前存在急性肺损伤;②既往 3 个月内存在 ARDS 或呼吸衰竭;③术前胸片或 CT 提示肺大泡;④存在其余系统相关的危重疾病,包括重度肝功能障碍(肝衰竭或 Child-Pugh 评分 B 或 C);⑤慢性肾衰竭(肾小球滤过率 $< 30 \text{ ml/min}$);⑥心力衰竭(纽约心脏协会分级 > 2 级);⑦研究者认为未达到参加本临床试验的要求;⑧术前属于危重症患者。剔除标准:①机械通气时间 $< 2 \text{ h}$;②麻醉过程中出现失血量达到全身血容量的 20% 及以上、困难气道、反流误吸等严重不良事件;③术中采用肺保护性通气出现严重的血流动力学波动;④术毕需要血管活性药物支持治疗;⑤术后一般情况差,需要机械辅助呼吸的患者。采用随机数字表法将患者按照 1:1 分为对照组(C 组)和肺保护性通气策略组(LP 组)各 130 例,两组患者在年龄、性别、体质量指数(BMI)、ASA 分级、吸烟情况及术前加泰罗尼亚外科患者呼吸风险评估(ARISCAT)评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。本研究通过医院伦理委员会批准(2023EC4-ky011),并在中国临床注册中心注册(ChiCTR2400079470),患者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 通气方式 对照组采用常规通气方式,试验组采用 LPVS。两组患者在术前均进行 ARISCAT 评分。两组患者均使用气管导管建立人工气道,通气模式均为容量控制通气(volume control ventilation, VCV),并使用预计体重[预计体重,男: $50 + 0.91 \times (\text{身高} - 152.4)$;女: $45.5 + 0.91 \times (\text{身高} - 152.4)$;身高:cm]设定潮气量,VCV 平台设定为 20% 的吸气

暂停时间,吸呼比均为 1:2,两组患者术中调整呼吸频率以维持呼气末二氧化碳为 35~45 mmHg。所有患者维持 FiO_2 为 60%,气体流量为 2 L/min。C 组:设置潮气量为 8~10 ml/kg,不使用 PEEP 和肺复张;LP 组:应用 LPVS,设置潮气量为 6~8 ml/kg,使用最佳顺应法寻找最佳 PEEP,术中每 30 min 进行一次容量控制法肺复张。

最佳顺应性法是将 PEEP 从 0、4、6、8、10、12、14 cmH_2O 阶梯状升高,每个 PEEP 水平停留通气 8 min 寻找递增 PEEP 过程中驱动压最小的 PEEP 值,驱动压是由平台压与 PEEP 的差值计算得出,然后在递增 PEEP 完成后设置此 PEEP 为最佳个体化 PEEP。最佳 PEEP 是基于驱动压所调控,若试验中得到相同的最小驱动压值,则选择其对应的最小 PEEP。滴定 PEEP 时如 $MAP < 65$ mmHg, $HR < 50$ bpm 则给予血管活性药物维持血流动力学正常。

容量控制法肺复张是将麻醉机模式调成 VCV,根据理想体重从潮气量 6~8 ml/kg 和吸呼比为 1:1 起始,每 3~6 次呼吸递增 4 ml/kg 的潮气量,直至吸气平台压达 30~40 cmH_2O ,在此水平上再进行 3~6 个循环呼吸后,即可达到充分的肺复张,然后降

低潮气量。

1.2.2 麻醉方法 入室三方核查后进行 ECG、HR、BP、 SpO_2 监测,建立静脉通路,局麻下行桡动脉穿刺置管测压,予以面罩 5 L/min 吸氧。采用常规全麻诱导,全麻诱导药物为:咪达唑仑 0.03 mg/kg、依托咪酯 0.1~0.4 mg/kg 或丙泊酚 1.5~2.5 mg/kg、舒芬太尼 0.3~1.0 $\mu g/kg$ 、顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg。如果患者没有出现睫毛反射,则使用标准指南选择合适尺寸的气管插管,对患者进行气道建立。麻醉维持:七氟烷吸入,右美托咪定 0.4~0.7 $\mu g/kg \cdot h$ 以及瑞芬太尼 0.1~0.5 $\mu g/kg \cdot min$,术中根据情况间断追加顺式阿曲库铵。手术结束前 30 min 停用七氟烷及右美托咪定,更换为丙泊酚 2~8 mg/kg $\cdot h$ 。手术结束后立即停止用于术中维持的静脉麻醉药物,所有患者在呼吸恢复后给予新斯的明和阿托品、氟马西尼进行拮抗。术毕拔管后,对患者进行 ≥ 5 min 的监测,以确保恢复规律的自主呼吸,随后将患者转移到麻醉复苏室,给予鼻导管吸氧 5 L/min,待患者完全清醒后送回病房。两组患者均采用静脉患者自控镇痛以缓解术后疼痛。

表 1 两组一般临床资料比较

临床资料		C 组 (n = 130)	LP 组 (n = 130)	统计量	P
年龄(岁)		49.24±16.70	49.28±17.10	t = -0.220	0.56
性别[n(%)]	男	79 (60.8)	76 (58.5)	$\chi^2 = 0.144$	0.71
	女	51 (39.2)	54 (41.5)		
BMI(kg/m^2)		23.8±3.4	23.7±3.2	t = 0.359	0.74
ASA 分级 [n(%)]	Ⅱ级	101 (77.7)	93 (71.5)	$\chi^2 = 3.896$	0.14
	Ⅲ级	29 (22.3)	37 (28.5)		
吸烟情况[n(%)]	从不吸烟	89 (68.5)	91 (70.0)	$\chi^2 = 1.136$	0.58
	已戒烟	0	1 (0.8)		
	1 月内吸烟	41 (31.5)	38 (29.2)		
ARISCAT 评分[n(%)]	低	90 (69.2)	80 (61.5)	$\chi^2 = 2.853$	0.24
	中	32 (24.6)	35 (26.9)		
	高	8 (6.2)	15 (11.5)		
手术类型[n(%)]	四肢骨折手术	78(60)	72(55.4)	$\chi^2 = 0.567$	0.36
	非四肢骨折手术	52(40)	58(44.6)		

1.3 观察指标 ①术中情况:记录患者麻醉时间,手术时间,舒芬太尼、顺式阿曲库铵用量,术中晶体液、胶体液使用量,出血量以及尿量。②术后 7 d 内 PPCs 的发生情况;根据欧洲围术期临床结局专家共识定义 PPCs^[9],评估患者是否在术后 7 d 内发生呼吸道感染、呼吸衰竭、胸腔积液、肺不张、气胸、支气管痉挛和吸入性肺炎这 7 项并发症,如发生 ≥ 1 项则认为出现了 PPCs。③两组呼吸参数比较:于麻醉

开始前(T1)、机械通气 1h(T2)及麻醉结束拔管后 30 min(T3)三个时间点抽动脉血进行血气分析计算氧合指数(oxygen index, OI),记录术中呼吸参数中的驱动压、气道峰压、平台压、PEEP;④记录 PPCs 严重程度分级(主要由 PPCs 的严重程度分级量表^[10,11]进行评估)以及 Clavien-Dindo 分级,住院时间以及 30 天内死亡等相关信息。

1.4 统计学方法 使用 SPSS 26.0 软件进行数据

分析。符合正态分布的定量资料使用均数±标准差来表示,并采用独立样本 *t* 检验来比较组间数据。不符合正态分布的定量资料使用 M(P25, P75) 来表示,并采用 Mann-Whitney *U* 检验来比较组间数据。定性资料以例数(%)表示,采用卡方检验来比较组间差异。重复测量资料使用重复测量方差分析来比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组术中情况比较 两组麻醉时间、手术时间、舒芬太尼、顺式阿曲库铵用量、术中晶体液及胶体液使用量、出血量以及尿量比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.2 两组患者术后 7 天内 PPCs 发生情况比较 术后 7 天内两组中共有 59 例患者发生 PPCs,两组均未发生气胸、胸腔积液及吸入性肺炎。其中 C 组

37 例(28.5%),LP 组 22 例(16.9%),组间比较差异有统计学意义($\chi^2 = 4.933, P = 0.030$)。见表 3。

2.3 两组呼吸参数比较 在 T2 时间点,LP 组 OI 明显大于 C 组,差异有统计学意义($P < 0.001$),T1 及 T3 时间点的 OI 组间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。LP 组中的气道峰压大于 C 组,而驱动压及平台压小于 C 组,差异均有统计学意义($P < 0.001$)。见表 4。

2.4 两组 PPCs 严重程度比较 LP 组中分级为 I 级的患者人数明显少于 C 组,组间差异有统计学意义($P < 0.001$)。两组间其余 PPCs 严重程度分级和 Clavien-Dindo 并发症各分级情况比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 5。两组 30 天内均无死亡病例。

表 2 两组术中资料比较

临床资料	C 组 ($n = 130$)	LP 组 ($n = 130$)	统计量	<i>P</i>	
麻醉时间 (min)	205.7±22.3	214.1±25.8	$t = -0.697$	0.410	
手术时间 (min)	175.9±19.2	184.4±24.1	$t = -0.990$	0.296	
麻醉药物	舒芬太尼 (μg)	29.5±2.5	28.8±2.0	$t = 1.262$	0.262
	顺式阿曲库铵 (mg)	14.0±1.4	14.0±1.7	$t = 0.015$	0.903
术中入量	晶体使用量 (ml)	1109±221.9	1136.9±215.2	$t = -0.473$	0.636
	胶体使用量 (ml)	500 (0, 500)	500 (500, 500)	$Z = 1.368$	0.171
尿量 (ml)	289.6±28.4	310.5±26.3	$t = -0.876$	0.323	
出血量 (ml)	182.7±23.5	188.5±25.4	$t = -0.423$	0.682	

表 3 两组术后 7 天内 PPCs 比较 [$n(\%)$]

组别	呼吸道感染	肺不张	支气管痉挛	呼吸衰竭
C 组 ($n = 130$)	27 (20.8)	3 (2.3)	5 (3.8)	2 (1.5)
LP 组 ($n = 130$)	17 (13.1)	2 (1.5)	2 (1.5)	1 (0.8)
χ^2	2.736	0.204	1.321	0.337
<i>P</i>	0.103	0.654	0.268	0.569

表 4 两组呼吸参数比较

指标	C 组 ($n = 130$)	LP 组 ($n = 130$)	统计量	<i>P</i>	
OI (mmHg)	T1	398.7±32.2	401.1±28.8	$t = -0.412$	0.680
	T2	477.0±20.2	528.7±22.6	$t = -3.491$	<0.001
	T3	498.3±27.3	503.9±19.4	$t = -0.380$	0.700
T2 呼吸参数 (cmH ₂ O)	驱动压	13 (12, 14)	9 (8, 10)	$Z = -12.700$	<0.001
	气道峰压	15.8±1.8	17.0±1.8	$t = -5.484$	<0.001
	平台压	14.5±2.8	12.3±3.2	$t = -4.583$	<0.001
	PEEP	0	6 (6, 8)		

表 5 两组 PPCs 严重程度比较

项目		C 组 (n = 130)	LP 组 (n = 130)	统计量	P
PPCs 严重程度分级 [n(%)]	1 级	26 (20)	7 (5.4)	$\chi^2 = 12.530$	<0.001
	2 级	10 (7.6)	13 (10)	$\chi^2 = 0.429$	0.550
	3 级	1 (0.8)	2 (1.5)	$\chi^2 = 0.337$	0.569
	≥ 3 级	0	0		
Clavien-Dindo 并发症分级 [n(%)]	0 级	89 (68.5)	92 (70.8)	$\chi^2 = 0.164$	0.686
	I 级	34 (26.2)	27 (20.8)	$\chi^2 = 1.050$	0.308
	II 级	6 (4.6)	11 (8.5)	$\chi^2 = 1.573$	0.218
	III a 级	0	0		
	III b 级	1 (0.8)	0	$\chi^2 = 1.004$	0.500
	≥ III 级	0	0		
住院时间(天)		25.9±2.5	25.7±2.7	<i>t</i> = 0.271	0.786

3 讨论

创伤患者是 PPCs 的高危患病人群,研究表明创伤患者肺部感染的发生率达 8% ~ 50%^[12],这类患者还可能合并多种危险因素,包括贫血、低蛋白血症、骨折、误吸、休克及多发伤等。在后期进行骨折手术治疗时,若再合并手术应激和机械通气,更易引起患者体内相关炎性介质升高,产生复杂的炎症级联^[13],进而导致创伤性急性肺损伤,其后进一步发展为创伤相关性 ARDS,增加 PPCs 的发生。本研究在术中运用 LPVS,降低了创伤患者 PPCs 的发生率。

本试验中 LP 组使用的 LPVS 包括低潮气量、驱动压滴定的 PEEP 以及间歇性容量控制肺复张。在传统观念中,高潮气量(≥ 10 ml/kg)不仅可以确保术中氧合维持,而且还可以预防术后出现肺不张的发生。但近年来大量的试验和临床研究并不赞同此观点,研究者认为传统大潮气量机械通气方式会促发显著的炎性反应,引发呼吸机相关性肺损伤^[14]。GU 等^[15]的 Meta 分析表明潮气量在 5 ~ 8 ml/kg 的肺保护性通气能改善术后肺损伤,减少术后肺部感染。本研究中采用低潮气量(6 ~ 8 ml/kg)进行通气的 LP 组,其 PPCs 的发生情况较 C 组(潮气量为 8 ~ 10 ml/kg)显著减少。这可能提示术中低潮气量的应用可减少创伤患者在全麻机械通气过程中呼吸机相关性肺损伤的发生,降低 PPCs 的发生率,改善患者预后,降低死亡率。

单独使用低潮气量会导致肺不张,如何设置适宜的 PEEP,成为了本研究 LP 组的另一个关键点。有研究表明固定的 PEEP 水平可能不是最好的通气策略,甚至可能导致肺损伤的增加^[16]。目前个体化 PEEP 的设置成为研究者们研究热点,它不仅可以改善机械通气患者的氧合,还能减少 PPCs 的

生。Amato^[17]等在对于 ARDS 患者中的 Meta 分析研究中首次引入了驱动压这个概念,驱动压是使肺泡扩张所需要的压力,高驱动压被认为是正压通气期间肺损伤的关键指标。Mathis 等^[18]的研究中也证实了驱动压 < 16 cmH₂O 可以降低 PPCs 的发生风险。同时还有研究认为使用驱动压最小值指导 PEEP 的设定,与减少 PPCs 和死亡率显著相关^[19,20]。本研究基于驱动压调控 PEEP,使肺部的顺应性增强,有利于肺表面活性物质的分布,减少呼吸机相关性肺损伤。利用驱动压滴定 PEEP 可能有利于个体化 LPVS 的实施,通过调节 PEEP 使驱动压维持在最低的状态,从而改善术中氧合,减少 PPCs 的发生。驱动压被认为是 PPCs 的最佳预测因子,将驱动压控制在相对安全的范围是指导通气策略的新目标。

间歇性容量控制肺复张也是 LP 组的重要补充部分。一项腹腔镜结直肠手术的研究比较了序贯和随机肺复张对肺保护通气的影响,结果显示对腹腔镜结直肠无肺部疾病的患者进行肺复张能够改善肺保护性通气的驱动压和肺功能^[14]。根据 2019 年发布的手术患者低潮气量肺保护策略国际专家组制定的推荐规范,在麻醉诱导阶段和整个手术过程中,都可以采用肺复张策略来改善患者的肺顺应性和氧合水平^[8]。本试验结果表明术中的 OI 差异有统计学意义,这可能与肺复张有一定关系,肺复张能够改善患者术后氧合功能,减少患者 PPCs 及苏醒期低氧血症的发生,其原因为 RM 的应用能够复张更多的萎缩肺泡,同时与 PEEP 有机结合能够预防呼气末肺泡凹陷,改善氧合功能障碍。

本研究对比两组术后 7 天内 PPCs 的发生,主要以呼吸道感染为主且 LP 组中明显低于 C 组,提示 LPVS 在创伤患者手术中可以降低患者 PPCs 的

发生。值得注意的是,LPVS 已被证明可显著降低呼吸机相关性肺损伤的发生率、改善氧合和改善患者预后。Ladh 的一项研究^[21]也表明,实施 LPVS 与减少 PPCs、呼吸衰竭和再次插管需求之间存在密切联系。在 PPCs 严重程度分级中,Ⅰ级的发生率 LP 组明显低于 C 组,而Ⅱ级及以上的分级中,LP 组略高于 C 组。可能原因为:与手术类型中骨盆骨折手术与胸腰椎骨折手术在两组中分配不均相关,这两类手术在术前必须严格卧床,容易造成坠积性肺炎的发生,并且手术时间长,通常失血量较其他手术大,增加了 PPCs 的风险以及严重程度分级。本研究结果也同样证实 LP 组 PPCs 中每一项比 C 组中的发生率有所下降,呼吸参数也有一定的改善,这与肺保护性通气策略的应用有着密不可分的联系。

同时本研究存在一定的局限性:①本研究采用了单盲方式,对于麻醉医生未设盲,但是研究结局定义明确,并且结果是有由盲性评估者进行评估的。②本研究为单中心小样本量研究,并且研究对象相对单一,研究结果对于创伤胸腹部损伤相关手术的临床意义有限,需要更大样本的多中心临床研究来进一步探索 LPVS 对非颅脑创伤手术患者 PPCs 的影响。③本试验对于患者胸片未系统性评估,研究团队认为有临床指证时才行胸部 X 射线片,且没有系统评估,但这一限制对两组影响是一样的。④本研究观察指标中未收集患者术后疼痛评分,两组术中采用了相同镇痛药物,术后采用相同的静脉镇痛方案,减少了可能由于镇痛不足影响最终的试验结果。

综上所述,与传统通气模式相比,对于非颅脑创伤骨折患者在术中使用肺保护性通气策略可以降低 PPCs 发生率,改善术中氧合,值得临床推广。

【参考文献】

[1] Galbraith CM, Wagener BM, Chalkias A, et al. Massive trauma and resuscitation strategies [J]. *Anesthesiol Clin* 2023, 41: 283-301.

[2] Guo Z, Zhao F, Wang Y, et al. Intensive care unit resource utilization after hip fracture surgery in elderly patients: risk factor identification and risk stratification [J]. *Orthopedics*, 2020, 43 (3): e159-e165.

[3] Piran P, Stevens RD. Lung-protective ventilation and adjunctive strategies to manage respiratory failure: are they safe in the neurological patient [J]? *Curr Opin Crit Care*, 2021, 27: 115-119.

[4] Spinelli E, Carlesso E, Mauri T. Extracorporeal support to achieve lung-protective and diaphragm-protective ventilation [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2020, 26: 66-72.

[5] Lentz S, Roginski MA, Montrieff T, et al. Initial emergency department mechanical ventilation strategies for COVID-19 hypoxemic respiratory failure and ARDS [J]. *Am J Emerg Med* 2020, 38: 2194-2202.

[6] Liu YQ. Management strategy of lung protection in patients with in-

tra-abdominal infection [J]. *Chinese journal of gastrointestinal surgery* 2020, 23: 1032-1035.

[7] 王天佑, 李单青, 崔永, 等. 胸外科围手术期肺保护中国专家共识(2019 版)[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2019, 26 (9): 835-842.

[8] 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.

[9] Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial [J]. *Anesthesiology*, 2019, 130 (3): 385-393.

[10] Kroenke K, Lawrence VA, Theroux JF, et al. Operative risk in patients with severe obstructive pulmonary disease [J]. *Arch Intern Med*, 1992, 152 (5): 967-971.

[11] Hulzebos EH, Helder PJ, Favié NJ, et al. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial [J]. *JAMA*. 2006, 296(15): 1851-1857.

[12] Hu PJ, Pittet JF, Kerby JD, et al. Acute brain trauma, lung injury, and pneumonia: more than just altered mental status and decreased airway protection [J]. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 2017, 313(1): L1-L15.

[13] Li R, Ye JJ, Gan L, et al. Traumatic inflammatory response: pathophysiological role and clinical value of cytokines[J/OL]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 10. 1007/s00068-023-02388-5. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00068-023-02388-5>.

[14] 王晓霞, 黄太满, 郭志鹏, 等. 序贯肺复张后肺保护性通气在腹腔镜结肠手术中对呼吸力学和预后的影响[J]. *临床麻醉学杂志*, 2021, 39(3): 257-261.

[15] Gu WJ, Wang F, Liu JC. Effect of lung-protective ventilation with lower tidal volumes on clinical outcomes among patients undergoing surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *CMAJ*. 2015, 187(3): E101-E109.

[16] Guldner A, Kiss T, Serpa NA, et al. 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 [J]. *Anesthesiology*, 2015, 123(3): 692-713.

[17] Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving Pressure and Survival in the Acute Respiratory Distress Syndrome [J]. *New England Journal Of Medicine*, 2015, 372(8): 747-755.

[18] Mathis MR, Duggal NM, Likosky DS, et al. Intraoperative mechanical ventilation and postoperative pulmonary complications after cardiac surgery. *Anesthesiology*, 2019, 131(5): 1046-1062.

[19] Mini G, Ray BR, Anand RK, et al. Effect of driving pressure-guided positive end-expiratory pressure (PEEP) titration on postoperative lung atelectasis in adult patients undergoing elective major abdominal surgery: A randomized controlled trial [J]. *Surgery*, 2021, 170(1): 277-283.

[20] Battaglini D, Ball L, Wittenstein J, et al. PEEP in thoracic anesthesia: pros and cons [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2021, 87(2): 223-229.

[21] Ladh K, Vidal Melo MF, McLean DJ, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation and risk of postoperative respiratory complications: hospital based registry study [J]. *BMJ*, 2015, 351:3646.

(收稿日期:2024-06-05;修回日期:2024-08-22)

(本文编辑:侯晓林)