

· 论著 ·

# 肺开放通气策略对腹腔镜结直肠癌手术中氧合障碍的影响

李宏 郭婧 王凯 张南荣 郑志楠 靳三庆

中山大学附属第六医院麻醉科, 广州 510655

通信作者: 靳三庆, Email: sanqingjin@hotmail.com



扫码阅读电子版

**【摘要】** 目的 腹腔镜结直肠癌手术全身麻醉机械通气后,约90%的患者会出现不同程度的肺不张。本研究拟验证,在腹腔镜手术中小潮气量机械通气期间,应用间歇肺复张手法(RM)联合中等水平呼气末正压(PEEP)构成的肺开放策略(OLS)可减少肺不张,从而减少术中氧合障碍的发生这一推测,为腹腔镜结直肠癌手术提供更优的术中机械通气方案。**方法** 本研究采用前瞻性随机对照研究方法,研究方案经中山大学附属第六医院伦理委员会的批准(审批号:2017ZSLYEC-002),并在ClinicalTrials.gov上进行注册(注册号:NCT03160144)。研究纳入2017年1—7月间,接受结直肠癌腹腔镜手术、年龄>40岁、预计气腹时间 $\geq 1.5$  h、脉搏氧饱和度( $SpO_2$ ) $\geq 92\%$ 以及术后肺部并发症风险分级 $\geq 2$ 级的患者,排除美国麻醉医师协会分级 $\geq IV$ 级、近1个月内有肺炎、急性呼吸衰竭或脓毒血症史、体质指数 $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>、有严重慢性阻塞性肺疾病、肺大泡和进行性神经肌肉疾病以及参与了其他干预性临床研究的患者。随机(1:1)分入OLS组(机械通气期间PEEP设为8 cmH<sub>2</sub>O并间歇给予RM)或NOLS组(机械通气期间不给予OLS)。气腹后0.5 h( $T_1$ )、1.5 h( $T_2$ )及入复苏室后20 min分别行动脉、中心静脉血气分析,计算动脉血氧分压/吸入氧浓度( $PaO_2/FiO_2$ )和分流率( $Q_s/Q_T$ ),并根据监护数据计算气腹前即刻( $T_0$ )和 $T_2$ 时的呼吸驱动压。主要结局事件是术中机械通气期间发生的氧合障碍( $PaO_2/FiO_2 \leq 300$  mmHg)。**结果** 96例在全身麻醉小潮气量机械通气下行手术的患者被纳入分析(每组48例)。机械通气时,氧合障碍累计发生率OLS组14.6%(7/48),NOLS组35.4%(17/48),两组比较差异有统计学意义( $\chi^2=5.556$ , RR=0.31, 95% CI: 0.12~0.84,  $P=0.033$ )。机械通气期间,OLS组 $PaO_2/FiO_2$ 高于NOLS组 [ $T_1$ 时, (427 $\pm$ 103) mmHg 比 (366 $\pm$ 109) mmHg,  $t=-2.826$ ,  $P=0.006$ ;  $T_2$ 时, (453 $\pm$ 103) mmHg 比 (388 $\pm$ 122) mmHg,  $t=-2.739$ ,  $P=0.007$ ]; OLS组呼吸驱动压 [ $T_0$ 时, (6 $\pm$ 3) cmH<sub>2</sub>O 比 (10 $\pm$ 2) cmH<sub>2</sub>O,  $t=7.421$ ,  $P<0.001$ ;  $T_2$ 时, (13 $\pm$ 3) cmH<sub>2</sub>O 比 (17 $\pm$ 4) cmH<sub>2</sub>O,  $t=5.417$ ,  $P<0.001$ ] 和  $Q_s/Q_T$  低于NOLS组 [ $T_1$ 时, (9.2 $\pm$ 6.5)% 比 (12.6 $\pm$ 7.7)%,  $t=2.322$ ,  $P=0.022$ ;  $T_2$ 时, (7.0 $\pm$ 5.8)% 比 (10.9 $\pm$ 9.2)%,  $t=2.408$ ,  $P=0.019$ ]; 差异均有统计学意义。在复苏室,虽然OLS组比NOLS组 $PaO_2$ 较高, $Q_s/Q_T$ 较低,但差异无统计学意义(均 $P>0.05$ )。**结论** 腹腔镜结直肠癌手术麻醉小潮气量机械通气期间,应用这种OLS可减少术中氧合障碍的发生率,并可能持续至术后麻醉苏醒期。

**【关键词】** 结直肠肿瘤; 腹腔镜手术; 小潮气量机械通气; 肺开放策略; 氧合障碍

基金项目:广东省医学科研基金(A2017045)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.441530-20191209-00507

## Effect of open-lung ventilation strategy on oxygenation-impairment during laparoscopic colorectal cancer resection

Li Hong, Guo Jing, Wang Kai, Zhang Nanrong, Zheng Zhinan, Jin Sanqing

Department of Anesthesiology, the Sixth Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510655, China

Corresponding author: Jin Sanqing, Email: sanqingjin@hotmail.com

**【Abstract】 Objective** After general anesthesia and mechanical ventilation for laparoscopic colorectal cancer resection, about 90% of patients would have different degrees of atelectasis. Authors speculated that an open-lung strategy (OLS) comprising moderate positive end-expiratory pressure (PEEP) and intermittent recruitment maneuvers (RM) can reduce atelectrauma and thus reduce the incidence of oxygenation-impairment during low-tidal-volume ventilation for laparoscopic colorectal cancer resection.

The purpose of this study was to verify this hypothesis and provide a better intraoperative ventilation scheme for laparoscopic colorectal cancer resection. **Methods** This was a prospectively randomized controlled clinical trial which was approved by the Ethics Committee of the Sixth Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University (2017ZSLYEC-002), and registered at the ClinicalTrials.gov (NCT03160144). From January to July 2017, patients who underwent laparoscopic colorectal cancer resection, with age > 40 years, estimated pneumoperitoneum time  $\geq 1.5$  h, pulse oxygen saturation  $\geq 92\%$ , and risk grade for postoperative pulmonary complications  $\geq 2$  were prospectively enrolled. The patients with American Society of Anesthesiologists physical status  $\geq IV$ , body mass index  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>, pneumonia, acute respiratory failure or sepsis within 1 month, severe chronic obstructive pulmonary disease, pulmonary bullae and progressive neuromuscular diseases, and those participating in other interventional clinical trials were excluded. The enrolled patients were randomly assigned (1:1) to the OLS group (with a PEEP of 6-8 cm H<sub>2</sub>O and intermittent RM), and the NOLS group (without using PEEP and RM). Partial pressure of arterial oxygen (PaO<sub>2</sub>)/fraction of inspired oxygen (FiO<sub>2</sub>) and shunt fraction (Q<sub>s</sub>/Q<sub>T</sub>) were calculated via arterial and central venous blood gas analysis performed at 0.5 h (T<sub>1</sub>), 1.5 h (T<sub>2</sub>) after pneumoperitoneum induction and at 20 min after admission to the recovery room. Driving pressure immediately before pneumoperitoneum induction (T<sub>0</sub>) and at T<sub>2</sub> were calculated via monitoring data. The primary outcome was oxygenation-impairment (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>  $\leq 300$  mmHg) during mechanical ventilation. **Results** In each group, 48 patients under general anesthesia and low-tidal-volume ventilation were included in the final analysis. During ventilation, the oxygenation-impairment occurred in 7 patients (14.6%) of OLS group and in 17 patients (35.4%) of NOLS group, whose difference was statistically significant between two groups ( $\chi^2=5.556$ , RR=0.31, 95%CI: 0.12 to 0.84,  $P=0.033$ ). During ventilation, the patients in the OLS group had higher PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> [T<sub>1</sub>: (427 $\pm$ 103) mmHg vs. (366 $\pm$ 109) mmHg,  $t=-2.826$ ,  $P=0.006$ ; T<sub>2</sub>: (453 $\pm$ 103) mmHg vs. (388 $\pm$ 122) mmHg,  $t=-2.739$ ,  $P=0.007$ ], lower Q<sub>s</sub>/Q<sub>T</sub> [T<sub>1</sub>: (9.2 $\pm$ 6.5) % vs. (12.6 $\pm$ 7.7) %,  $t=2.322$ ,  $P=0.022$ ; T<sub>2</sub>: (7.0 $\pm$ 5.8)% vs. (10.9 $\pm$ 9.2)%,  $t=2.408$ ,  $P=0.019$ ], and lower driving pressure [T<sub>0</sub>: (6 $\pm$ 3) cm H<sub>2</sub>O vs. (10 $\pm$ 2) cm H<sub>2</sub>O,  $t=7.421$ ,  $P<0.001$ ; T<sub>2</sub>: (13 $\pm$ 3) cm H<sub>2</sub>O vs. (17 $\pm$ 4) cm H<sub>2</sub>O,  $t=5.417$ ,  $P<0.001$ ] than those in the NOLS group, with statistical differences in all comparisons. In recovery room, though PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> [(70.3 $\pm$ 9.4) mmHg vs. (66.8 $\pm$ 9.4) mmHg,  $P=0.082$ ] was still higher and Q<sub>s</sub>/Q<sub>T</sub> [(18.6 $\pm$ 8.3)% vs. (21.8 $\pm$ 8.4)%,  $P=0.070$ ] was still lower in the OLS group as compared to the NOLS group, the differences were not statistically significant (both  $P>0.05$ ). **Conclusion** The application of such an OLS during low-tidal-volume ventilation can greatly reduce the incidence of oxygenation-impairment in laparoscopic colorectal cancer resection, and such effect may last to the period of emergence from anesthesia.

**【Key words】** Colorectal neoplasms; Laparoscopic surgery; Low-tidal-volume ventilation; Open-lung strategy; Oxygenation-impairment

**Fund program:** Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province (A2017045)

DOI:10.3760/cma.j.issn.441530-20191209-00507

腹腔镜目前已广泛应用于结直肠癌手术中<sup>[1]</sup>。然而,该腹腔镜手术中存在诸多可诱发肺损伤的高危因素,主要包括全身麻醉机械通气后约 90% 的患者会出现不同程度的肺不张<sup>[2]</sup>;腹腔镜手术中气腹压力、头低体位可导致肺不张的形成<sup>[3]</sup>;临床通常采用的小潮气量机械通气模式以及为避免长时间 CO<sub>2</sub> 气腹所致高 CO<sub>2</sub> 血症而采取的高呼吸频率策略,可能会进一步加剧肺不张性损伤的形成和发展<sup>[4]</sup>。在急性肺损伤或成人呼吸窘迫综合征治疗中发展起来的肺开放策略(open-lung

strategy, OLS),对肺不张性损伤具有保护作用<sup>[5]</sup>。OLS 由肺复张手法(recruitment maneuvers, RM)和呼气末正压(positive end expiratory pressure, PEEP)两种策略构成,前者使不张的肺泡复张,后者维持肺泡的开放<sup>[5]</sup>。我们推测,在腹腔镜结直肠癌手术麻醉期间小潮气量机械通气时,应用间歇 RM 联合中等水平 PEEP 构成的 OLS 可减少肺不张性损伤,从而减少术中氧合障碍的发生。本研究拟验证这一假设,为腹腔镜结直肠癌手术提供更佳术中机械通气方案。

## 资料与方法

### 一、研究背景

本研究是一项大样本随机对照临床试验的子研究。研究方案通过了中山大学附属第六医院伦理委员会的审核和批准(审批号:2017ZSLYEC-002),并在 ClinicalTrials.gov 网站上进行了研究方案的注册(注册号:NCT03160144)。

### 二、研究对象

研究对象纳入标准:(1)2017年1—7月间,接受择期结直肠癌腹腔镜手术的患者;(2)年龄>40岁;(3)预计气腹时间 $\geq 1.5$  h;(4)脉搏氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>) $\geq 92\%$ ;(5)术后肺部并发症风险分级<sup>[6]</sup> $\geq 2$ 级。排除标准:(1)美国麻醉医师协会体质分级 $\geq IV$ 级;(2)近1个月内有肺炎、急性呼吸衰竭或脓毒血症史;(3)体质指数 $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>;(4)有严重慢性阻塞性肺疾病、肺大泡和进行性神经肌肉疾病;(5)参与了其他干预性临床研究。纳入研究的患者术中如出现严重外科并发症,或手术开始后快速中转开腹(气腹时间<1 h),或血气机故障未能获取术中的血气分析数据将被剔除研究。

中山大学附属第六医院 708 例择期行腹腔镜结直肠癌切除术的患者接受筛选,并有 100 例被纳入本研究。见图 1。入组患者被随机分入肺开放通气(OLS)组或非肺开放通气(NOLS)组,每组 50 例。

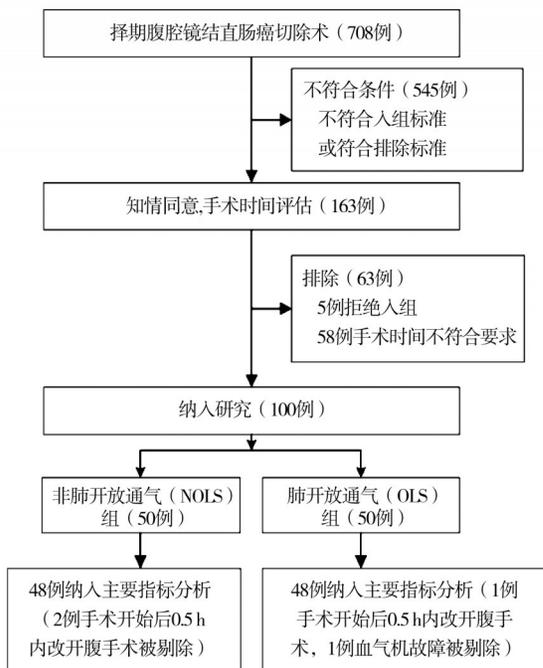


图1 研究对象选择流程图

随机序列由 SPSS 17.0 软件 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 产生,并由专人密封、保存和发放。进行分析的人员和患者对入组情况不知情。所有患者在随机入组前均签署了研究知情同意书。

### 二、干预措施和麻醉管理

所有患者均接受全身麻醉和按理想体质量计算的小潮气量(6~8 ml/kg)机械通气。气管插管成功后,OLS组立即给予患者一次RM再开始机械通气,并设置 PEEP 为 8 cmH<sub>2</sub>O,随后每 30 min 进行一次 RM 直至手术结束后拔出气管导管。NOLS组气管插管后开始机械通气,不予 RM 和 PEEP。其他麻醉及呼吸管理措施均一致。RM 根据文献<sup>[7]</sup>报道的潮气量递增法进行。

麻醉前,予常规监护及桡动脉穿刺测压。所有患者均置入中心静脉导管,术中以 10~12 ml·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> 的速率予液体治疗,保证血流动力学稳定。以咪达唑仑 0.02~0.04 mg/kg、异丙酚 1.5~2.0 mg/kg、芬太尼 3~4 μg/kg、顺阿曲库铵 0.2 mg/kg 静脉注射行麻醉诱导。以吸入七氟醚(1%~3%)、连续静脉泵注瑞芬太尼(0.05~0.15 μg·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)及异丙酚(1.0~6.0 mg·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>)维持麻醉,按时静脉追加顺阿曲库铵。麻醉诱导时,两组均采用 100% 的氧气预给氧 5 min。机械通气中调节氧浓度在 45% 左右,调整呼吸频率维持呼气末 CO<sub>2</sub> 在 30~50 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。机械通气时,如 SpO<sub>2</sub><92%,两组均以 10% 的氧浓度递增予以补救。术后拔出气管导管后常规放置口咽通气道送入麻醉复苏室。

### 三、观测点及其观测指标

麻醉诱导前(呼吸空气)进行动脉血气分析作为基础值,气腹后 0.5 h(T<sub>1</sub>)、1.5 h(T<sub>2</sub>)和入麻醉复苏室后 20 min(T<sub>4</sub>,自主呼吸空气 10 min 以上)分别用雷度 ABL 90 FLEX 血气分析仪(Radiometer Medical Aps, Denmark)进行动、静脉血气分析,并根据其结果和监护仪数据计算动脉血氧分压/吸入氧浓度(partial pressure of arterial oxygen/fraction of inspired oxygen, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)和分流率<sup>[8]</sup>[在病理情况下,病变肺泡无通气但仍有血流,流经该处的未氧合血与解剖分流的血液一起构成了肺内分流(Q<sub>s</sub>),Q<sub>s</sub>占机体总血流量(Q<sub>T</sub>)的比值即为分流率;shunt fraction, Q<sub>s</sub>/Q<sub>T</sub>]。根据监护仪数据计算气腹前即刻(T<sub>0</sub>)、T<sub>2</sub>(气腹开始后 1.5 h)、T<sub>3</sub>(停气腹后 10 min)时的呼吸驱动压、肺动态顺应性(dynamic compliance, C<sub>dyn</sub>)、肺静态顺应性(static compliance, C<sub>sta</sub>)。

主要结局指标是机械通气期间[ $T_1$ (气腹开始后 0.5 h)及 $T_2$ ]氧合障碍( $PaO_2/FiO_2 \leq 300$  mmHg)的累计发生率。次要结局指标包括:机械通气期间( $T_1$ 及 $T_2$ )和麻醉恢复室自主呼吸时( $T_4$ )的 $PaO_2$ 、 $PaO_2/FiO_2$ 、 $Q_s/Q_T$ 及机械通气期间( $T_0$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ )的肺顺应性( $C_{dyn}$ ,  $C_{sta}$ )和呼吸驱动压。

#### 四、样本量估算

研究者根据文献[9]报道的研究结果预估 NOLS 组术中氧合障碍发生率为 40%, OLS 组为 15%。在检验功效为 80%, 双侧检验,  $\alpha=0.05$  时, 根据公式计算出每组的样本量为 47 例, 考虑到有少量术中剔除者, 每组纳入 50 例病例。

#### 五、统计学方法

采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。计数资料用绝对数(发生率)描述, 并用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确

概率算法进行率的比较。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  或  $M(P_{25}, P_{75})$  描述, 根据正态性检验结果用  $t$  检验或 Mann-Whitney  $U$  检验进行比较。双侧  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、两组一般情况的比较

OLS 组剔除 1 例因血气分析仪故障和 1 例手术开始后改为开腹手术者, NOLS 组剔除 2 例手术开始后改为开腹手术者, 最终每组各有 48 例患者纳入分析。见图 1。OLS 组 RM 次数的中位数为 7。术中未发现任何患者出现气胸及需提高吸入氧浓度补救治疗, 其他 OLS 相关并发症(缩血管药物需求, 可能有低血压)两组间比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

表 1 非肺开放通气(NOLS)组与肺开放通气(OLS)组患者术前和术中一般资料的比较

观察指标	OLS 组 (48 例)	NOLS 组 (48 例)	统计值	P 值
术前				
男性[例(%)]	35(72.9)	31(64.6)	$\chi^2=0.776$	0.509
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	70.3 $\pm$ 6.3	70.8 $\pm$ 5.7	$t=0.352$	0.725
未戒烟[例(%)]	6(12.5)	9(18.8)	$\chi^2=0.711$	0.575
期望体质量(kg, $\bar{x} \pm s$ )	58.7 $\pm$ 9.4	57.0 $\pm$ 7.9	$t=-0.954$	0.342
美国麻醉医师协会分级[II 级/III 级, 例(%)]	30(62.5)/18(37.5)	36(75.0)/12(25.0)	$\chi^2=1.745$	0.271
纽约心脏病协会心功能分级[1 级/2 级, 例(%)]	4(8.3)/44(91.7)	2(4.2)/46(95.8)	-	0.677
术后肺部并发症危险因素分级[2 级/3 级, 例(%)]	47(97.9)/1(2.1)	46(95.8)/2(4.2)	-	1.000
脉搏氧饱和度[%, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	96(96, 97)	97(96, 97)	$Z=-1.891$	0.062
慢性阻塞性肺气肿[例(%)]	2(4.2)	1(2.1)	-	1.000
血红蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$ )	116.6 $\pm$ 18.2	121.0 $\pm$ 17.1	$t=1.205$	0.231
术中				
潮气量(ml/kg 期望体质量, $\bar{x} \pm s$ )				
气腹前即刻	7.43 $\pm$ 0.64	7.52 $\pm$ 0.50	$t=0.756$	0.452
气腹开始后 1.5 h	6.87 $\pm$ 0.74	7.11 $\pm$ 0.69	$t=1.621$	0.109
呼气末正压[cmH <sub>2</sub> O, $M(P_{25}, P_{75})$ ]				
气腹前即刻	8(8, 8)	0(0, 0)	$Z=-8.960$	<0.001
气腹开始后 1.5 h	8(6, 8)	0(0, 0)	$Z=-8.960$	<0.001
吸入氧浓度[%, $M(P_{25}, P_{75})$ ]				
气腹前即刻	45(45, 46)	45(45, 45)	$Z=-1.457$	0.146
气腹开始后 1.5 h	45(45, 45)	45(44, 45)	$Z=-1.047$	0.300
呼吸频率[次/min, $M(P_{25}, P_{75})$ ]				
气腹前即刻	12(12, 12)	12(12, 12)	$Z=-2.184$	0.053
气腹开始后 1.5 h	18(16, 18)	18(16, 18)	$Z=-0.831$	0.409
机械通气时间(min, $\bar{x} \pm s$ )				
气腹前即刻	234 $\pm$ 68	233 $\pm$ 90	$t=-0.049$	0.961
气腹开始后 1.5 h	11(11, 12)	11(11, 12)	$Z=-0.866$	0.392
尿量[ml, $M(P_{25}, P_{75})$ ]				
气腹前即刻	500(300, 650)	500(300, 775)	$Z=-0.340$	0.737
气腹开始后 1.5 h	50(50, 100)	50(50, 100)	$Z=-0.120$	0.908
输液量(ml, $\bar{x} \pm s$ )				
气腹前即刻	3 171 $\pm$ 665	3 044 $\pm$ 749	$t=-0.872$	0.385
气腹开始后 1.5 h	10(20.8)	4(8.3)	-	0.148
可能有害低血压 <sup>b</sup> [例(%)]				
气腹前即刻	6(12.5)	2(4.2)	-	0.269

注:<sup>a</sup>平均动脉压 $\leq 55$  mmHg 或平均动脉压 $< 65$  mmHg, 根据主管麻醉医生判断, 需要并使用了缩血管药物;<sup>b</sup>平均动脉压 $\leq 55$  mmHg 持续时间超过 1 min;“采用 Fisher 精确概率法检验;“-”表示无数据

二、两组机械通气期间观测指标的比较

机械通气时,氧合障碍累计发生率 OLS 组 14.6%(7/48),NOLS 组 35.4%(17/48),两组比较差异有统计学意义( $\chi^2=5.556, RR=0.31, 95\% CI: 0.12\sim 0.84, P=0.033$ )。

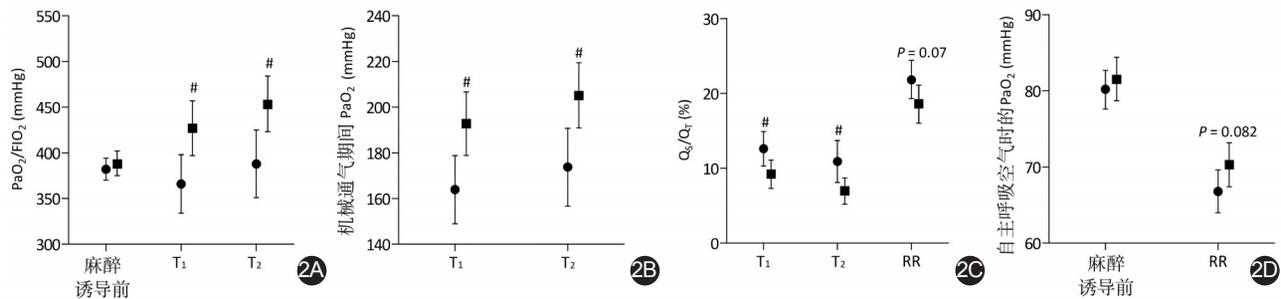
机械通气期间,  $T_0$ 、 $T_2$  和  $T_3$  时, OLS 组呼吸驱动压低于 NOLS 组(均  $P<0.001$ ), 见表 2。OLS 组  $PaO_2/FiO_2$  高于 NOLS 组 [ $T_1$  时,  $(427\pm 103)$  mmHg 比  $(366\pm 109)$  mmHg,  $t=-2.826, P=0.006$ ;  $T_2$  时,  $(453\pm 103)$  mmHg 比  $(388\pm 122)$  mmHg,  $t=-2.739, P=0.007$ ], 差异均有统计学意义, 见图 2A; 机械通气期间, OLS 组  $PaO_2$  高于

NOLS 组 [ $T_1$  时,  $(164\pm 51)$  mmHg 比  $(193\pm 48)$  mmHg,  $t=-2.860, P=0.005$ ;  $T_2$  时,  $(174\pm 56)$  mmHg 比  $(205\pm 48)$  mmHg,  $t=-2.855, P=0.005$ ], 差异均有统计学意义, 见图 2B; OLS 组  $Q_s/Q_T$  低于 NOLS 组 [ $T_1$  时,  $(9.2\pm 6.5)\%$  比  $(12.6\pm 7.7)\%$ ,  $t=2.322, P=0.022$ ;  $T_2$  时,  $(7.0\pm 5.8)\%$  比  $(10.9\pm 9.2)\%$ ,  $t=2.408, P=0.019$ ]; 差异均有统计学意义, 见图 2C。在复苏室, OLS 组  $PaO_2$  相对于 NOLS 组偏高 [ $(70.3\pm 9.4)$  mmHg 比  $(66.8\pm 9.4)$  mmHg,  $t=-0.720, P=0.082$ ], 但差异无统计学意义, 见图 2D;  $Q_s/Q_T$  相对于 NOLS 组偏低 [ $(18.6\pm 8.3)\%$  比  $(21.8\pm 8.4)\%$ ,  $t=1.837, P=0.070$ ], 差异也无统计学意义, 见图 2C。

表 2 非肺开放通气(NOLS)组与肺开放通气(OLS)组患者术中呼吸力学特征变化的比较( $\bar{x}\pm s$ )

观察指标	NOLS 组 (48 例)	OLS 组 (48 例)	统计值	P 值
气腹前即刻(cmH <sub>2</sub> O)				
气道峰压	13±2	16±2	$t=-7.968$	<0.001
气道平台压	11±2	14±2	$t=-7.756$	<0.001
呼吸驱动压 <sup>a</sup>	10±2	6±3	$t=7.421$	<0.001
顺应性(ml/cmH <sub>2</sub> O) <sup>b</sup>				
动态	35.4±7.1	51.4±13.9	$t=-7.020$	<0.001
静态	44.3±10.7	75.9±28.7	$t=-7.059$	<0.001
气腹开始后 1.5 h(cmH <sub>2</sub> O)				
气道峰压	20±4	23±3	$t=-4.191$	<0.001
气道平台压	17±4	20±3	$t=-4.095$	<0.001
呼吸驱动压	17±4	13±3	$t=5.417$	<0.001
顺应性(ml/cmH <sub>2</sub> O)				
动态	21.5±5.4	27.2±7.9	$t=-3.957$	<0.001
静态	25.9±7.8	35.3±13.4	$t=-3.979$	<0.001
停气腹后 10 min(cmH <sub>2</sub> O)				
气道峰压	16±3	18±2	$t=-4.884$	<0.001
气道平台压	13±2	15±2	$t=-5.099$	<0.001
呼吸驱动压	12±2	7±2	$t=11.525$	<0.001
顺应性(ml/cmH <sub>2</sub> O)				
动态	27.7±6.0	41.3±9.8	$t=-8.083$	<0.001
静态	34.2±8.5	58.3±18.6	$t=-8.028$	<0.001

注:<sup>a</sup>呼吸驱动压=气道平台压-呼气末正压;<sup>b</sup>动态顺应性=潮气量/(气道峰压-呼气末正压);静态顺应性=潮气量/(气道平台压-呼气末正压)



注:●为 NOLS 组, ■为 OLS 组;  $T_1$  为气腹开始后 0.5 h;  $T_2$  为气腹开始后 1.5 h; RR 为入复苏室后 20 min; 点代表均数, 误差线代表 95% CI; 组间比较为  $t$  检验, #表示  $P<0.05$

图 2 非肺开放通气(NOLS)组与肺开放通气(OLS)组患者术中及麻醉复苏室氧合功能状态变化的比较 2A. 动脉氧分压/吸入氧浓度( $PaO_2/FiO_2$ ); 2B. 机械通气期间的氧分压( $PaO_2$ ); 2C. 分流率( $Q_s/Q_T$ ); 2D. 麻醉前和麻醉复苏室自主呼吸空气时的氧分压( $PaO_2$ )

## 讨 论

本研究发现,在腹腔镜结直肠癌手术麻醉中,小潮气量机械通气期间,应用这种 OLS 可降低术中氧合障碍的发生率,也可减少肺内分流率,降低呼吸驱动压并改善肺的顺应性。

术中机械通气策略对患者呼吸功能和术后并发症的影响,是近年来围手术期医学研究的热点<sup>[10-11]</sup>。氧合是肺脏最重要的功能。 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  比值是评价氧合状态的常用指标,它常被用于区分肺疾病的严重程度和预测急性肺损伤/成人呼吸窘迫综合征的预后,而  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300 \text{ mmHg}$  是急性肺损伤的诊断标准之一<sup>[12]</sup>。本研究中, NOLS 组 35.4% 的患者在术中机械通气期间存在氧合障碍,这一结果证实了我们的推测:该类型手术中患者存在着不同程度的肺不张性损伤,其发生率与我们的预期比较接近。这提示,对于手术后肺部并发症危险因素分级为中、高危的患者,术中机械通气的管理值得临床医生高度重视。OLS 组氧合障碍的发生率为 14.6%,说明这种 OLS 可明显减轻该类手术中肺不张性损伤及其氧合障碍的发生。

呼吸系统管理是加速康复外科 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 的重要环节<sup>[13]</sup>。肺保护性通气是 ERAS 术中呼吸管理措施的核心项目<sup>[14]</sup>。而 OLS 是肺保护通气的核心措施之一<sup>[15]</sup>。然而,现有研究结论及专家共识对术中 OLS 的应用仍未达成一致意见,且无详细建议,因而探索合理的术中 OLS 仍然是目前 ERAS 的重要内容之一。本研究结果提示,腹腔镜结直肠癌手术麻醉期间,小潮气量机械通气时联合应用这种 OLS 的优势,其可为该类手术 ERAS 的术中呼吸管理策略提供重要参考。

肺不张、肺水肿等病理情况下,病变肺泡无通气,但仍有血流,流经该处的未氧合血与解剖分流的血液一起构成了肺内分流 ( $Q_s$ )。 $Q_s$  占机体总血流量 ( $Q_T$ ) 的比值即为分流率 ( $Q_s/Q_T$ )。当  $Q_s/Q_T$  过大时,将引起通气/血流比例失调,从而导致低氧血症。本研究中,相对于 NOLS 组, OLS 组机械通气时  $Q_s/Q_T$  更低,  $\text{PaO}_2$  与  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  则更高。这提示,应用 OLS 后,患者的肺不张程度明显降低,有效气体交换面积增加,因而分流率降低、氧合得以改善;既往的研究也佐证了这一判断<sup>[16-17]</sup>。本研究 and 类似研究中, OLS 组或个体化 PEEP 组相对于对照组,呼吸驱动压均有所下降,提示 OLS 或个体化 PEEP 在小潮气量机

械通气期间降低呼吸驱动压的作用是肯定的<sup>[4,17]</sup>。最新文献提示,呼吸驱动压的降低与更好的临床预后相关<sup>[18]</sup>。本研究中, OLS 组机械通气时的呼吸驱动压明显低于 NOLS 组,提示 OLS 可能具有改善临床预后的作用。

高气道压 (气道峰压、平台压) 是腹腔镜结直肠癌手术中经常出现的呼吸管理难题。本研究中, OLS 组的气道压较高,但呼吸驱动压较低,氧合状态较好。这提示,在腹腔镜结直肠癌手术中,气道压较高时,我们需考虑呼吸驱动压的变化。如气道压较高而呼吸驱动压不高 (如  $< 13 \text{ cmH}_2\text{O}$ ), 则不予过多顾虑<sup>[18]</sup>; 如气道压较高,呼吸驱动压也高 (如  $> 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ ), 则提示当前呼吸功能受到了较大影响,需加强肺功能的保护。

本研究中,相对于 NOLS 组患者,复苏室中 OLS 组患者  $\text{PaO}_2$  有增高的趋势,而  $Q_s/Q_T$  有降低的趋势,但两组差异均无统计学意义,可能与样本量较少有关。这提示 OLS 对氧合的改善作用可能持续至术后早期。类似的研究也间接地支持这一结论,研究发现,个体化 OLS (或单纯中度 PEEP) 可降低术后肺不张面积<sup>[4,19]</sup>。然而,也有研究发现,个体化 OLS 在气管拔管后的获益并不持续,这可能与该研究人群为肥胖患者以及对照组使用低 PEEP ( $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) 有关<sup>[20]</sup>。

本研究中,两组的 OLS 相关并发症的发生率差异无统计学意义,提示本研究所采用的 OLS 是相对安全的。然而, OLS 特别是 RM 对血压可能仍有短暂的影响,尤其是在患者处于血流动力学不稳定状态时<sup>[6]</sup>。虽然这种影响是短暂的,但在临床应用时仍需严密观察,特别是对于有心脑血管疾病的患者。

本研究未测量肺不张面积。一方面,本研究样本量较大,应用 CT 测量患者肺不张的面积可行性较低;另一方面,肺不张面积与临床预后之间的关系并未形成共识,肺不张的测量意义有限<sup>[21]</sup>。尽管如此,本研究中分流率的变化也间接反映了肺不张面积的差异。

综上所述,在腹腔镜结直肠癌手术麻醉期间,小潮气量机械通气时应用这种 OLS 可减少术中氧合障碍的发生,这种作用可能持续至术后麻醉复苏阶段。本研究结果提示,在腹腔镜结直肠癌手术的呼吸管理中,常规的小潮气量机械通气联合应用这种 OLS 具有一定优势。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] 蔡建,王磊. 回眸 2018——聚焦结直肠癌研究领域[J]. 中华胃肠外科杂志, 2019, 22(1):9-16. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2019.01.002.
- [2] Rothen HU, Sporre B, Engberg G, et al. Prevention of atelectasis during general anaesthesia[J]. Lancet, 1995, 345(8962):1387-1391. DOI: 10.1016/s0140-6736(95)92595-3.
- [3] Andersson LE, Baath M, Thorne A, et al. Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography [J]. Anesthesiology, 2005, 102(2):293-299. DOI: 10.1097/0000542-200502000-00009.
- [4] Pereira SM, Tucci MR, Morais C, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis [J]. Anesthesiology, 2018, 129(6):1070-1081. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002435.
- [5] Lu J, Wang X, Chen M, et al. An open lung strategy in the management of acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis[J]. Shock, 2017, 48(1):43-53. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000822.
- [6] Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery [J]. N Engl J Med, 2013, 369(5):428-437. DOI: 10.1056/NEJMoa1301082.
- [7] 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. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000754.
- [8] Kar P, Durga P, Gopinath R. The effect of epidural dexmedetomidine on oxygenation and shunt fraction in patients undergoing thoracotomy and one lung ventilation: a randomized controlled study[J]. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2016, 32(4):458-464. DOI: 10.4103/0970-9185.194771.
- [9] Hemmes SN, Gama DAM, Pelosi P, et al. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial [J]. Lancet, 2014, 384(9942):495-503. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60416-5.
- [10] Guay J, Ochroch EA, Kopp S. Intraoperative use of low volume ventilation to decrease postoperative mortality, mechanical ventilation, lengths of stay and lung injury in adults without acute lung injury [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2018, 7: D11151. DOI: 10.1002/14651858.CD011151.pub3.
- [11] 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. DOI: 10.1016/j.bja.2019.08.017.
- [12] Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition [J]. JAMA, 2012, 307(23):2526-2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
- [13] 广东省医师协会加速康复外科医师分会. 岭南结直肠外科手术麻醉的加速康复外科临床操作规范专家共识(2016版)[J]. 中华胃肠外科杂志, 2017, 20(4):366-371. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2017.04.002.
- [14] 中华医学会外科学分会, 中华医学会麻醉学分会. 加速康复外科中国专家共识及路径管理指南(2018版)[J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(1):1-20. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2018.01.01.
- [15] Yang D, Grant MC, Stone A, et al. A meta-analysis of intraoperative ventilation strategies to prevent pulmonary complications: is low tidal volume alone sufficient to protect healthy lungs? [J]. Ann Surg, 2016, 263(5):881-887. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001443.
- [16] Hedenstierna G, Tokics L, Scaramuzza G, et al. Oxygenation impairment during anesthesia: Influence of age and body weight [J]. Anesthesiology, 2019, 131(1):46-57. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002693.
- [17] Spadaro S, Grasso S, Karbing DS, et al. Physiologic evaluation of ventilation perfusion mismatch and respiratory mechanics at different positive end-expiratory pressure in patients undergoing protective one-lung ventilation [J]. Anesthesiology, 2018, 128(3):531-538. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002011.
- [18] Williams EC, Motta-Ribeiro GC, Vidal MM. Driving pressure and transpulmonary pressure: how do we guide safe mechanical ventilation? [J]. Anesthesiology, 2019, 131(1):155-163. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002731.
- [19] Ostberg 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(6):1117-1124. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002134.
- [20] Nestler C, Simon P, Petroff D, et al. Individualized positive end-expiratory pressure in obese patients during general anaesthesia: a randomized controlled clinical trial using electrical impedance tomography [J]. Br J Anaesth, 2017, 119(6):1194-1205. DOI: 10.1093/bja/aex192.
- [21] Pelosi P, Ball L, de Abreu MG, et al. General anesthesia closes the lungs: keep them resting [J]. Turk J Anaesthesiol Reanim, 2016, 44(4):163-164. DOI: 10.5152/TJAR.2016.002.

(收稿日期:2019-12-09)

(本文编辑:卜建红)

## 本文引用格式

李宏,郭婧,王凯,等.肺开放通气策略对腹腔镜结直肠癌手术中氧合障碍的影响[J]. 中华胃肠外科杂志, 2020, 23(11):1081-1087. DOI: 10.3760/cma.j.issn.441530-20191209-00507.