

· 临床研究 ·

序贯肺复张后肺保护性通气在腹腔镜结直肠手术中对呼吸力学和预后的影响

王晓霞 黄太满 郭志鹏 俞春芳 方晓莉 陈素红

【摘要】 目的 观察腹腔镜结直肠手术麻醉期间,肺保护性通气联合不同方法肺复张后对呼吸力学和预后的影响。**方法** 选择腹腔镜结直肠手术患者 62 例,男 37 例,女 25 例,年龄 46~72 岁, BMI 17~27 kg/m², ASA I—III 级。随机分为三组:序贯肺复张组(XG 组, $n=20$)、随机肺复张组(SJ 组, $n=21$)和无肺复张组(DZ 组, $n=21$)。三组均进行肺保护性通气,XG 组摆 Trendelenburg 体位后进行第 1 次肺复张,以后每小时用 PEEP 递增法肺复张 1 次;SJ 组摆 Trendelenburg 体位后进行第 1 次肺复张,气腹停止后进行第 2 次肺复张;DZ 组全程不进行肺复张。记录插管后、第 1 次肺复张后即刻,第 1 次肺复张后 60、120 min、拔管前的气道峰压(P_{peak})、驱动压(ΔP);记录术后肺部感染、恶心呕吐发生情况和住院时间。**结果** 与插管后比较,第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min 三组 P_{peak}、 ΔP 明显升高($P<0.05$)。与拔管前比较,第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min 三组 P_{peak}、 ΔP 明显升高($P<0.05$)。XG 组和 SJ 组第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min P_{peak}、 ΔP 明显低于 DZ 组($P<0.05$)。XG 组第 1 次肺复张后 120 min P_{peak}、 ΔP 明显低于 SJ 组($P<0.05$)。术后 DZ 组有 1 例肺部感染。三组住院时间差异无统计学意义。**结论** 对腹腔镜结、直肠手术无肺部疾病的患者进行肺复张能改善肺保护性通气的驱动压和肺效率。肺复张可作为肺保护性通气的有效补充。

【关键词】 保护性通气;肺复张;驱动压;结直肠手术

Effect of sequential lung recruitment maneuvers combined with protective ventilation on respiratory mechanics and prognosis of laparoscopic colorectal surgery WANG Xiaoxia, HUANG Taiman, GUO Zhipeng, YU Chunfang, FANG Xiaoli, CHEN Suhong. Department of Anesthesiology, Shiqiye Hospital, Ma'anshan 243000, China

Corresponding author: HUANG Taiman, Email: amancn@sina.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of protective lung ventilation combined with different lung recruitment maneuvers on respiratory mechanics and prognosis of laparoscopic colorectal surgery during anesthesia. **Methods** Sixty-two patients undergoing laparoscopic colorectal surgery were included, 37 males and 25 females, aged 46–72 years, BMI 17–27 kg/m², ASA physical status I–III. They were randomly divided into three groups: sequential lung recruitment maneuver (group XG, $n=20$), random lung recruitment maneuver (group SJ, $n=21$) and non-lung recruitment maneuver group (group DZ, $n=21$). Protective lung ventilation was performed in all patients. In group XG, the first lung recruitment maneuver was performed after the patients were tilted to Trendelenburg position, and lung recruitment was performed every hour after that by the method of increasing PEEP. In group SJ, the first lung recruitment maneuver was performed after the Trendelenburg position was posed, and the second lung recruitment maneuver was performed after the stop of pneumoperitoneum, the method of each lung recruitment maneuver was the same as that of group XG. In group DZ, lung recruitment maneuver was not used in the whole course. The changes of peak airway pressure (P_{peak}) and respiratory drive pressure (P_{peak}–PEEP, ΔP) after intubation, immediately after the first lung recruitment after placing the Trendelenburg position, 60 and 120 minutes after the first lung recruitment maneuver and before extubation were recorded and compared. The incidence of postoperative pulmonary infection, incidence of nausea and vomiting and length of hospital stay were recorded. **Results** Immediately after the first lung recruitment, and 60 and 120 minutes after the first lung recruitment maneuver, the P_{peak} and ΔP were significantly higher than the ones after intubation ($P<0.05$); immediately after the first lung recruitment, and 120 minutes after the first lung recruitment maneuver, the P_{peak} and ΔP were significantly higher than the ones before extubation ($P<0.05$); Immediately

after the first lung recruitment, and 60 minutes and 120 minutes after the first lung recruitment maneuver, Ppeak and ΔP of groups XG and SJ were significantly lower than those of group DZ ($P < 0.05$). Ppeak and ΔP of group XG were significantly lower than those of group SJ at 120 minutes after the first lung recruitment maneuver ($P < 0.05$). There was only one case of pulmonary infection in the group DZ. There was no significant difference in length of stay among the three groups. **Conclusion** Lung recruitment maneuver in laparoscopic colorectal surgery patients without lung disease can improve the driving pressure and lung efficiency of pulmonary protective ventilation. Lung recruitment maneuver can be an effective supplement to pulmonary protective ventilation.

【Key words】 Protective ventilation; Lung recruitment maneuver; Driving pressure; Colorectal surgery

手术后发生肺部并发症 (postoperative pulmonary complications, PPCs) 可能延缓康复, 增加死亡率。小潮气量 (tidal volume, V_T) 的肺保护性通气可以减轻 PPCs, 但小 V_T 可能致肺塌陷, 增加肺的异质性, 从而增加驱动压 [气道峰压 (peak airway pressure, Ppeak) - 呼气末正压 (positive end-expiratory, PEEP), ΔP], 影响通气效率^[1]。PEEP 能维持功能肺体积。肺复张在急性呼吸窘迫综合征患者可减小 ΔP , 改善气体交换^[2], 对预防 PPCs 有益影响^[3], 而没有肺复张的 PEEP 有益效果并不明显^[1]。根据 Meta 分析^[4], 只有降低 ΔP 的肺保护性通气才有保护作用。Ferrando 等^[5]观察了 PEEP 对 ΔP 的影响, 有关肺复张对 ΔP 的相关研究较少。本研究观察不同肺复张方式对 ΔP 和 PPCs 的影响。

资料与方法

一般资料 本研究通过医院伦理委员会批准 (YLL20171212), 患者及家属签署知情同意书。选择 2018 年 1 月至 2019 年 12 月择期行腹腔镜结直肠手术患者, 性别不限, 年龄 46~72 岁, BMI 17~27 kg/m², ASA I—III 级。排除标准: 高血压性心脏病, 缺血性心脏病, 慢性心功能不全, 慢性阻塞性肺气肿, 限制性肺部疾病, 肝肾功能不全, 精神或认知异常。剔除标准: 气腹时间短于 120 min 影响观察效果, 中转开腹手术、非计划二次手术。随机分为三组: 序贯性肺复张 (XG 组)、随机肺复张组 (SJ 组) 和无肺复张组 (DZ 组)。

麻醉方法 患者入室开放上肢静脉, 静滴复方乳酸钠 8 ml · kg⁻¹ · h⁻¹。常规监测 HR、SpO₂、ECG、BIS。桡动脉穿刺置管进行有创动脉血压监测, 抽取桡动脉血进行血气分析。所有患者吸入纯氧 5 min 后予舒芬太尼 0.5 μg/kg、丙泊酚 2.0 mg/kg 和顺式阿曲库铵 2.0 mg/kg 诱导麻醉。七氟醚、丙泊酚和瑞芬太尼维持 BIS 40~50, 连续注入晶体溶液 3 ml · kg⁻¹ · h⁻¹ 速度, 间断推注顺式阿曲库铵维持深度

肌松。气管插管后行机械通气, 三组患者麻醉维持中使用麻醉药物、血管活性药物等按常规进行。肺复张策略: 待患者自主呼吸消失气管插管后所有患者容量控制通气, 设定 FiO₂ 40%, I : E 1 : 2, V_T 6 ml/kg, PEEP 5 cmH₂O^[6], 调整 RR, 维持 $P_{ET}CO_2$ 35~45 mmHg。所有患者麻醉平稳后 CO₂ 气腹, 维持气腹压力为 12 cmH₂O, 摆放 Trendelenburg 体位 (头低脚高 30°)。XG 组摆放体位后立即进行第 1 次肺复张, 以后每小时用 PEEP 递增法, 肺复张 1 次。PEEP 递增法: PCV 模式设定 ΔP 20 cmH₂O, 每 5 次呼吸增加 PEEP 5 cmH₂O, 使 Ppeak 达到 40 cmH₂O, 并维持呼吸 10 次, 再每 5 个呼吸周期降低 PEEP 5 cmH₂O, 至肺复张前水平后改为 VCV 模式及参数^[6]。SJ 组摆放体位后立即进行 1 次肺复张, 停止气腹后再进行 1 次肺复张, 肺复张方式为 PEEP 递增法, 肺复张的方式与参数同 XG 组; DZ 组无肺复张过程。手术结束入麻醉恢复室, 待符合拔管标准后拔除气管导管。麻醉和肺复张由高年资主治医师按给定方案实施, 数据收集由专职研究人员负责, 不参与麻醉过程也不知晓通气方案。

观察指标 主要指标: 插管后、第 1 次肺复张后即刻和第 1 次肺复张后 60、120 min、拔管前的 Ppeak、 ΔP 。分别于上述时点抽取桡动脉血进行血气分析, 记录 PaCO₂ 和 $P_{ET}CO_2$, 计算氧合指数 (OI) 和肺内分流率 (Q_s/Q_t)^[6]。记录术后肺部感染、恶心呕吐发生情况和住院时间。负责分组、资料收集人员不参与通气管理, 对于具体的肺复张次数与模式不知情。

统计分析 采用 SPSS 21.0 统计软件进行数据的分析。计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 计数资料比较采用 χ^2 检验。组间比较采用方差 F 检验分析, 组内比较采用重复测量数据 LSD-*t* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入患者 62 例, 无脱落、退出及剔除。

三组患者性别、年龄、BMI、ASA 分级、手术种类、气腹时间和手术时间差异均无统计学意义(表 1)。

与插管后比较,第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min 三组 P_{peak} 、 ΔP 明显升高($P < 0.05$)。与拔管前比较,第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min 三组 P_{peak} 、 ΔP 明显升高($P < 0.05$)。XG 组和 SJ 组第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min P_{peak} 、 ΔP 明显低于 DZ 组($P < 0.05$)。第 1 次肺复张后 120 min 时 XG 组 P_{peak} 、 ΔP 明显低于 SJ 组($P < 0.05$)(表 2)。

与插管后比较,第 1 次肺复张后即刻、第 1 次肺复张后 60、120 min 三组 Q_s/Q_t 明显升高($P < 0.05$)。XG 组和 SJ 组第 1 次肺复张后 60、120 min Q_s/Q_t 明显低于 DZ 组($P < 0.05$)。三组不同时点 $PaCO_2$ 、 $P_{ET}CO_2$ 、OI 差异无统计学意义(表 3)。

三组术后肺部感染、恶心呕吐等不良反应发生率差异无统计学意义(表 4)。XG 组住院时间(8.7 ± 0.7)d, SJ 组(8.8 ± 0.8)d, DZ 组(8.9 ± 0.8)d, 三组住院时间差异无统计学意义。

讨 论

本研究比较了两种肺复张措施,序贯和随机肺复张对肺保护性通气的影响。结果显示肺复张后

肺保护性通气可以改善呼吸系统力学、驱动压和肺部通气效率。

腹腔镜结、直肠手术气腹升高腹内压,膈肌向头端移位,手术需要摆 Trendelenburg 体位腹内脏器压迫膈肌使胸腔内压进一步增高,胸壁顺应性下降、肺顺应性下降、气道压力升高、肺扩张减少,最终易形成肺不张、呼吸力学和临床相关变化。本研究显示气腹及 Trendelenburg 体位后, P_{peak} 、 ΔP 升高,肺复张后 P_{peak} 、 ΔP 降低。最近的一项荟萃分析发现 ΔP 与 PPCs 发生的风险之间的相关性, ΔP 每升高 1 cmH₂O, PPCs 发生的风险升高 1.16^[4]。与 Ferrendo 等^[3]的研究结果相似,虽然在开腹手术中应用 PEEP 12 cmH₂O 联合肺复张与 PEEP 2 cmH₂O 无肺复张比较并没有减少术后并发症,但能改善肺顺应性^[7]。最近两个个性化 PEEP 的研究 Pereira 等^[6,8-9]也表明肺复张联合肺保护性通气策略使 ΔP 下降明显、术中低氧与术后并发症及肺部感染明显减少。

肺复张也改善 Q_s/Q_t , 实施肺复张后 Q_s/Q_t 明显低于术中不进行肺复张,序贯性肺复张低于随机肺复张,说明肺复张可以减少肺内分流,同时复张的肺泡参与更多气体交换,降低通气血流比失调,改善患者的氧合功能。本研究结果显示,所有患者

表 1 三组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	ASA II/III 级(例)	直肠癌/结肠癌 (例)	气腹时间 (min)	手术时间 (min)
XG 组	20	13/7	65.9±9.4	21.7±2.1	4/16	8/12	131.1±21.4	177.0±36.0
SJ 组	21	12/9	66.4±7.9	22.3±2.0	4/17	11/10	120.4±27.5	174.6±30.3
DZ 组	21	12/9	66.1±8.9	21.7±2.1	6/15	12/9	125.7±23.6	175.2±30.1

表 2 三组患者不同时点 P_{peak} 、 ΔP 的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	插管后	第 1 次肺复 张后即刻	第 1 次肺复 张后 60 min	第 1 次肺复 张后 120 min	拔管前
P_{peak} (mmHg)	XG 组	20	15.4±0.7	20.8±0.8 ^{ab}	20.4±0.5 ^{ab}	20.7±0.7 ^{abc}	15.7±0.6
	SJ 组	21	15.3±0.6	20.9±0.8 ^{ab}	20.5±0.6 ^{ab}	21.4±0.5 ^{ab}	15.6±0.5
	DZ 组	21	15.4±0.6	22.9±1.4 ^{abcd}	22.3±0.6 ^{abcd}	21.5±0.5 ^{ab}	15.7±0.6
ΔP (mmHg)	XG 组	20	10.3±0.6	15.8±0.8 ^{ab}	15.4±0.5 ^{ab}	15.7±0.7 ^{abc}	10.7±0.6
	SJ 组	21	10.3±0.6	15.9±0.8 ^{ab}	15.5±0.6 ^{ab}	16.4±0.5 ^{ab}	10.6±0.5
	DZ 组	21	10.4±0.6	18.3±1.1 ^{abcd}	17.3±0.6 ^{abcd}	16.5±0.5 ^{abcd}	10.7±0.6

注:与插管后比较,^a $P < 0.05$;与拔管前比较,^b $P < 0.05$;与 SJ 组比较,^c $P < 0.05$;与 XG 组比较,^d $P < 0.05$

表 3 三组患者不同时点 $P_{ET}CO_2$ 、 $PaCO_2$ 和氧合功能指标的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	插管后	第 1 次肺复张后即刻	第 1 次肺复张后 60 min	第 1 次肺复张后 120 min	拔管前
$PaCO_2$ (mmHg)	XG 组	20	35.9±5.3	35.6±4.1	36.5±5.2	36.0±5.1	37.2±4.3
	SJ 组	21	36.2±4.6	36.5±4.0	37.3±3.8	37.5±3.6	37.9±4.1
	DZ 组	21	36.4±4.4	35.7±3.2	37.1±3.3	37.1±3.3	38.0±3.4
$P_{ET}CO_2$ (mmHg)	XG 组	20	34.5±3.5	34.6±1.8	33.9±4.2	33.2±3.2	33.5±2.3
	SJ 组	21	33.7±4.1	33.8±1.5	34.6±3.4	33.6±3.4	34.2±2.7
	DZ 组	21	34.2±4.7	34.6±3.4	36.1±3.5	36.2±2.5	34.3±3.1
OI	XG 组	20	478.7±75.3	512.8±57.8	512.8±57.8	523.2±66.1	535.4±63.1
	SJ 组	21	474.4±67.2	505.8±56.8	505.8±56.8	496.4±58.9	512.7±54.5
	DZ 组	21	468.2±71.4	491.9±64.1	491.9±64.1	492.2±54.0	491.3±57.0
Qs/Qt (%)	XG 组	20	7.8±0.8	10.3±2.9 ^a	13.0±4.2 ^a	10.0±3.2 ^a	8.5±2.1
	SJ 组	21	7.9±0.9	10.8±3.2 ^a	13.1±3.7 ^a	13.2±3.5 ^a	8.8±2.3
	DZ 组	21	7.4±1.3	11.5±3.4 ^a	18.6±3.8 ^{abc}	18.6±3.8 ^{abc}	10.7±2.2 ^{abc}

注:与插管后比较,^a $P<0.05$;与 SJ 组比较,^b $P<0.05$;与 XG 组比较,^c $P<0.05$

表 4 三组患者术后肺部感染和恶心呕吐的比较[例(%)]

组别	例数	肺部感染	恶心呕吐
XG 组	20	0(0)	5(25)
SJ 组	21	0(0)	5(24)
DZ 组	21	1(0)	6(29)

术后肺部感染、恶心呕吐发生情况和住院时间差异无统计学意义,可能与选择的病例手术时间较短、患者基础情况良好有关,也显示肺复张对预后的影响有限。

目前常用 RM 方式主要有压力控制法^[5],又称手动控制肺复张,即将麻醉机调为手控模式,利用麻醉机上的储气囊调节压力限制活瓣达到 40 cmH₂O 的充气压力,持续向肺内充气 60~120 s。此法简单、快捷但气道压力难以控制,有气压伤的风险,或在转换为呼吸机通气回路时,可能会损失正压,导致肺泡的再次塌陷。 V_T 递增法^[8]在 VCV 模式下,设置起始 PEEP,每 3~5 次呼吸后以 4 ml/kg 的速度逐步增加 V_T ,直到达到目标 Ppeak(如 40 cmH₂O)呼吸 3~5 次后,再反向降低 V_T 至需要的水平。PEEP 递增法^[6]在 PCV 模式下,以 ΔP 15~20 cmH₂O,PEEP 以 5 cmH₂O 增速每 30~60 秒一次直

至 Ppeak 40 cmH₂O 的目标压力维持呼吸 30~60 s 后,再逐次反向递减 ΔP 、PEEP 调整到各自所需水平。於章杰等^[10]观察了不同肺复张方法在胸腔镜下肺叶切除术中的应用结果显示 PEEP 递增法优于压力控制法的复张效果。因此本研究选择 PEEP 递增法进行肺复张。

肺复张的好处是短暂的,因此需要添加 PEEP,手术中 1 次肺复张可能不够。本研究结果显示,肺复张的两组第 1 次肺复张 60 min 时 Ppeak 和 ΔP 明显降低,差异无统计学意义,而在 120 min 时差异有统计学意义,能否说明单次肺复张可以持续 60 min 有待更多的研究。肺复张的间隔时间有 15、30 min^[8],但相关研究并没有就有关肺复张的影响予以观察与总结;而 Unzueta 等^[1]在胸科手术中的肺复张结果显示单次肺复张后肺的生理学改变可持续到手术全程。

肺复张建议 Ppeak 为 40 cmH₂O,有研究表明肺复张时气道峰值压在 50 cmH₂O 或以下,气胸的发生是极其罕见的^[11]。另一个问题是血流动力学稳定,本研究中肺复张后 HR 和 MAP 未见明显变化。可能是肺复张前输注了液体以及复张时的胸内压增加使膈肌向上反推减轻了手术的 Trendelenburg 体位对胸腔的压迫有关。

肺保护性通气的小潮气量使呼气末肺容积下

降, 终末气道反复膨胀、塌陷导致萎陷伤和肺不张, 呼气末正压不能使塌陷的肺泡膨胀, 只有肺复张才能使萎陷肺泡重新开放, 两者联合应用以保持肺的最佳开放状态^[12]。个体 PEEP 最佳值差异较大, 有如胸壁厚度和形状、腹部内容、肺重量和胸膜压力等影响因素^[6]。肺保护性通气是完整的策略, V_T 、PEEP、肺复张相互依存优势互补^[10, 13-14]。除了重复肺复张外, 还推荐使用低水平呼气末正压^[10, 13-14]。

本研究入选病例为无肺部疾患、非肥胖、心功能相对较好患者, 手术体位、气腹压力对患者的影响较小, 以及肺复张对于循环的影响也十分有限, 同时患者一些重要的合并症也未列出进行比较, 故有一定的局限性。

综上所述, 肺复张能降低呼吸驱动压, 改善呼吸功能, 序贯肺复张优于随机肺复张。低潮气量、个体化呼气末正压、个体化肺复张方法的有效结合将使围术期的肺保护性通气策略更加完善。

参 考 文 献

- [1] Unzueta C, Tusman G, Suarez-Sipmann F, et al. Alveolar recruitment improves ventilation during thoracic surgery: a randomized controlled trial. *Br J Anaesth*, 2012, 108(3): 517-524.
- [2] Kacmarek RM, Villar J, Sulemanji D, et al. Open lung approach for the acute respiratory distress syndrome: a pilot, randomized controlled trial. *Crit Care Med*, 2016, 44(1): 32-42.
- [3] Ferrando C, Soro M, Canet J, et al. Rationale and study design for an individualized perioperative open lung ventilatory strategy (iPROVE): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 2015, 16: 193-199.
- [4] Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anesthesia: a meta-analysis of individual data. *Lancet Respir Med*, 2016, 4(4): 272-280.
- [5] Ferrando C, Suarez-Sipmann F, Tusman G, et al. Open lung approach versus standard protective strategies: effects on driving pressure and ventilatory efficiency during anesthesia-a pilot, randomized controlled trial. *PloS One*, 2017, 12(5): e0177399.
- [6] Pereira SM, Tucci MR, Morais CCA, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology*, 2018, 129(6): 1070-1081.
- [7] The PROVE Network investigators. High versus low positive end-expiratory pressure during general anesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicenter randomized controlled trial. *Lancet*, 2014, 384(9942): 495-503.
- [8] Ferrando C, Soro M, Unzueta C, et al. Individualised perioperative open-lung approach versus standard protective ventilation in abdominal surgery (iPROVE): a randomised controlled trial. *Lancet Respir Med*, 2018, 6(3): 193-203.
- [9] 刘静, 孟志鹏, 颜伟, 等. 肺保护性通气策略对腹腔镜胃癌根治手术老年患者肺氧合功能及术后肺部并发症的影响. *临床麻醉学杂志*, 2019, 35(4): 344-347.
- [10] 於章杰, 秦懿, 黄莉莉, 等. 不同肺复张方法在胸腔镜下肺叶切除术中的应用比较. *上海医学*, 2019, 42(5): 283-286.
- [11] Kacmarek RM, Villar J. Lung-protective ventilation in the operating room individualized positive end-expiratory pressure is needed! *Anesthesiology*, 2018, 129(6): 1057-1059.
- [12] 周雁楠, 沈启英, 王义桥, 等. 小潮气量及呼气末正压联合手法肺复张对老年患者肺功能的影响. *临床肺科杂志*, 2018, 23(5): 806-809.
- [13] 胡继成, 柴小青, 王迪, 等. 肺保护性通气策略对胸腔镜下肺癌根治术患者免疫功能的影响. *临床麻醉学杂志*, 2019, 35(1): 8-11.
- [14] 石学银, 张成密. 围术期肺保护性通气策略实施要则. *上海医学*, 2019, 42(9): 529-532.

(收稿日期: 2020-05-11)