doi:10.11659/jjssx.08E025003

·临床研究·

不同CO_2气腹压力对肥胖患者腹腔镜下减重手术效果的影响

陆 璇,许 旭,徐幻浠,李先蕊,谷晓慧,吴 浩 (江苏省人民医院宿迁医院麻醉与围术期医学科,江苏 宿迁 223800)

[摘 要] **目的** 评价不同CO_2气腹压力对肥胖患者腹腔镜下减重手术急性肺损伤、苏醒质量及疼痛的影响。**方法** 选取我院行腹腔镜下袖状胃切除减重手术的肥胖患者70例为研究对象,随机分为高压组和低压组,每组35例,术中CO_2气腹压力分别维持在16 mmHg和12 mmHg。对2组患者的手术情况、呼吸力学指标、炎症因子水平、全身麻醉苏醒情况及疼痛情况进行比较。**结果** 2组患者的手术时间、术中出血量、术中丙泊酚用量、术中瑞芬太尼用量及术中罗库溴铵用量比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。在手术60 min,低压组患者的气道峰压(Ppeak)及气道平台压(Pplat)均显著低于高压组($P<0.05$)。低压组患者在机械通气结束即刻的肿瘤坏死因子α(TNF-α)及白细胞介素-6(IL-6)水平均显著低于高压组($P<0.05$)。低压组患者的自主呼吸恢复时间、苏醒时间、气管拔管时间及麻醉苏醒室停留时间均显著短于高压组($P<0.05$)。在术后12 h和24 h,低压组患者的疼痛评分均显著低于高压组($P<0.05$)。低压组患者术后48 h内补救镇痛舒芬太尼用量显著少于高压组($P<0.05$)。**结论** 对于行腹腔镜下减重手术的肥胖患者,与16 mmHg的CO_2气腹压力相比,12 mmHg的CO_2气腹压力不增加手术难度及麻醉药物用量,患者苏醒质量更好,急性肺损伤及术后疼痛更轻。

[关键词] 气腹压力;腹腔镜下减重手术;肥胖;急性肺损伤;苏醒质量;疼痛
[中图分类号] R614.2 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-08-03

Effects of different CO_2 pneumoperitoneum pressures on clinical outcomes of laparoscopic bariatric surgery in obese patients

LU Xuan, XU Xu, XU Huan-xi, LI Xian-rui, GU Xiao-hui, WU Hao (Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Suqian Hospital of Jiangsu Province People's Hospital, Suqian Jiangsu 223800, China)

Abstract: Objective To evaluate the effects of different CO_2 pneumoperitoneum pressures on acute lung injury, recovery quality, and pain in obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery. **Methods** A total of 70 obese patients who underwent laparoscopic sleeve gastrectomy bariatric surgery at our hospital were selected as the study subjects and randomly divided into the high-pressure group (n=35) and the low-pressure group (n=35), with intraoperative CO_2 pneumoperitoneum pressure at 16 mmHg and 12 mmHg, respectively. The surgical conditions, respiratory mechanics indicators, inflammatory factor levels, general anesthesia recovery status, and pain status were compared between the two groups. **Results** There were no statistically significant differences between the two groups in terms of operation time, intraoperative blood loss, intraoperative dosage of propofol, intraoperative dosage of remifentanil, and intraoperative dosage of rocuronium bromide ($P>0.05$). At 60 minutes of operation, the peak airway pressure (Ppeak) and plateau airway pressure (Pplat) of patients in the low-pressure group were significantly lower than those in the high-pressure group ($P<0.05$). Immediately after mechanical ventilation, the levels of tumor necrosis factor-α (TNF-α) and interleukin-6 (IL-6) of patients in the low-pressure group were significantly lower than those in the high-pressure group ($P<0.05$). The time to spontaneous breathing recovery, awakening time, tracheal extubation time, and length of stay in the post-anesthesia care unit of patients in the low-pressure group were significantly shorter than those in the high-pressure group ($P<0.05$). At 12 and 24 hours after surgery, pain scores of patients in the low-pressure group were significantly lower than those in the high-pressure group ($P<0.05$). The dosage of sufentanil for rescue analgesia within 48 hours after surgery of patients in the low-pressure group was significantly less than that in the high-pressure group ($P<0.05$). **Conclusion** For obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery, compared with a CO_2 pneumoperitoneum pressure of 16 mmHg, 12 mmHg CO_2 pneumoperitoneum pressure does not increase the difficulty of surgery or the dosage of anesthetic drugs, resulting in better recovery quality, milder acute lung injury, and less postoperative pain.

Keywords: pneumoperitoneum pressure; laparoscopic bariatric surgery; obesity; acute lung injury; recovery quality; pain

近年来,随着经济的发展、人民生活方式及饮食习惯的改变,我国肥胖人群比例和数量均呈现出逐年上升趋势[1-3]。减重手术作为控制肥胖及其相关并发症最为有效的手段,其长期疗效已经得到临床广泛认可,每年开展的减重手术数量也逐渐增加[4-5]。腹腔镜

[基金项目] 宿迁市科技计划项目(SY202209)
[通信作者] 许 旭,E-mail:luxuan0102005@163.com

下袖状胃切除术操作简单、对患者生理解剖改变小、术后恢复快且减重效果显著，已经成为减重手术的主流术式[6-7]。但肥胖患者的解剖和生理特点与非肥胖患者存在明显差异，对于肥胖患者，大量脂肪组织在其胸部堆积，胸廓扩张受限，通气时阻力更大，可能导致肺损伤加重；同时，全身脂肪较多也可能导致麻醉药物蓄积，影响术后苏醒；此外，腹部脂肪堆积会导致CO_2气腹时腹部承受的张力更大，可能加重术后疼痛。尽管目前已有研究关注CO_2气腹压力对腹腔镜手术患者的影响，但针对肥胖手术患者相关影响的研究仍较缺乏[8]。此外，不同CO_2气腹压力对腹腔镜手术肥胖患者急性肺损伤、苏醒质量及疼痛状况的影响可能存在一定差异[9-10]。故本研究选取行腹腔镜下袖状胃切除减重手术的肥胖患者为研究对象，重点比较不同CO_2气腹压力对其急性肺损伤、苏醒质量及疼痛的影响，以期为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2023年4月至2025年3月在江苏省人民医院宿迁医院行腹腔镜下袖状胃切除减重手术的肥胖患者70例作为研究对象。本研究为随机、双盲对照试验，按照随机数字表法将患者分为高压组和低压组，每组35例，患者术中CO_2气腹压力分别维持在16 mmHg和12 mmHg。样本量计算：根据预试验的初步结果，高压组和低压组患者的麻醉苏醒室停留时间（本研究主要观察指标）分别为（62.10±10.57）min和（56.88±9.83）min，差异有统计学意义（$P<0.05$）；使用PASS 15.0软件进行样本量估算，$\alpha=0.05$，双侧检验，$1-\beta=0.8$，丢失率为10%，计算后得出每组需35个样本。2组患者年龄、性别、美国麻醉医师协会分级、体质量指数、吸烟史、高血压史、糖尿病史及是否合并阻塞性睡眠呼吸暂停综合征等基线资料比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。本研究获得院医学伦理委员会批准（批准号：2023-LS-0110），患者及其授权委托人均对本研究知情同意。

纳入标准：①择期行腹腔镜下袖状胃切除术；②体质量指数≥35.0 kg/m^2；③年龄20~55岁。排除标准：①合并严重肝、肾、肺或心血管疾病；②存在气道畸形或插管困难；③近4周内使用过镇痛、镇静药物或酒精成瘾；④中度及以上贫血（血红蛋白<90 g/L）；⑤合并认知功能障碍或精神疾病无法配合本研究；⑥对本研究使用药物过敏。剔除标准：①术中或术后发生严重并发症；②中转开腹；③术中操作不规范或误伤其他脏器。

1.2 麻醉方法

所有患者均满足禁食和禁饮时间要求，在开放上肢静脉后，连接监护仪监测无创血压、心电图和脉搏血氧饱和度。在完成术前准备工作后，行全身麻醉诱导：2.5 mg/kg丙泊酚、0.8 mg/kg罗库溴铵、0.4 μg/kg舒芬太尼依次静脉注射。在满足气管插管条件后，行气管插管并连接麻醉机行容量控制模式机械通气，通气参数设置：潮气量8 mL/kg，呼吸频率12~16次/分，吸呼比1∶2，氧流量1.5~3.0 L/min。在全凭静脉麻醉下行腹腔镜下袖状胃切除减重手术，术中麻醉维持药物为：4.0~6.0 mg·kg^{-1}·h^{-1}丙泊酚、0.01~0.02 mg·kg^{-1}·h^{-1}瑞芬太尼及0.5 mg·kg^{-1}·h^{-1}罗库溴铵静脉泵注。根据患者生命体征及麻醉深度变化情况，调整麻醉维持药物使用量。术中维持呼气末CO_2分压在35~45 mmHg，监测麻醉深度，维持脑电双频指数在40~60。在手术过程中，通过调节腹腔镜手术设备CO_2气腹控制装置，使高压组和低压组患者的CO_2气腹压力分别维持在16 mmHg和12 mmHg。术后，将所有患者送麻醉苏醒室行麻醉苏醒，待患者完全苏醒且生命体征平稳后送回病房。

1.3 观察指标

比较2组患者的手术时间、术中出血量、术中丙泊酚用量、术中瑞芬太尼用量及术中罗库溴铵用量。比较2组患者在建立气腹前即刻、手术60 min及气腹结束后即刻的气道峰压（peak airway pressure，Ppeak）及气道平台压（plateau airway pressure，Pplat）等呼吸力学指标。分别在机械通气前即刻及机械通气结束即刻抽取2组患者的静脉血，使用ELISA法检测肿瘤坏死因子α（tumour necrosis factor-α, TNF-α）及白细胞介素-6（interleukin-6, IL-6）水平并进行比较。比较2组患者的自主呼吸恢复时间、苏醒时间、气管拔管时间及麻醉苏醒室停留时间。比较2组患者术后4 h、12 h、24 h及48 h的疼痛情况，疼痛评估使用视觉模拟评分法（visual analogue scale，VAS），分值0~10分，0分表示无痛，10分表示剧痛，疼痛程度与评分成正比。当术后VAS评分≥3分时，予以静脉注射5 μg舒芬太尼补救镇痛，记录并比较2组患者补救镇痛舒芬太尼用量。

1.4 统计学处理

使用SPSS 26.0统计学软件进行统计学分析，符合正态分布的计量资料以均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，组间比较采用t检验；计数资料以率（%）表示，组间比较采用χ^2检验。检验水准$\alpha=0.05$，$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者手术情况及术中麻醉药物用量比较

2组患者的手术时间、术中出血量、术中丙泊酚用量、术中瑞芬太尼用量及术中罗库溴铵用量比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$），见表1。

2.2 2组患者不同时刻呼吸力学指标比较

2组患者在建立气腹前即刻及气腹结束后即刻的Ppeak及Pplat比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）；而低压组患者在手术60 min的Ppeak及Pplat均显著低于高压组（$P<0.05$），见表2。

2.3 2组患者不同时刻炎症因子水平比较

2组患者在机械通气前即刻的TNF-α及IL-6水平比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）；而低压组患者在机械通气结束即刻的TNF-α及IL-6水平均显著低于高压组（$P<0.05$），见表3。

表1 2组患者手术情况及术中麻醉药物用量比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	n	手术时间(min)	术中出血量(mL)	术中丙泊酚用量(mg)	术中瑞芬太尼用量(mg)	术中罗库溴铵用量(mg)
高压组	35	122.82±23.95	60.16±11.85	510.03±83.16	2.02±0.25	101.34±19.12
低压组	35	118.16±22.14	58.49±10.96	498.87±85.42	1.98±0.24	98.52±18.05
t		0.845	0.612	0.554	1.153	0.635
P		0.401	0.543	0.582	0.253	0.528

表2 2组患者不同时刻呼吸力学指标比较（$\bar{x}\pm s$，cmH_2O）

组别	n	Ppeak			Pplat		
		建立气腹前即刻	手术60 min	气腹结束后即刻	建立气腹前即刻	手术60 min	气腹结束后即刻
高压组	35	18.21±3.67	27.45±5.61	20.62±4.18	16.31±3.54	23.84±5.13	18.04±3.97
低压组	35	17.34±3.46	23.12±5.47	19.87±4.09	15.78±3.48	20.57±5.05	17.20±3.86
t		1.020	3.269	0.759	0.632	2.687	0.898
P		0.311	0.002	0.451	0.530	0.009	0.373

表3 2组患者不同时刻炎症因子水平比较（$\bar{x}\pm s$，pg/mL）

组别	n	TNF-α		IL-6	
		机械通气前即刻	机械通气结束即刻	机械通气前即刻	机械通气结束即刻
高压组	35	21.16±4.11	76.87±14.90	16.01±3.44	64.94±11.35
低压组	35	19.97±3.86	55.16±10.61	14.99±3.20	50.14±8.09
t		1.249	7.022	1.284	6.282
P		0.216	<0.001	0.203	<0.001

2.4 2组患者麻醉苏醒情况比较

低压组患者的自主呼吸恢复时间、苏醒时间、气管拔管时间及麻醉苏醒室停留时间均显著短于高压组（$P<0.05$），见表4。

表4 2组患者麻醉苏醒情况比较（$\bar{x}\pm s$，min）

组别	n	自主呼吸恢复时间	苏醒时间	气管拔管时间	麻醉苏醒室停留时间
高压组	35	15.86±3.85	17.87±3.96	31.13±5.64	62.94±10.32
低压组	35	13.29±3.66	15.16±3.75	26.87±5.40	56.04±9.45
t		2.862	2.940	3.228	2.917
P		0.006	0.005	0.002	0.005

2.5 2组患者术后不同时刻疼痛评分比较

在术后12 h及24 h，低压组患者的疼痛评分均显著低于高压组（$P<0.05$）；而在术后4 h、48 h，2组患者疼痛评分比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），见表5。

表5 2组患者术后不同时刻疼痛评分比较（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	n	术后4 h	术后12 h	术后24 h	术后48 h
高压组	35	2.92±0.53	3.26±0.62	3.05±0.56	2.10±0.39
低压组	35	2.46±0.47	2.79±0.56	2.67±0.50	1.98±0.36
t		3.842	3.328	2.995	1.338
P		0.696	0.001	0.004	0.186

2.6 2组患者术后48 h内补救镇痛舒芬太尼用量比较

低压组患者术后48 h内补救镇痛舒芬太尼用量为（23.20±4.35）μg，少于高压组的（30.60±5.12）μg，差异有统计学意义（$t=6.516$，$P<0.001$）。

3 讨论

腹腔镜下袖状胃切除术属于微创手术，通过腹腔镜手术器械在手术患者腹部作数个小孔作为操作通道，切除70%~80%的胃体（主要是胃大弯侧），剩余胃呈“香蕉状”的管状结构。一方面，切除胃大弯侧后，可减少促进食欲的胃饥饿素分泌，从生理上降低饥饿感；另一方面，缩小胃容积，可直接减少食物的摄入量，进而发挥双重减重作用[5-7]。该手术与其他减重手术相比，具有并发症少、安全性高且不改变胃肠道正常生理通道的优势，适应范围广，对患者年龄及身体基础条件的要求较为宽松，尤其适合合并轻度代谢疾病的肥胖患者。

在CO_2气腹条件下的腹腔镜手术机械通气过程中，肥胖患者的急性肺损伤风险显著大于非肥胖患者[11-12]。此外，肥胖患者特殊的生理改变增加了苏醒延迟的发生率，且肥胖患者对疼痛更为敏感[13-14]，较高的CO_2气腹压力会导致接受全身麻醉下腹腔镜手术患者的苏醒质量下降，加剧患者术后疼痛。较低的CO_2气腹压力可以减轻疼痛，且不会对手术操作造成明显的影响[15-16]。本研究中，2组患者的手术时间、术中出

血量、术中丙泊酚用量、术中瑞芬太尼用量及术中罗库溴铵用量均无统计学差异，提示较低的CO_2气腹压力同样可以完成手术，且不会增加手术难度及麻醉药物用量。

Ppeak反映了气流通过气道的阻力和肺泡扩张压力，Pplat反映了肺泡在吸气末的静态压力，Ppeak及Pplat的升高与肺受损程度密切相关[9]。TNF-α主要由单核细胞和巨噬细胞产生，通过促使炎症因子的产生及炎症介质的释放而加重肺损伤，能够反映肺损伤状况；IL-6是反映机械通气或手术创伤导致肺损伤的标志物，也是早期反映肺组织损伤的敏感因子[17]。本研究中，低压组患者在手术60 min的Ppeak及Pplat均显著低于高压组，在机械通气结束即刻的TNF-α及IL-6水平均显著低于高压组，提示在较低CO_2气腹压力下进行手术的患者肺损伤更轻。

较高的CO_2气腹压力会导致吸收入血的CO_2明显增加，血中CO_2分压随之升高，进而导致中枢神经系统被抑制，患者苏醒时间显著延长，且苏醒质量明显下降[9,18]。本研究中，低压组患者的自主呼吸恢复时间、苏醒时间、气管拔管时间及麻醉苏醒室停留时间均显著短于高压组，提示在较低的CO_2气腹压力下进行手术有利于促进患者苏醒。较高的CO_2气腹压力会导致手术切口、腹壁、腹膜、膈肌及内脏承受更大张力而过度拉伸，患者术后疼痛明显加重。本研究中，在术后12 h及24 h，低压组患者的疼痛评分均显著低于高压组，术后48 h内补救镇痛舒芬太尼用量显著少于高压组，提示在较低CO_2气腹压力下进行手术的患者术后疼痛较轻。叶永青等[15]针对腹腔镜阑尾切除手术患者的研究也得出了类似结论。

综上，对于行腹腔镜下减重手术的肥胖患者，与使用16 mmHg的CO_2气腹压力相比，使用12 mmHg的CO_2气腹压力不增加手术难度及麻醉药物用量，患者苏醒质量更好，急性肺损伤及术后疼痛更轻。但本研究也存在一定不足，仅进行单中心研究且选取样本量较少，研究结果的外推性与代表性受到一定限制；此外，未选取更多的CO_2气腹压力数值进行比较性研究，12 mmHg未必是最适宜的CO_2气腹压力。后续还需通过扩大样本量、开展多中心协作、选取更多CO_2气腹压力数值进行比较等方式进一步完善，以明确不同CO_2气腹压力对腹腔镜下减重手术肥胖患者的影响。

[参考文献]

[1] Li ZZ, Zhang B, Wang N, et al. A novel peptide protects against diet-induced obesity by suppressing appetite and modulating the gut microbiota [J]. Gut, 2023, 72(4): 686-698. doi: 10.1136/gutjnl-2022-328035.

[2] Pan XF, Wang L, Pan A. Epidemiology and determinants of obesity in China [J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2021, 9(6): 373-392. doi: 10.1016/S2213-8587(21)00045-0.

[3] 许 艳，窦翊愷，王 敏，等. 肥胖患者情绪异常与减重手术效果的相关性[J]. 四川精神卫生，2024，37(1)：46-51. doi：10.11886/scjsws20231220002.

[4] Perdomo CM, Cohen RV, Sumithran P, et al. Contemporary medical, device, and surgical therapies for obesity in adults [J]. Lancet, 2023, 401(10382): 1116-1130. doi: 10.1016/S0140-6736(22)02403-5.

[5] 邢 颖，闫文貌，白日星. 腹腔镜下胃袖状切除术在超级肥胖患者中减重效果及安全性分析[J]. 中国普通外科杂志，2022，31(10)：1307-1315. doi：10.7659/j.issn.1005-6947.2022.10.006.

[6] Han YK, Jia Y, Wang HL, et al. Comparative analysis of weight loss and resolution of comorbidities between laparoscopic sleeve gastrectomy and Roux-en-Y gastric bypass: a systematic review and meta-analysis based on 18 studies[J]. Int J Surg, 2020, 76: 101-110. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.02.035.

[7] Angrisani L, Santonicola A, Iovino P, et al. Bariatric surgery and endoluminal procedures: IFSO worldwide survey 2014[J]. Obes Surg, 2017, 27(9): 2279-2289. doi: 10.1007/s11695-017-x.

[8] 李玲霞，高东梅，胡 彬，等. 不同CO_2气腹压力对老年腹腔镜结直肠癌根治术患者苏醒质量、应激反应和术后认知功能的影响[J]. 现代生物医学进展，2022，22(1)：177-181. doi：10.13241/j.cnki.pmb.2022.01.034.

[9] 王 浩，顾 克，饶丽华，等. 不同CO_2气腹压力对超重或肥胖患者Trendelenburg体位腹腔镜全子宫切除术的影响[J]. 局解手术学杂志，2025，34(2)：150-153. doi：10.11659/jjssx.04E024121.

[10] 唐 寅，魏 珂. 急性肺损伤的“肥胖悖论”研究进展[J]. 国际麻醉学与复苏杂志，2022，43(3)：307-311. doi：10.3760/cma.j.cn321761-20201115-00508.

[11] 王亚茹，张 蕾. 肺保护策略在肥胖患者腹腔镜手术中应用的研究进展[J]. 中国微创外科杂志，2024，24(12)：828-833. doi：10.3969/j.issn.1009-6604.2024.12.009.

[12] 王太行，李慧娴，李宝利，等. 肥胖对腹腔镜结直肠癌根治术后肺部并发症的影响[J]. 中华医学杂志，2024，104(18)：1610-1616. doi：10.3760/cma.j.cn112137-20230810-00191.

[13] 张靖悦，郑惠文，党静静，等. 艾司氯胺酮对腹腔镜减重手术患者苏醒质量及术后疼痛的影响[J]. 国际麻醉学与复苏杂志，2023，44(8)：821-826. doi：10.3760/cma.j.cn321761-20221123-00857.

[14] Nightingale CE, Margarson MP, Shearer E, et al. Peri-operative management of the obese surgical patient 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland Society for Obesity and Bariatric Anaesthesia [J]. Anaesthesia, 2015, 70(7): 859-876. doi: 10.1111/anae.13101.

[15] 叶永青，周志坚，叶 敏. 不同二氧化碳气腹压力对腹腔镜阑尾切除术后疼痛发生率及程度的影响[J]. 中国当代医药，2021，28(4)：89-91. doi：10.13479/j.cnki.jip.2025.02.062.

[16] 刘 勇，仲明杰，陈 悦，等. 不同CO_2气腹压力对老年腹腔镜直肠癌根治术后谵妄及认知功能的影响[J]. 局解手术学杂志，2024，33(10)：867-870. doi：10.11659/jjssx.08E023117.

[17] 孙亚林，孙 莉，李廷坤，等. 不同气管插管术在胸腹腔镜食管癌根治术中的应用[J]. 中华医学杂志，2021，101(9)：630-635. doi：10.3760/cma.j.cn112137-20200628-01963.

[18] 蒋梦桃，严丽洁，孙 珊. 不同气腹压力对腹腔镜全子宫切除术患者术中低体温、应激反应和术后恢复的影响[J]. 川北医学院学报，2025，40(6)：813-816. doi：10.3969/j.issn.1005-3697.2025.06.030.

（编辑：魏 源）