

论著·临床研究

基于肺超声指导个体化肺保护通气对老年患者术后膈肌功能的影响*

李长松^{1,2}, 陈 鲁³, 于大朋², 刘新法², 王宏刚², 姜 琳^{2△}[1. 扬州大学医学院研究生(南京医科大学附属泰州市人民医院), 江苏 扬州 225009; 2. 南京医科大学
附属泰州市人民医院, 江苏 泰州 225300; 3. 泰州职业技术学院医学院, 江苏 泰州 225300]

【摘要】目的 探讨基于肺超声指导个体化肺保护性通气对老年患者术后膈肌功能的影响。**方法** 选取 2023 年 1—12 月在泰州市人民医院行腹腔镜结肠癌根治术老年患者 80 例作为研究对象, 采用随机数字表法将其分为传统肺保护性通气组(T-LP 组)和基于肺超声个体化肺保护性通气组(U-LP 组), 各 40 例。T-LP 组采用低潮气量(VT)、持续固定呼气末正压(PEEP)和固定手法膨肺(RM)压力实施传统模式肺保护性通气策略; U-LP 组在 T-LP 组基础上基于肺超声滴定个体化 PEEP 和 RM 压力来实施个体化肺保护性通气策略。2 组分别于全身麻醉诱导前、拔管后 15 min、拔管后 30 min 和准备离开麻醉恢复室(PACU)时记录平静呼吸(QB)和深呼吸(DB)期间膈肌偏移(DE)[平静呼吸膈肌偏移(DEQ)、深呼吸膈肌偏移(DED)]、膈肌厚度(DT)[平静吸气膈肌厚度(DTQi)、平静呼气膈肌厚度(DTQe)、深吸气膈肌厚度(DTDi)、深呼气膈肌厚度(DTDe)]及膈肌增厚分数(DTF)[平静呼吸膈肌增厚分数(DTFQ)、深呼吸膈肌增厚分数(DTFD)]等膈肌超声监测指标, 停用肌肉松弛药至 4 个成串刺激(TOFr)90%时间, 拔管至 Aldrete 评分 9 分时间, 以及需舒更葡糖钠拮抗肌松残余的病例数等。**结果** 与全身麻醉诱导前比较, 离开 PACU 时 T-LP 组 DEQ、DED、DTQi、DTQe、DTFQ、DTDi、DTFD 等膈肌超声指标均明显减少、变薄或降低($P < 0.05$), U-LP 组 DTDi 指标明显变薄($P < 0.05$); 与 T-LP 组比较, U-LP 组离开 PACU 时 DEQ 明显增加($P < 0.05$), 拔管后 15、30 min 和离开 PACU 时 DED、DTDi、DTFD 均明显增加或增厚($P < 0.05$), 拔管后 30 min 和离开 PACU 时 DTQi、DTQe、DTDe 均明显增厚($P < 0.05$); 拔管至 Aldrete 评分 ≥ 9 分时间明显缩短($P < 0.05$)。**结论** U-LP 对老年腹腔镜结肠癌根治术患者术后膈肌功能影响轻微, 更利于术后膈肌功能恢复, 缩短 PACU 内滞留时间。

【关键词】 肺超声; 个体化肺保护通气; 老年患者; 腹腔镜结肠癌手术; 膈肌功能

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.20.010

中图法分类号: O426

文章编号: 1009-5519(2024)20-3475-06

文献标识码: A

Effect of individualized lung protective ventilation guided by lung ultrasound on postoperative diaphragm function in elderly patients*

LI Changsong^{1,2}, CHEN Lu³, YU Dapeng², LIU Xinfu², WANG Honggang², JIANG Lin^{2△}

[1. Graduate Student of Medical School of Yangzhou University (Taizhou People's Hospital Affiliated to Nanjing Medical University), Yangzhou, Jiangsu 225009, China; 2. Taizhou People's Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Taizhou, Jiangsu 225300, China; 3. Medical School of Taizhou Vocational and Technical College, Taizhou, Jiangsu 225300, China]

【Abstract】Objective To investigate the effect of individualized lung protective ventilation guided by lung ultrasound on postoperative diaphragm function in elderly patients. **Methods** A total of 80 elderly patients who underwent laparoscopic radical resection of colon cancer at Taizhou People's Hospital from January to December 2023 were selected as the research subjects. They were randomly divided into the traditional lung protective ventilation group (T-LP group) and the personalized lung protective ventilation group based on lung ultrasound (U-LP group) using a random number table method, with 40 cases in each group. The T-LP group implemented traditional mode lung protective ventilation strategy using low tidal volume (VT), sustained fixed

* 基金项目: 江苏省卫生健康委员会科研基金项目(M2020084); 泰州市人民医院院级科研基金项目(ZD202028); 南京医科大学泰州临床医学院科研项目(TZKY20220311)。

作者简介: 李长松(1980—), 副主任医师, 主要从事临床麻醉及围术期器官功能保护的研究。△ 通信作者, E-mail: 459883821@qq.com。

positive end expiratory pressure(PEEP), and fixed lung recruitment maneuver (RM) pressure. The U-LP group implements personalized lung protective ventilation strategies based on lung ultrasound titration of individualized PEEP and RM pressure on the basis of the T-LP group. Before induction of general anesthesia, 15 minutes after extubation, 30 minutes after extubation, and preparation to leave the postanesthesia recovery unit(PACU), two sets of records diaphragmatic ultrasound monitoring indicators during quiet breathing(QB) and deep breathing(DB) include diaphragmtic excursion(DE) [quiet breathing diaphragm excursion(DEQ), deep breathing diaphragmtic excursion(DED)], diaphragmtic thickness(DT) [quiet inspiratory diaphragm thickness(DTQi), calm expiratory diaphragm thickness(DTQe), deep inspiratory diaphragm thickness(DT-Di), deep expiratory diaphragm thickness(DTDe)], and diaphragmtic thickening fraction(DTF) [calm breathing diaphragmtic thickening fraction(DTFQ), deep breathing diaphragm thickening fraction(DTFD)]. In addition, record the time it takes to stop using muscle relaxants when train of four ratio(TOFr) $\geq 90\%$, the time it takes to remove the tube until the Aldrete score is greater than 9 points, and the number of cases requiring the reversal of residual muscle relaxants with sugammadex. **Results** Compared with before induction of general anesthesia, the diaphragm ultrasound indicators such as DEQ, DED, DTQi, DTQe, DTFQ, DTD; and DTFD in the T-LP group were significantly reduced, thinned, or decreased upon leaving the PACU($P<0.05$), while the DTD; indicator in the U-LP group was significantly thinned($P<0.05$). Compared with the T-LP group, the DEQ in the U-LP group increased significantly upon leaving the PACU($P<0.05$), and the DED, DTD; and DTFD increased or thickened significantly at 15 and 30 minutes after extubation and upon leaving the PACU ($P<0.05$). The DTQi, DTQe, and DTDe increased significantly at 30 minutes after extubation and upon leaving the PACU($P<0.05$), and the time for extubation to achieve an Aldrete score of ≥ 9 was significantly shortened($P<0.05$). **Conclusion** The implementation of individualized lung protective ventilation based on lung ultrasound has a slight impact on the postoperative diaphragm function in elderly patients with laparoscopic radical resection of colon cancer, which is more conducive to the recovery of postoperative diaphragm function, and shortens the retention time in PACU, which is worthy of clinical promotion.

[**Key words**] Lung ultrasound; Individualized lung protective ventilation; Elderly patients; Laparoscopic colon cancer surgery; Diaphragmatic function

膈肌是人体主要的呼吸肌,在呼吸运动过程中承担 70%左右的呼吸功能,膈肌功能障碍(DD)是影响术后呼吸功能状态恢复的重要原因^[1]。全身麻醉时间、机械通气模式和腹腔镜持续气腹正压可直接影响术后膈肌功能状态。在无法改变全身麻醉时长和持续气腹状态的前提下,机械通气模式的选择对减少术后 DD 的发生具有重要作用。传统模式的肺保护性通气策略(LPVS),LPVS 缺乏最佳个体化 PEEP 设定和肺复张(RM)膨肺压力,长时间 LPVS 机械通气患者仍出现不同程度的 DD^[2]。近年来,随着个体化肺保护通气策略的提出与运用,被初步证实对围手术期肺功能保护优势明显,但如何界定最佳个体化 PEEP 和膨肺压力尚存争论,同时是否对围手术期膈肌功能保护相关研究尚少。因此,本研究拟对老年结肠癌根治术患者术中基于肺超声指导个体化肺保护通气(U-LP)策略,观察其术后膈肌功能的影响,探讨其应用价值,以期为今后临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取泰州市人民医院 2023 年 1—12 月拟行择期腹腔镜下结肠癌根治术老年患者

80 例,性别不限,年龄 ≥ 65 岁,美国麻醉医师协会(ASA)分级Ⅱ级或Ⅲ级,体重指数(BMI)18~32 kg/m²。排除标准:(1)术前存在流感、急性肺炎等正处于感染期的急性呼吸系统炎症;(2)术前合并重度慢性阻塞性肺疾病、严重支气管扩张、巨大肺泡、肺源性心脏病、哮喘等慢性肺部疾病造成肺功能严重障碍者;(3)术前存在膈肌创伤、麻痹、瘫痪或运动不良等膈肌病变;(4)术前合并重症肌无力、胸廓或胸椎脊柱畸形等其他严重影响膈肌运动功能的基础疾病。剔除标准:(1)中途退出或改变手术、麻醉方案的患者;(2)术中肺超声提示突发的严重肺部急症,如大量气胸、严重肺不张、大量胸腔积液等;(3)术后需送返重症监护病房(ICU)继续呼吸机支持的患者;(4)术后意识障碍无法配合完成超声数据采集的患者。采用随机数字表法分为 2 组,传统肺保护性通气组(T-LP 组, $n=40$)和 U-LP 组($n=40$)。本研究中 U-LP 组 6 例患者、T-LP 组 9 例患者因改变手术或麻醉方案、病情变化需送返 ICU 呼吸机支持、术后意识障碍无法配合完成超声数据采集等原因,不符合该研究要求而被剔除,2 组最终纳入 65 例。该研究经伦理委员会审核并

通过(批号:KY2020-203-01)。经患者或家属同意,并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 麻醉方法 所有患者入室前需禁食、禁饮 6 h 以上,入室后常规监测血压、心电图、血氧饱和度、体温、尿量等,局部麻醉下行桡动脉和右颈内静脉穿刺术置管,术中连续有创测压、脑电双频谱指数(BIS)、肌肉疏松监测(TOFR)及其他麻醉深度监测。麻醉诱导采用顺序诱导插管方法,依次给予咪达唑仑 0.04 mg/kg、枸橼酸舒芬太尼 0.4~0.6 μ g/kg、丙泊酚 1.0~2.0 mg/kg、罗库溴铵 0.6 mg/kg。诱导完全后行可视喉镜下气管插管术,连接麻醉机,调整呼吸模式及参数。调整混合气体流速 1.5 L/min,吸氧浓度(FiO_2)为 70%,麻醉机通气模式设置为容量控制通气模式(VCV),潮气量为 6 mL/kg,I:E 为 1:2,初始呼吸频率(RR)为 12~16 次/分,持续固定呼气末正压(PEEP)和固定手法膨肺(RM)压力需基于各组试验要求设置。T-LP 组采用 T-LP,设置持续 PEEP 为 5 cm H_2O (1 cm H_2O =0.098 kPa),每 40~60 分钟做 1 次维持吸气压力 30 cm H_2O 的持续肺复张 15 s;U-LP 组采用 U-LP,在肺超声扫查下滴定最佳 PEEP 值,和每 40~60 分钟进行 1 次肺超声扫查下滴定最佳 RM 持续手法膨肺 15 s。麻醉维持:七氟烷 0.8~2.5(vol%)持续吸入,瑞芬太尼 0.05~0.30 μ g/(kg·min)、丙泊酚 1.5~4.5 mg/(kg·h)持续静脉泵注,间断静脉注射罗库溴铵 0.2 mg/kg。根据实际情况实时调整麻醉深度和用药,维持 BIS 45~65,加强术中麻醉管理,维持液体平衡,放置保温毯,做好围手术期体温保护。患者术中体位取仰卧,轻度头低足高,两腿岔开呈“大”字位,气腹压力限制在 8~13 cm H_2O 。术毕送返麻醉恢复室(PACU)内麻醉复苏管理。本研究所有超声图像均由同一位具有一定肺超声基础的麻醉医师进行检查。

1.2.2 肺超声评估 U-LP 组术中选用 M7 迈瑞超声凸阵超声探头(频率 2.5~6.0 MHz,深度 10 cm),采用急诊床旁肺部超声 BLUE 方案对患者双肺上蓝点、下蓝点、PLAPS 点等 6 点逐一进行肺窗超声扫查。确定各肺窗是否存在肺不张(A 线消失、胸膜线增厚或不规则、B 线 ≥ 3 条或聚集 B 线)及肺不张的程度,选择肺不张程度最重的肺窗作为肺超声滴定最佳 PEEP 和 RM 的扫查点。PEEP 滴定方法:超声探头放置在最佳 PEEP 扫查点处,逐渐递增设定 PEEP 值,直至见正常的超声影像,即 A 线出现, B 线消失,增厚、不规则胸膜线变薄或规则。在此 PEEP 水平每隔 3~5 min 递减 2 cm H_2O ,待再次出现肺不张超声影像,此时 PEEP 值认定为肺泡重现塌陷的临界值,在此基础上增加 2 cm H_2O ,该 PEEP 值即为最佳

PEEP。超声下 RM 方法:超声探头放置在最佳 RM 的扫查点,在 Manual/Spont 的模式下,旋转 APL 阀从 15 cm H_2O 逐渐增加气道压力,每次增加 5 cm H_2O ,直至肺充分复张,此时即为最佳的手法膨肺压力,并维持该气道压力 15 s。

1.2.3 膈肌超声评估 患者取头高 30°半仰卧位,选用 M7 迈瑞超声凸阵超声探头(频率 2.5~6.0 MHz)、高频线阵探头(7~13 MHz)。膈肌厚度(DT)超声测量操作方法(图 1):将线阵探头置于膈肌胸壁对合区(双侧腋前线或腋中线 8~10 肋间隙)并垂直肋骨长轴进行测量,B 型模式下,找到膈肌,M 模式下测量膈肌厚度。超声评估膈肌偏移(DE)(右侧)方法(图 2):将凸阵探头置于右侧腋前线与锁骨中线肋缘下区域,向头背侧倾斜探头,以肝脏为声窗,B 型模式下在胸膜与腹膜两高回声线间的低回声区即为膈肌。M 模式下记录膈肌的运动轨迹,测量轨迹最高点至基线的垂直距离,即为膈肌移动度。每个患者每个指标进行 3 次测量,取平均值,以减少测量误差。

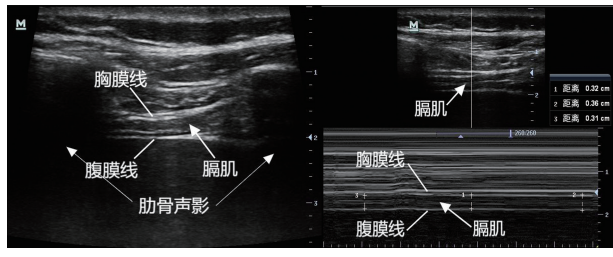


图 1 B 型和 M 型模式下的 DT

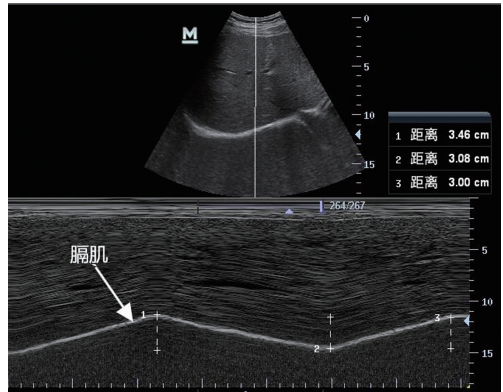


图 2 M 型模式下的膈肌移动度

1.2.4 观察指标 记录全身麻醉诱导前、拔管后 15、30 min 和离开 PACU 时平静呼吸(QB)和深呼吸(DB)期间 DE[包括平静呼吸膈肌偏移(DEQ)、深呼吸膈肌偏移(DED)],DT[包括平静吸气膈肌厚度(DTQi)、平静呼气膈肌厚度(DTQe)、深吸气膈肌厚度(DTDi)、深呼气膈肌厚度(DDe)]及膈肌增厚分数(DTF)[包括平静呼吸膈肌增厚分数(DTFQ)、深呼吸膈肌增厚分数(DTFD)]等膈肌超声监测指标;记录停用肌松药至 TOFR 90%时间,拔管至 Aldrete 评分 ≥ 9 分时间,以及需舒更葡糖钠拮抗肌松残余的病例

数等。DTF 计算公式： $DTFQ = (DTQi - DTQe) / DTQe \times 100\%$ ， $DTFD = (DTDi - DTD_e) / DTD_e \times 100\%$ 。

1.3 统计学处理 应用 SPSS22.0 统计软件对数据进行分析，符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间比较采用配对样本 t 检验；2 组内离开 PACU 时与全身麻醉诱导前的膈肌超声指标比较，采用独立样本 t 检验；计数资料以率表示，采用四格表 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

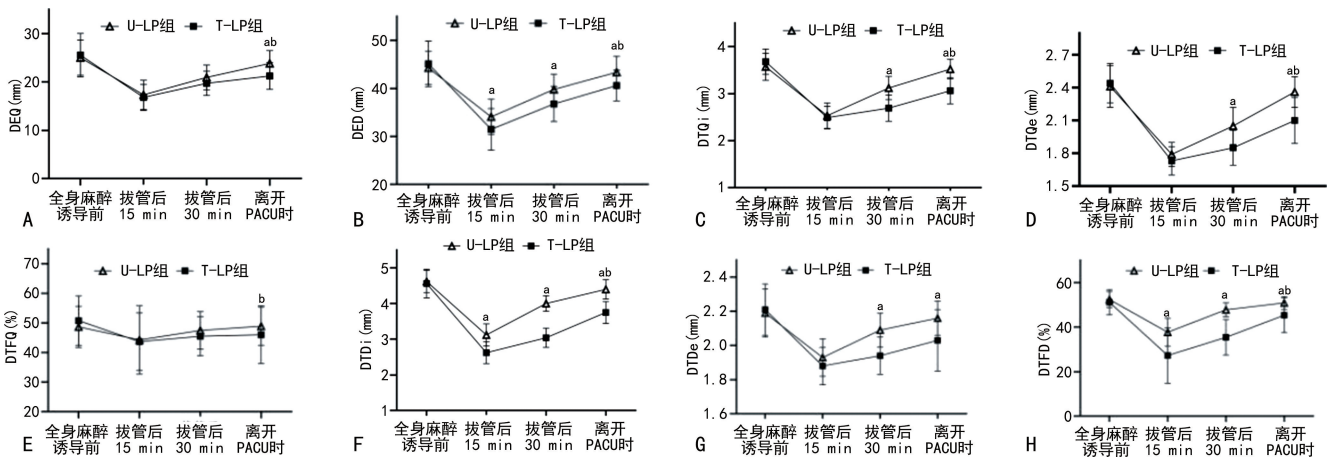
2 结 果

2.1 2 组患者一般情况比较 2 组患者在性别、年龄、BMI、ASA 分级、手术时间、罗库溴铵使用总量等方面比较，差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 2 组患者一般情况比较

组别	<i>n</i>	男/女 (<i>n</i> / <i>n</i>)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	ASA 分级 (Ⅱ/Ⅲ级, <i>n</i> / <i>n</i>)	手术时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	罗库溴铵使用总量 ($\bar{x} \pm s$, mg)
T-LP 组	31	18/13	72.10 ± 5.99	22.99 ± 2.53	6/25	182.90 ± 40.04	127.35 ± 24.57
U-LP 组	34	20/14	72.41 ± 6.70	23.08 ± 2.58	10/24	177.79 ± 41.89	136.65 ± 17.81
χ^2/t	—	0.004	−0.199	−0.140	0.884	0.502	−1.731
<i>P</i>	—	0.951	0.843	0.889	0.347	0.618	0.089

注：—表示无此项。



注：A. DEQ; B. DED; C. DTQi; D. DTQe; E. DTFQ; F. DTDi; G. DTD_e; H. DTFD; 与 T-LP 组比较, $^a P < 0.05$; 与同组离开 PACU 时与全身麻醉诱导前比较, $^b P < 0.05$ 。

图 3 2 组患者不同时点膈肌超声指标比较

表 2 2 组患者术后肌松恢复及 Aldrete 评分比较

组别	<i>n</i>	停肌松药至 TOFr 90%时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	需拮抗肌松 残余的例数 [<i>n</i> (%)]	拔管至 Aldrete≥ 9 分时间 ($\bar{x} \pm s$, min)
T-LP 组	31	33.13 ± 7.97	9(29.0)	25.00 ± 5.04 ^a
U-LP 组	34	32.76 ± 5.65	5(14.7)	19.74 ± 2.95
χ^2/t	—	0.211	1.969	5.078
<i>P</i>	—	0.834	0.161	<0.001

注：—表示无此项。

2.2 不同时点膈肌超声指标比较 与全身麻醉诱导前比较，离开 PACU 时 T-LP 组 DEQ、DED、DTQi、DTQe、DTFQ、DTDi、DTFD 等膈肌超声指标均明显减少、变薄或降低($P < 0.05$)，U-LP 组 DTDi 指标明显变薄($P < 0.05$)；与 T-LP 组比较，U-LP 组离开 PACU 时 DEQ 明显增加($P < 0.05$)，拔管后 15、30 min 和离开 PACU 时 DED、DTDi、DTFD 均明显增加或增厚($P < 0.05$)，拔管后 30 min 和离开 PACU 时 DTQi、DTQe、DTD_e 均明显增厚($P < 0.05$)。见图 3。

2.3 2 组术后肌松恢复及 Aldrete 评分比较 与 T-LP 组比较，U-LP 组术后拔管至 Aldrete 评分 ≥ 9 分时间明显缩短，差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

3 讨 论

有研究指出，腹腔镜结肠癌根治术患者术中需维持较长时间的机械通气和气腹状态，会影响术后膈肌功能，短期内难以恢复到术前水平^[3]。膈肌功能异常是全身麻醉复苏期间呼吸功能不全的最常见原因。老年患者作为特殊群体，膈肌功能储备和顺应性会随年龄的增长而发生改变，对麻醉、创伤、药物、疲劳、人机对抗等各种因素耐受程度低^[4]，不同患者间膈肌顺应性差异巨大，所能承受的胸腔最大内压会存在明显

差异。同时,膈肌负荷的加载程度与机械通气参数的设置和 PEEP 的高低具有直接相关性^[5],机械支持通气的过度、不足与人机对抗均会损伤膈肌纤维,造成膈肌功能下降,影响脱机或拔管后呼吸功能。围手术期通气模式及其参数设置对术后膈肌功能影响不容忽视。黄佳伟等^[6]研究指出,围手术期机械通气模式不同可引起膈肌整体水平的差异。GOLIGHER 等^[7]研究认为,超过 6 h 的 T-LP 对膈肌功能影响明显,会引起膈肌废用性萎缩和无力。JANSEN 等^[8]研究认为,固定不变的 PEEP 可能会引起膈肌的结构、活动度和几何形态改变,其数值的高低与膈肌功能直接相关。本研究中,T-LP 组采用传统模式的肺保护性通气策略,无法因人而设置个体化 PEEP 和 RM,固定不变的 PEEP 和 RM 明显影响患者术后离开 PACU 时膈肌超声各指标水平,相较于全身麻醉诱导前膈肌功能下降明显,说明传统模式肺保护性通气策略不适合个体化围手术期膈肌功能保护。

本研究结果显示,U-LP 组患者术后离开 PACU 时各项指标基本恢复到麻醉诱导前状态。在腔镜手术期间,个体化 PEEP 和 RM 的设定可有效降低膈肌向头端过度偏移,减小膈肌纤维张力,减轻膈肌超载负荷,对术后膈肌功能保护有促进作用^[9]。在临床实践过程中,不同个体间生理、解剖差异,均会影响患者对机械通气时最佳 PEEP 滴定和 RM 的设定^[10]。如何正确实施有效的个体化肺保护性通气,关键技术在于确定个体化最佳 PEEP 和最佳 RM。有研究指出,持续高 PEEP 水平可引起呼吸末肺容积过度增加,影响膈肌的几何形态,若膈肌总是受到肺的机械张力作用,可能会引起膈肌结构重构,进而影响膈肌的功能状态^[11]。然而,过低水平的 PEEP 又不足以预防围手术期肺不张的发生及腔镜手术下膈肌向头端过度偏移,膈肌持续处于超载过负荷状态,无法避免术后膈肌纤维疲劳、麻痹的可能^[12]。同时,恰当合适的 RM 设定可有效降低围手术期肺不张发生率并减轻其严重程度,同时对改善呼吸力学相关参数、缓解膈肌张力是有帮助的^[13]。因此,本研究 U-LP 组运用肺超声技术确定个体化最佳 PEEP 值和最佳 RM 值,来指导个体化肺保护性通气的实施,对术后膈肌功能保护优势明显。

近年来,膈肌超声是评估膈肌功能的重要工具,其中 DE、DT 和 DTF 是评价膈肌收缩速度与功能的重要超声指标^[14],可用于反映膈肌功能的变化,其数值越低,膈肌功能越差。DE 是指膈肌在呼吸周期中吸气末与呼气末间的位移,与肺活量存在明显正相关,可用于评估拔管后患者潮气量的恢复情况及指导

拔管时机^[15]。本研究 U-LP 组拔管后 DE 恢复迅速,在离开 PACU 时已恢复到术前水平,明显优于 T-LP 组,说明个体化肺保护通气策略更利于患者术后潮气量的恢复。DT 和 DTF 可直接或间接反映膈肌的质量和收缩力。吸气期 DT 与膈肌功能具有相关性,但 DT 在拔管后或非机械通气状态随时间变化不明显,且由于个体差异较大,受性别、年龄、身高、体位等因素影响,易出现假阳性误差^[16]。而 DTF 比 DT 更具有敏感性,可用于反映膈肌力量储备功能^[17],且 DT-FD 更具有指导价值^[18]。本研究 U-LP 组拔管后各时点 DB、DT、DTF 指标均优于 T-LP 组,且指标也更早地恢复到麻醉诱导前水平,说明个体化肺保护性通气策略更利于围手术期膈肌功能快速恢复。2 组 PACU 内拔管至 Aldrete 评分 ≥ 9 分时间的比较,U-LP 组明显优于 T-LP 组,这也进一步证明个体化肺保护性通气策略可使患者快速达到符合离开 PACU 的标准,在 PACU 内滞留的时间更短。

综上所述,U-LP 策略对老年腹腔镜结肠癌根治术患者术后膈肌功能保护具有积极作用,利于术后膈肌功能快速恢复,可有效缩短 PACU 内滞留时间,为老年腹腔镜结肠癌根治术患者围手术期安全可行的通气策略,值得临床推广。

参考文献

- [1] MCCOOL F D, OYIENG' O D O, KOO P. The utility of diaphragm ultrasound in reducing time to extubation[J]. Lung, 2020, 198(3): 499-505.
- [2] ZHOU X L, WEI X J, LI S P, et al. Lung-protective ventilation worsens ventilator-induced diaphragm atrophy and weakness [J]. Respir Res, 2020, 21(1): 16.
- [3] XUE S, WANG D, TU H Q, et al. The effects of robot-assisted laparoscopic surgery with trendelenburg position on short-term postoperative respiratory diaphragmatic function [J]. BMC Anesthesiol, 2024, 24(1): 92.
- [4] GOLIGHER E C, DRES M, PATEL B K, et al. Lung- and diaphragm-protective ventilation[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2020, 202(7): 950-961.
- [5] 程卫, 隆云. 膈肌保护性通气的概念及进展[J]. 首都医科大学学报, 2022, 43(5): 740-746.
- [6] 黄佳伟, 焦宇倩, 王娴雅, 等. 不同通气模式对妇科腹腔镜手术患者膈肌功能的影响[J]. 临床麻

醉学杂志,2023,39(11):1125-1130.

[7] GOLIGHER E C,DRES M,FAN E,et al. Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes[J]. Am J Respir Crit Care Med,2018,197(2):204-213.

[8] JANSEN D,JONKMAN A H,VRIES H J D,et al. Positive end-expiratory pressure affects geometry and function of the human diaphragm[J]. J Appl Physiol(1985),2021,131(4):1328-1339.

[9] CHENG M L,NI L F,HUANG L,et al. Effect of positive end-expiratory pressure on pulmonary compliance and pulmonary complications in patients undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a randomized control trial[J]. BMC Anesthesiol,2022,22(1):347.

[10] FERNANDEZ-BUSTAMANTE A,KLAWITTER J,REPINE J E,et al. Early effect of tidal volume on lung injury biomarkers in surgical patients with healthy lungs[J]. Anesthesiology,2014,121(3):469-481.

[11] LINDQVIST J,VAN DEN BERG M,VAN DER PIJL R,et al. Positive end-expiratory pressure ventilation induces longitudinal atrophy in diaphragm fibers[J]. Am J Respir Crit Care Med,2018,198(4):472-485.

[12] GÜLDNER A,KISS T,SERPA NETO A,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.

[13] 张银花,耿智隆. 不同肺复张压力下腹腔镜结直肠癌根治术老年患者肺不张情况和呼吸力学参数观察[J]. 山东医药,2023,63(11):74-78.

[14] 陈颖,易杰. 膈肌超声在麻醉管理中的应用进展[J]. 中国医学科学院学报,2022,44(5):891-898.

[15] OSMAN A M,HASHIM R M. Diaphragmatic and lung ultrasound application as new predictive indices for the weaning process in ICU patients[J]. Egyp J Radiol Nucl Med,2017,48(1):61-66.

[16] HELLYER N J,ANDREAS N M,BERNSTETER A S,et al. Comparison of diaphragm thickness measurements among postures via ultrasound imaging[J]. PM R,2017,9(1):21-25.

[17] RITTAYAMAI N,CHUAYCHOO B,TSCH-EIKUNA J,et al. Ultrasound evaluation of diaphragm force reserve in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Ann Am Thorac Soc,2020,17(10):1222-1230.

(收稿日期:2024-01-25 修回日期:2024-07-03)

(上接第 3474 页)

[11] 管俊杰,张亮,孟箭. 针刺治疗在加速康复外科中的应用进展[J]. 针刺研究,2021,46(3):248-253.

[12] 刘家城,苏雅珍. 针刺内关穴、合谷穴预防剖宫产术中恶心呕吐的临床疗效[J]. 深圳中西医结合杂志,2023,33(10):23-25.

[13] 许民栋,刘佳惠,易玮,等.《脉法赞》“官”“府”“神门”本义考析[J]. 中国中医基础医学杂志,2022,28(12):1938-1940.

[14] 王民集,朱江,杨永清. 中国针灸全书[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2012:143-145.

[15] 杨欢,王瑞辉. 王瑞辉教授临床应用大包穴经验拾遗[J]. 四川中医,2019,37(7):78-80.

[16] ZHANG W,ZHANG H,WANG S M,et al. Perioperative acupuncture optimizes surgical outcomes: theory, clinical practice and future perspectives[J]. Am J Chin Med,2022,50(4):961-978.

[17] 钟河江,李洪,杨天德. 针刺在体外循环心脏手术中的应用进展[J]. 医学综述,2019,25(4):795-799.

(收稿日期:2024-02-06 修回日期:2024-07-11)