

· 临床研究 ·

驱动压导向呼气末正压通气对老年患者腹腔镜前列腺癌根治术后肺功能的影响

张倩倩 孙高悦 钟晓倩 李云

【摘要】 目的 探讨驱动压导向的个体化呼气末正压(PEEP)通气对老年患者腹腔镜前列腺癌根治术后肺功能的影响。方法 选择 2021 年 8 月至 2022 年 6 月择期腹腔镜前列腺癌根治术的老年患者 60 例,年龄 ≥ 65 岁, BMI $18 \sim 30 \text{ kg/m}^2$, ASA II 或 III 级。采用随机数字表法将患者分为两组:驱动压(ΔP)导向组(P 组)和对照组(C 组),每组 30 例。P 组采用 ΔP 导向的 PEEP, C 组给予 PEEP $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ 。记录气腹-Trendelenburg 体位建立后即刻(T_0)、PEEP 滴定完成后 30 min(T_1)、1 h(T_2)、2 h(T_3)、术后 30 min(T_4)时 HR、MAP 并行血气分析,记录 PaO_2 、 PaCO_2 , 计算氧合指数(OI)。记录 T_0 — T_3 时的气道峰压(Ppeak)、气道平台压(Pplat)、动态肺顺应性(Cdyn)等呼吸力学指标并计算 ΔP 。于术前 1 d(T_5)、术后 1 d(T_6)、3 d(T_7)、7 d(T_8)测定第 1 秒用力呼气容积(FEV_1)、用力肺活量(FVC)、1 秒率(FEV_1/FVC)、呼气流量峰值(PEF)。记录术后 1 d 临床肺部感染评分(CPIS)和术后 7 d 肺部并发症的发生情况。结果 与 T_0 时比较, P 组和 C 组 T_4 时 PaO_2 和 OI 明显降低, T_1 — T_4 时 PaCO_2 明显升高, T_1 — T_3 时 MAP 明显降低, Ppeak、Pplat、Cdyn、 ΔP 均明显升高($P < 0.05$)。与 T_5 时比较, T_6 — T_8 时 P 组和 C 组 FEV_1 、FVC、PEF 明显降低, T_6 、 T_7 时 C 组 FEV_1/FVC 明显降低, T_6 时 P 组 FEV_1/FVC 明显降低($P < 0.05$)。与 C 组比较, P 组术中补液量和血管活性药使用发生率明显升高, T_1 — T_4 时 PaO_2 和 OI、 T_1 — T_3 时 PaCO_2 、Ppeak、Pplat、Cdyn 明显升高, T_1 — T_3 时 ΔP 明显降低, T_6 、 T_7 时 FEV_1 、FVC、 FEV_1/FVC 、PEF 均明显升高, 术后 1 d CPIS 评分和术后 7 d 肺部并发症发生率明显降低($P < 0.05$)。结论 驱动压导向的个体化 PEEP 通气能明显改善老年腹腔镜前列腺癌根治术患者术后肺功能, 降低术后肺部并发症发生率。

【关键词】 驱动压; 正压通气; 老年; 前列腺癌; 肺功能

Effect of driving pressure-guided positive end-expiratory pressure ventilation on pulmonary function in elderly patients after undergoing laparoscopic radical prostatectomy ZHANG Qianqian, SUN

Gaoyue, ZHONG Xiaolian, LI Yun. Department of Anesthesiology, Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China

Corresponding author: LI Yun, Email: yunli_001@ahyun.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the effect of driving pressure-guided individualized positive end-expiratory pressure (PEEP) ventilation on pulmonary function in elderly patients after undergoing laparoscopic radical prostatectomy. **Methods** A total of 60 elderly patients from August 2021 to June 2022, aged ≥ 65 years, BMI $18 \sim 30 \text{ kg/m}^2$, ASA physical status II or III, who undergoing elective laparoscopic radical prostatectomy were enrolled and divided into two groups: driving pressure-guided group (group P) and control group (group C), 30 patients in each group. Group P was given PEEP guided by driving pressure and group C was given PEEP of $5 \text{ cmH}_2\text{O}$. The intraoperative fluid infusion volume and the use of vasoactive drugs were recorded after the operation. HR, MAP, blood gas analysis including PaO_2 and PaCO_2 were recorded, and oxygenation index (OI) was calculated immediately after the establishment of pneumoperitoneum-Trendelenburg position (T_0), 30 minutes after the completion of PEEP titration (T_1), 1 hour after the completion of PEEP titration (T_2), 2 hours after the completion of PEEP titration (T_3), and 30 minutes after the operation (T_4). The respiratory mechanics indexes such as peak airway pressure (Ppeak), airway plateau pressure (Pplat), dynamic lung compliance (Cdyn) and the driving pressure was calculated at T_0 — T_3 . The forced expiratory volume in 1 second (FEV_1), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity (FEV_1/FVC) and peak expiratory flow (PEF)

DOI:10.12089/jca.2023.04.003

基金项目:安徽高校自然科学基金资助项目(KJ2019ZD24)

作者单位:230601 合肥市,安徽医科大学第二附属医院麻醉科

通信作者:李云, Email: yunli_001@ahyun.com

were measured 1 day before surgery (T_5), 1 day after surgery (T_6), 3 days after surgery (T_7), and 7 days after surgery (T_8). The clinical pulmonary infection score (CPIS) was performed 1 day after surgery, and the incidence of postoperative pulmonary complications (PPCs) within 7 days after surgery were recorded.

Results Compared with T_0 , PaO_2 and OI were significantly decreased at T_4 , $PaCO_2$ were significantly increased at T_1 - T_4 , MAP were significantly decreased while P_{peak} , P_{plat} , C_{dyn} , and ΔP were significantly increased at T_1 - T_3 in groups P and C ($P < 0.05$). Compared with T_5 , FEV_1 , FVC and PEF were significantly decreased at T_6 - T_8 in groups P and C, FEV_1/FVC were significantly decreased at T_6 and T_7 in group C, FEV_1/FVC were significantly decreased at T_6 in group P ($P < 0.05$). Compared with group C, the intraoperative fluid infusion volume and the use of vasoactive drugs were significantly increased, PaO_2 and OI at T_1 - T_4 , $PaCO_2$, P_{peak} , P_{plat} , C_{dyn} at T_1 - T_3 were significantly increased while ΔP at T_1 - T_3 were significantly decreased, FEV_1 , FVC , FEV_1/FVC , and PEF were significantly increased at T_6 and T_7 , the CPIS 1 day after operation and the incidence of PPCs 7 days after operation were significantly reduced in group P ($P < 0.05$). **Conclusion** Individualized PEEP ventilation guided by driving pressure can significantly improve postoperative pulmonary function and reduce the incidence of postoperative pulmonary complications in elderly patients with laparoscopic radical prostatectomy.

【Key words】 Driving pressure; Positive pressure ventilation; Aged; Prostatic cancer; Lung function

腹腔镜下前列腺癌根治术是一种被广泛接受的微创技术,它通常需要气腹和陡峭的 Trendelenburg 体位以获得足够的手术视野,其中气腹会导致膈肌的头侧移位和肺背侧部分肺不张,改变肺力学,增加气道压力,并导致肺和胸壁的静态顺应性降低^[1]。术中 Trendelenburg 卧位有 30° 的坡度,对心肺功能有不利影响^[2]。接受此手术的患者大多是老年患者,依从性低,肺功能下降,术中可能出现氧合管理困难,发生后肺部并发症的风险增加^[2]。驱动压(driving pressure, ΔP)是机械通气过程中促使肺泡开放的压力,可表示为气道平台压(plateau airway pressure, P_{plat})与 PEEP 之差^[3]。 ΔP 导向的个体化 PEEP 设置或可改善围术期患者的预后。本研究通过 ΔP 滴定个体化的 PEEP,探讨其对老年患者腹腔镜前列腺癌根治术后肺功能的影响。

资料与方法

一般资料 本研究经医院医学伦理委员会批准(SL-YX2021-095),患者或家属签署知情同意书。选择 2021 年 8 月至 2022 年 6 月择期行腹腔镜前列腺癌根治术的老年患者,年龄 ≥ 65 岁, BMI 18~30 kg/m^2 , ASA II 或 III 级。肺功能未见明显异常,无困难气道、哮喘或慢性阻塞性肺疾病等;预计手术时间 ≥ 2 h。排除标准:合并严重的呼吸系统、心血管疾病,肝肾功能损害,胸廓及脊柱畸形,最近 3 个月参与其他临床研究。

麻醉方法 患者术前常规禁饮禁食,未给予术前用药。入室后开放上肢外周静脉,监测 ECG、BP、 SpO_2 、 $P_{ET}CO_2$ 、BIS,行桡动脉穿刺置管监测有创血

压,行右侧颈内静脉穿刺置管用于监测 CVP 和术中补液。麻醉诱导:静脉注射咪达唑仑 0.03 mg/kg、舒芬太尼 0.4 $\mu g/kg$ 、依托咪酯 0.3 mg/kg、罗库溴铵 0.8 mg/kg。经口可视喉镜下行气管插管,连接呼吸机行机械通气。麻醉维持:采用静-吸复合麻醉,吸入 1%~2%七氟醚,静注丙泊酚 3~4 $mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 、瑞芬太尼 0.05~0.1 $\mu g \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ 、顺式阿曲库铵 0.1~0.2 $mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$,维持 BIS 40~60。术中补液以晶体液为主,当 MAP 下降幅度超过术前的 20%时,酌情静脉注射去氧肾上腺素 0.1 mg。手术结束前 30 min 停用顺式阿曲库铵和七氟醚,术毕停用丙泊酚和瑞芬太尼。

分组与处理 使用压力控制-容量保证通气模式,设置 V_T 6 ml/kg, RR 12 次/分, I:E 1:2, FiO_2 60%,吸入氧气流量为 2 L/min,维持 $P_{ET}CO_2$ 35~50 mmHg,必要时采用允许性高碳酸血症通气管管理策略,维持 $PaCO_2$ 上限不超过 70 mmHg^[4-5]。于气腹-Trendelenburg 体位建立、术毕均进行 1 次手法肺复张^[5]。采用随机数字表法将患者分为两组: ΔP 导向组(P 组)和对照组(C 组)。P 组使用 ΔP 导向的个体化 PEEP,具体方法为^[6]:气腹-Trendelenburg 位建立即刻,以获得最小 ΔP 为目标,从 PEEP 5 cmH_2O 开始,每次增加 1 cmH_2O ,保持 10 个呼吸循环,最大不超过 15 cmH_2O ,记录 ΔP ($\Delta P = P_{plat} - PEEP$),选择最低 ΔP 对应的 PEEP 值至手术结束。C 组 PEEP 设置为 5 $cm H_2O$ 直至手术结束。

观察指标 记录麻醉时间、手术时间、术中补液量、血管活性药使用例数、气腹压。于气腹-Trendelenburg 体位建立后立即(T_0)、PEEP 滴定完成后 30 min(T_1)、1 h(T_2)、2 h(T_3)、术后 30 min(T_4)记

录 HR、MAP 并行血气分析,记录 PaO₂、PaCO₂,计算氧合指数(oxygenation index, OI)。记录 T₀—T₃ 时气道峰压(peak airway pressure, Ppeak)、Pplat、动态肺顺应性(dynamic lung compliance, Cdyn)等呼吸力学指标并计算 ΔP。分别于术前 1 d(T₅)、术后 1 d(T₆)、3 d(T₇)、7 d(T₈)测定第 1 秒用力呼气容积(forced expiratory volume in the first second, FEV₁)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、1 秒率(FEV₁/FVC)、呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF)。术后 1d 进行临床肺部感染评分(clinical pulmonary infection score, CPIS),记录术后 7 d 内肺部并发症(肺不张、气胸、呼吸衰竭、吸入性肺炎、呼吸道感染、胸腔积液、支气管哮喘)的发生情况。

统计分析 根据预试验,P 组 OI 为(393.8±40.3)mmHg,C 组 OI 为(362.2±42.4)mmHg,假设检验标准 α=0.05,检验效能 1-β=0.8,两组样本量 1:1,考虑 10%的脱落率,预计需要样本量 60 例。

采用 SPSS 26.0 软件分析。正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用重复测量的方差分析;非正态

分布计量资料以中位数(*M*)和四分位数间距(IQR)表示,组间比较采用非参数检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ² 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

本研究无一例剔除,最终纳入患者 60 例。两组患者年龄、BMI、ASA 分级、手术时间、麻醉时间、气腹压差异均无统计学意义。与 C 组比较,P 组术中补液量和血管活性药使用率明显升高(*P*<0.05)(表 1)。

与 T₀ 时比较,P 组和 C 组 T₄ 时 PaO₂ 和 OI 明显降低(*P*<0.05),T₁—T₄ 时 PaCO₂ 明显升高(*P*<0.05),T₁—T₃ 时 MAP 明显降低(*P*<0.05)。与 C 组比较,P 组 T₁—T₄ 时 PaO₂ 和 OI、T₁—T₃ 时 PaCO₂ 明显升高(*P*<0.05)。两组 T₀—T₄ 时 HR、MAP 差异均无统计学意义(表 2)。

与 T₀ 时比较,T₁—T₃ 时 P 组和 C 组 Ppeak、Pplat、Cdyn、ΔP 均明显升高(*P*<0.05)。与 C 组比较,P 组 T₁—T₃ 时 Ppeak、Pplat、Cdyn 明显升高(*P*<

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	ASA II/III 级(例)	手术时间 (min)	麻醉时间 (min)	术中补液量 (ml)	血管活性药使用 [例(%)]	气腹压 (mmHg)
P 组	30	69.4±4.5	24.7±3.5	25/5	180.1±36.3	210.4±35.8	1 780.0±354.7 ^a	27(90) ^a	14.2±1.3
C 组	30	71.2±4.1	25.1±3.3	23/7	167.5±36.4	197.5±35.9	1 623.3±512.4	12(40)	14.6±1.3

注:与 C 组比较,^a*P*<0.05

表 2 两组患者不同时点 HR、MAP、PaO₂、PaCO₂ 和 OI 的比较($\bar{x}\pm s$)

指标	组别	例数	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
HR (次/分)	P 组	30	70.2±13.8	64.4±11.5	64.1±8.7	68.1±11.2	76.3±13.6
	C 组	30	71.9±13.9	65.7±6.0	65.5±7.6	69.7±12.5	76.3±9.8
MAP (mmHg)	P 组	30	94.7±10.5	82.0±9.2 ^a	80.0±9.1 ^a	80.6±7.8 ^a	97.1±8.7
	C 组	30	93.5±11.9	84.3±9.9 ^a	81.5±8.7 ^a	83.7±8.8 ^a	97.1±10.0
PaO ₂ (mmHg)	P 组	30	252.0±32.7	269.0±33.9 ^b	273.2±38.4 ^b	268.9±39.3 ^b	233.5±31.9 ^{ab}
	C 组	30	260.9±47.0	248.9±34.3	248.9±32.9	248.6±32.0	217.3±29.0 ^a
PaCO ₂ (mmHg)	P 组	30	42.1±4.8	57.2±7.1 ^{ab}	58.7±7.1 ^{ab}	60.1±7.9 ^{ab}	47.8±4.1 ^a
	C 组	30	42.0±5.8	50.6±6.3 ^a	52.8±6.9 ^a	55.0±6.9 ^a	46.0±5.0 ^a
OI (mmHg)	P 组	30	420.0±54.5	448.3±56.5 ^b	455.4±64.0 ^b	448.2±65.4 ^b	389.2±53.0 ^{ab}
	C 组	30	434.9±78.2	414.8±57.2	414.8±54.8	414.3±53.4	362.2±48.4 ^a

注:与 T₀ 比较,^a*P*<0.05;与 C 组比较,^b*P*<0.05

0.05), ΔP 明显降低 ($P < 0.05$) (表 3)。

与 T_5 时比较, T_6 — T_8 时 P 组和 C 组 FEV_1 、FVC、PEF 明显降低 ($P < 0.05$), T_6 、 T_7 时 C 组 FEV_1 /FVC 明显降低, T_6 时 P 组 FEV_1 /FVC 明显降低 ($P < 0.05$)。与 C 组比较, T_6 、 T_7 时 P 组 FEV_1 、FVC、 FEV_1 /FVC、PEF 均明显升高 ($P < 0.05$) (表 4)。

与 C 组比较, P 组术后 1 d CPIS 评分和术后 7 d 肺部并发症发生率明显降低 ($P < 0.05$) (表 5)。

讨 论

腹腔镜下前列腺癌根治术通常需要气腹和陡峭的 Trendelenburg 卧位以获得足够的手术视野。腹腔镜手术用二氧化碳气腹时, 腹内压通常高于气道压, 这种压力梯度通常会导致膈肌的头侧移位和肺背侧部分肺不张的形成, 改变肺力学, 升高气道压力, 导致肺和胸壁的静态顺应性降低, 同时减少肺容量。这些不良反应因 Trendelenburg 卧位的陡

峭位置而加剧^[7], 此外, 接受该手术的大多是老年患者, 老年患者由于年龄增长, 肺部生理、形态和组织学发生变化, 包括肺弹性回缩力减弱、胸壁变硬和肺泡表面积减小等, 这些变化降低了呼吸功能储备, 增加了术后肺部并发症的发生^[2,8]。老年患者对呼吸抑制剂的敏感性增加, 保护性气道反应减弱, 对低氧血症的反应降低, 可能会给术后呼吸系统并发症的发展带来额外的风险^[9]。因此, 需要寻求更好的通气设置, 从而在腹腔镜前列腺癌根治术中尽量减少气腹和陡峭的 Trendelenburg 卧位的不利影响^[10]。

PEEP 是肺保护性通气策略的重要组成部分, 它通过在气腹期间保持气道开放并在呼气末期保持足够的气体交换来防止肺不张的发展, 但需根据患者自身情况和手术特征以及手术体位来调节^[11]。目前关于如何设置个体化 PEEP 尚缺乏一致的标准。 ΔP 是指潮气量/呼吸系统顺应性, 也可

表 3 两组患者不同时点呼吸参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T_0	T_1	T_2	T_3
Ppeak (cmH ₂ O)	P 组	30	16.3±3.8	26.5±2.7 ^{ab}	27.3±2.7 ^{ab}	28.1±2.6 ^{ab}
	C 组	30	16.2±2.9	23.2±3.8 ^a	25.1±3.6 ^a	25.1±4.2 ^a
Pplat (cmH ₂ O)	P 组	30	15.9±3.4	26.6±2.6 ^{ab}	27.1±2.7 ^{ab}	27.5±2.7 ^{ab}
	C 组	30	15.9±2.8	22.9±3.7 ^a	24.9±3.6 ^a	25.0±4.4 ^a
Cdyn (mL/cmH ₂ O)	P 组	30	56.9±11.4	40.9±6.6 ^{ab}	37.4±7.4 ^{ab}	38.2±8.0 ^{ab}
	C 组	30	57.3±12.7	32.5±7.2 ^a	30.2±6.2 ^a	31.0±8.8 ^a
ΔP (cmH ₂ O)	P 组	30	11.0±3.4	14.8±2.1 ^{ab}	15.4±2.6 ^{ab}	14.4±3.3 ^{ab}
	C 组	30	11.1±2.8	17.9±3.7 ^a	19.5±3.9 ^a	19.6±4.5 ^a

注: 与 T_0 比较, ^a $P < 0.05$; 与 C 组比较, ^b $P < 0.05$

表 4 两组患者不同时点肺功能指标的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T_5	T_6	T_7	T_8
FEV_1 (L)	P 组	30	2.8±0.5	1.5±0.5 ^{ab}	2.3±0.6 ^{ab}	2.5±0.6 ^a
	C 组	30	2.6±0.6	1.0±0.5 ^a	1.9±0.7 ^a	2.3±0.7 ^a
FVC (L)	P 组	30	3.3±0.5	2.1±0.6 ^{ab}	2.9±0.5 ^{ab}	3.0±0.5 ^a
	C 组	30	3.1±0.6	1.6±0.6 ^a	2.5±0.7 ^a	2.8±0.8 ^a
FEV_1 /FVC (%)	P 组	30	84.6±7.8	73.8±12.1 ^{ab}	80.6±9.7 ^b	83.8±8.7
	C 组	30	82.4±6.7	65.0±17.6 ^a	74.7±12.0 ^a	81.8±5.5
PEF (L/min)	P 组	30	6.0±1.5	3.4±1.7 ^{ab}	4.7±1.4 ^{ab}	4.9±1.7 ^a
	C 组	30	5.5±1.5	2.2±1.2 ^a	3.4±1.5 ^a	4.3±1.8 ^a

注: 与 T_5 比较, ^a $P < 0.05$; 与 C 组比较, ^b $P < 0.05$

表 5 两组患者术后 CPIS 和肺部并发症发生情况的比较

组别	例数	CPIS (分)	肺部并发症 [例(%)]
P 组	30	0.9±0.8 ^a	5(17) ^a
C 组	30	1.6±1.1	12(40)

注:与 C 组比较,^a $P < 0.05$

表示为 P_{plat}-PEEP^[11]。在机械通气的过程中,普遍认为低 ΔP 能够优化肺保护性通气策略,保护肺泡免受过度扩张的不利影响,从而降低术后肺部并发症发生率^[12]。对于手术患者,一项 Meta 分析^[13]表明,呼吸功能正常的患者术中的 ΔP 升高会导致术后肺部并发症增加, ΔP 的降低可以改善患者的临床预后。因此本研究探讨了 ΔP 引导下的个体化 PEEP 通气对气腹-Trendelenburg 体位患者的肺保护作用。

本研究结果显示,两组患者不同时点 HR、MAP 差异无统计学意义,但使用 ΔP 导向的患者血管升压药使用率更高,补液量也更大。高水平的 PEEP 可导致患者术中血管活性药的需求和术中补液量增加^[14],与本研究结果一致。这些结果表明,虽然较高的 PEEP 可以提供更有利的呼吸力学和更均匀的通气分布,但高水平的 PEEP 可导致胸内压升高,影响血流动力学,从而出现术中低血压,增加血管活性药物的使用^[15]。在个体化 PEEP 水平较高的情况下,必须权衡获得更均匀通气的优势与血流动力学不良反应的风险,当需要优先考虑避免气体交换恶化时,建议应用个体化高 PEEP。

PaO₂、OI 均为患者血气分析指标,其中 PaO₂ 主要反映外呼吸的功能状态指标,OI 反映患者身体的氧合状况^[16]。本研究结果显示,使用 ΔP 导向的患者在滴定 PEEP 后的各时点 PaO₂、OI 及 C_{dyn} 均明显高于未使用 ΔP 导向的患者,可能是由于在气腹-Trendelenburg 体位下,5 cmH₂O PEEP 不足以保持肺泡开放,未使用 ΔP 导向的患者术中再次出现了肺泡塌陷;使用 ΔP 导向的患者通过滴定最佳 PEEP 使萎陷肺泡扩张,改善 FRC,提高 V/Q,优化术中呼吸力学,从而获得更好的呼吸系统顺应性和氧合能力。

本研究结果显示,使用 ΔP 导向的患者 FEV₁、FVC、FEV₁/FVC 明显增加,提示 ΔP 导向的 PEEP 可改善腹腔镜前列腺癌根治术患者术后肺功能,有

利于预后。使用 ΔP 导向的患者 CPIS、术后 7 d 内肺不张及呼吸道感染发生率降低,提示 ΔP 导向的 PEEP 可减轻腹腔镜前列腺癌根治术患者的呼吸机相关性肺损伤。原因可能有以下几点:第一,对于健康肺而言,机械通气过程中接受常规 5 cmH₂O 的 PEEP 不足以提供代偿性的肺泡压来对抗气腹-Trendelenburg 体位中肺泡压的下降,从而使功能性肺泡复张不全无法改善肺部气体交换和呼吸力学;此外 PEEP 过低可能会在通气周期促进小气道反复打开和关闭导致肺泡剪切力增加,从而无法预防肺损伤,实际上肺保护性通气需要的 PEEP 水平可能比 5 cmH₂O 更高^[17-18],Cressoni 等^[19]研究也表明,腹腔镜手术中低水平的 PEEP 不足以对抗引起肺组织塌陷的压力从而导致术后肺部并发症发生风险增加。第二,本研究中 ΔP 导向的个体化 PEEP 为 (11.8±2.1)cmH₂O,略高于先前对接受开腹或腹腔镜手术的患者进行的研究中的个体化 PEEP 水平^[6,20-21],这可能归因于高腹内压和陡峭的 Trendelenburg 体位的综合作用。个体化高水平 PEEP 在呼气末保持气道开放,避免麻醉或气腹时由于背侧肺不张区域的影响而造成的通气失调,使肺通气重新分布,局域通气均质化,改善了肺和胸壁的顺应性,减轻了肺部炎症。高水平 PEEP 能改善氧合和呼吸系统顺应性,降低术后肺部并发症发生率^[22-23]。

尽管本研究创新性地显示, ΔP 导向 PEEP 滴定的肺保护性通气策略较传统肺保护性通气策略可改善术后的肺功能、降低术后肺部并发症,但本研究仍存在以下局限:既往研究多采用 PEEP 递减法寻找最小 ΔP ,本研究为了减少对患者的损伤选择了递增 PEEP 试验,在试验开始时,PEEP 很可能低于肺泡关闭压力。从理论上讲,这可能会导致某些肺部分重新塌陷,从而抵消之前肺复张的影响;使用增加 PEEP 而不是减少 PEEP 来确定最佳 PEEP,这两种方法可能会导致不同的最佳 PEEP 和 ΔP ;与 CT 比较,用床旁胸部 X 线片来评估患者术后肺部状况可能不够精确;由于样本量相对较小,疾病病种单一,无法正确进行亚组分析;由于本研究样条件有限,未能长时间观察患者术后并发症的发生情况。对比 PEEP 递增或递减滴定法对此类患者的肺保护作用、样本量扩大、观察患者术后长期并发症的发生情况有待进一步研究。

综上所述,在老年患者腹腔镜前列腺癌根治术中,以 ΔP 为导向设置个体化 PEEP 安全可行,术中

采用 ΔP 引导个体化 PEEP 设置可明显改善老年患者腹腔镜前列腺癌根治术后肺功能,降低术后肺部并发症发生率。

参 考 文 献

- [1] Yoon HK, Kim BR, Yoon S, et al. The effect of ventilation with individualized positive end-expiratory pressure on postoperative atelectasis in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy: a randomized controlled trial. *J Clin Med*, 2021, 10(4): 850.
- [2] Choi ES, Oh AY, In CB, et al. Effects of recruitment manoeuvre on perioperative pulmonary complications in patients undergoing robotic assisted radical prostatectomy: a randomised single-blinded trial. *PLoS One*, 2017, 12(9): e0183311.
- [3] 罗桓宇, 张亚平, 谢俊然. 驱动压在肺保护性通气策略中的研究进展. *中国医药指南*, 2021, 19(11): 31-33.
- [4] 吴宇娟, 高巨. 围术期机械通气/肺保护性通气再认识. *临床麻醉学杂志*, 2020, 36(1): 82-85.
- [5] 代元大, 洪秀云, 姚静, 等. 不同水平呼气末正压通气对肥胖患者围术期呼吸功能的影响. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37(3): 247-252.
- [6] Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial. *Anesthesiology*, 2019, 130(3): 385-393.
- [7] Burks C, Nelson L, Kumar D, et al. Evaluation of pulmonary complications in robotic-assisted gynecologic surgery. *J Minim Invasive Gynecol*, 2017, 24(2): 280-285.
- [8] Zaugg M, Lucchinetti E. Respiratory function in the elderly. *Anesthesiol Clin North Am*. 2000, 18(1): 47-58.
- [9] Sprung J, Gajic O, Warner DO. Review article: age related alterations in respiratory function-anesthetic considerations. *Can J Anaesth*, 2006, 53(12): 1244-1257.
- [10] Shono A, Katayama N, Fujihara T, et al. Positive end-expiratory pressure and distribution of ventilation in pneumoperitoneum combined with steep trendelenburg position. *Anesthesiology*, 2020, 132(3): 476-490.
- [11] 闫声明, 袁田, 高巨. 全麻机械通气期间呼气末正压影响因素与个体化实施的研究进展. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37(6): 661-663.
- [12] 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 anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med*, 2016, 4(4): 272-280.
- [13] Pereira SM, Tucci MR, Morais C, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology*, 2018, 129(6): 1070-1081.
- [14] PROVE Network Investigators for the Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology, Hemmes SN, Gama de Abreu M, et al. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*, 2014, 384(9942): 495-503.
- [15] Algera AG, Pisani L, Bergmans D, et al. Relax-restricted versus liberal positive end-expiratory pressure in patients without ARDS: protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 2018, 19(1): 272.
- [16] 张志强, 马海英, 冯宪军, 等. 重症肺炎合并重度急性呼吸窘迫综合征患者临床特点与预后影响因素分析. *中华医院感染学杂志*, 2016, 26(6): 1297-1299.
- [17] Mezidi M, Parrilla FJ, Yonis H, et al. Effects of positive end-expiratory pressure strategy in supine and prone position on lung and chest wall mechanics in acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 86.
- [18] LAS VEGAS investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications: LAS VEGAS—an observational study in 29 countries. *Eur J Anaesthesiol*. 2017, 34(8): 492-507.
- [19] Cressoni M, Chiumello D, Carlesso E, et al. Compressive forces and computed tomography-derived positive end-expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*, 2014, 121(3): 572-581.
- [20] Ruszkai Z, Kiss E, László I, et al. Effects of intraoperative positive end-expiratory pressure optimization on respiratory mechanics and the inflammatory response: a randomized controlled trial. *J Clin Monit Comput*, 2021, 35(3): 469-482.
- [21] Van Hecke D, Bidgoli JS, Van der Linden P. Does lung compliance optimization through PEEP manipulations reduce the incidence of postoperative hypoxemia in laparoscopic bariatric surgery? A randomized trial. *Obes Surg*, 2019, 29(4): 1268-1275.
- [22] Wang Y, Wang H, Wang H, et al. Exploring the intraoperative lung protective ventilation of different positive end-expiratory pressure levels during abdominal laparoscopic surgery with Trendelenburg position. *Ann Transl Med*, 2019, 7(8): 171.
- [23] de Jong M, Ladha KS, Vidal Melo MF, et al. Differential effects of intraoperative positive end-expiratory pressure (PEEP) on respiratory outcome in major abdominal surgery versus craniotomy. *Ann Surg*, 2016, 264(2): 362-369.

(收稿日期:2022-07-15)