· 临床研究 ·

驱动压指导 PEEP 滴定对机器人辅助根治性前列腺切除术老年患者呼吸功能的影响

姚婧 王子轩 朱佳羽 苏学森 刘淑芳 苑昕 张文颖 聂丽霞 田首元

【摘要】 目的 观察驱动压(DP)指导呼气末正压(PEEP)滴定对机器人辅助根治性前列腺切除术(RARP)老年患者呼吸功能的影响。方法 选择 2020 年 9 月至 2021 年 9 月择期全麻下行 RARP 的老年患者 40 例,年龄 65~80 岁,BMI 19~28 kg/m²,ASA II 或 III 级。将患者随机分为两组:DP 指导组(D 组)和对照组(C 组),每组 20 例。D 组:机械通气后,PEEP 从 4 cmH₂O 开始,以 1 cmH₂O 增幅逐渐增加,每个 PEEP 水平维持 4 min,计算并记录 4 min 内最后 1 次呼吸循环的 DP 值,寻找 DP 最低值,此时对应的 PEEP 为平卧位时的最佳 PEEP。屈氏体位且气腹建立后重复上述操作,滴定屈氏体位气腹下的最佳 PEEP,直至手术结束。C 组:以 5 cmH₂O 的固定 PEEP 进行机械通气。记录平卧位最佳 PEEP 设置完成后(C 组固定 PEEP 通气后)4 min (T₁)、屈氏体位气腹后滴定的最佳 PEEP 通气(C 组改变体位与建立气腹后)1 h (T₂)、2 h (T₃) 血气分析结果、气道峰压(P_{peak})、气道平台压(P_{plat})、肺动态顺应性(C_{dyn}),并计算肺泡动脉氧分压差(A-aDO₂)、氧合指数(OI)、呼吸指数(RI)、死腔/潮气量比值(V_D/V_T),记录 T₁、T₃、拔管后 1 min (T₄)、术后 2 h (T₅) 血清白细胞介素-6(IL-6)、白细胞介素-8(IL-8)、肿瘤坏死因子-α(TNF-α)浓度。记录术后肺部并发症(PPCs)的发生情况。结果 与 C 组比较,D 组 T₁、T₂、T₃ 时 PaO₂、C_{dyn}、OI 明显升高(P<0.05),A-aDO₂、RI 明显降低(P<0.05),T₁、T₃、T₄、T₅ 时血清 IL-6、IL-8、TNF-α 浓度明显降低(P<0.05)。两组术中 P_{peak}、P_{plat}、PaCO₂、V_D/V_T 差异无统计学意义。两组均未发生 PPCs。结论 最小驱动压指导最佳呼气末正压设置能够改善机器人辅助根治性前列腺切除术老年患者术中呼吸功能,提高患者氧合。

【关键词】 驱动压;呼气末正压;呼吸功能;炎症因子

Effect of drive pressure-guided PEEP titration on lung function in elderly patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy YAO Jing, WANG Zixuan, ZHU Jiayu, SU Xuesen, LIU Shufang, YUAN Xin, ZHANG Wenjie, NIE Lixia, TIAN Shouyuan. School of Anesthesiology, Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China

Corresponding author: TIAN Shouyuan, Email: chinatsyjj@126.com

【Abstract】 **Objective** To observe the effect of drive pressure (DP)-guided positive end-expiratory pressure (PEEP) titration on pulmonary function and inflammatory factors in elderly patients with robotic-assisted radical prostatectomy (RARP). **Methods** Forty elderly patients who were selected from September 2020 to September 2021, undergoing elective general anesthesia for downward RARP surgery, aged 65–80 years, BMI 19–28 kg/m², ASA physical status II or III, were randomly divided into two groups: drive pressure guidance group (group D) and control group (group C), 20 patients in each group. Group D: after mechanical ventilation, PEEP started at 4 cmH₂O and gradually increased by 1 cmH₂O, and each PEEP level was maintained for 4 minutes. The DP value of the last respiratory cycle within 4 minutes was calculated and recorded until the lowest value of DP appeared when DP corresponded to the optimal PEEP in the recumbent position. The above procedure was repeated after the establishment of the pneumoperitoneum to titrate the optimal PEEP under the pneumoperitoneum until the end of the procedure. Group C: mechanical ventilation was performed with 5 cmH₂O of fixed PEEP. After the optimal PEEP setting (after group C had fixed PEEP ventilation) 4 minutes (T₁), optimal PEEP ventilation after titration in the pneumoperitoneum position (group C versus after pneumoperitoneum position change) at 1 hour (T₂), 2 hours (T₃), results of the blood gas analysis were recorded. The airway peak pressure (P_{peak}), airway plateau pressure

DOI: 10.12089/jca.2022.07.002

基金项目:山西医科大学第一医院院级基金(YD1608、YJ161709)

作者单位:030000 太原市,山西医科大学麻醉学院(姚婧、王子轩、朱佳羽);山西医科大学第一临床医学院(苏学森);山西医科大学法医学院(刘淑芳);山西医科大学第一医院麻醉科(苑昕、张文颖、聂丽霞、田首元)

通信作者:田首元,Email: chinatsyjj@126.com

(Pplat), and pulmonary dynamic compliance (Cdyn) at T_1 , T_2 , T_3 were recorded. Oxygen partial pressure difference in alveolar artery (A-aDO₂), oxygenation index (OI), respiratory index (RI), and dead chamber / tidal volume ratio (V_D/V_T) were also calculated at T_1 , T_2 , T_3 . The concentrations of interleukin-6 (IL-6), interleukin-8 (IL-8), and tumor necrosis factor- α (TNF- α) at T_1 , T_3 , 1 minute after extubation (T_4), 2 hours after surgery (T_5) were recorded. The incidence of postoperative pulmonary complications (PPCs) was recorded. **Results** Compared with group C, PaO₂, Cdyn, OI were significantly increased at T_1 , T_2 , T_3 ($P < 0.05$), the A-aDO₂ and RI were reduced ($P < 0.05$), IL-6, IL-8, TNF- α were decreased at T_1 , T_3 , T_4 , T_5 ($P < 0.05$). There were no significant differences in intraoperative Ppeak, Pplat, PaCO₂, and V_D/V_T . There were no PPCs in both groups. **Conclusion** Minimum drive pressure guiding optimal PEEP can improve intraoperative lung function, improve oxygenation, and enhance intraoperative safety and tolerance in elderly patients.

【Key words】 Drive pressure; Positive end-expiratory pressure; Lung function; Inflammatory factor

机器人辅助下根治性前列腺切除术 (robotics assisted radical prostatectomy, RARP) 具有微创、精准、恢复快等优点,并能保留患者术后尿控功能^[1-2]。在 RARP 期间需要屈氏体位和建立气腹,而这种体位和气腹的建立会使膈肌向头侧移位,降低患者术中呼吸系统顺应性和功能残气量,从而对肺功能产生不利影响^[3]。在全麻机械通气期间,呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP) 可以使萎陷的肺膨胀,改善通气和氧合,但若设置过低会导致肺膨胀不全,过高则导致肺过度充气或循环波动^[4-6],因此设置最佳的 PEEP 尤为重要。本研究采用最小驱动压 (driving pressure, DP) 指导最佳 PEEP 设置,探讨最佳 PEEP 对于行 RARP 的老年患者肺功能的影响,为临床肺保护通气策略的实施提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准 [2019 伦审字 (K015) 号], 已在中国临床试验中心注册 (ChiCTR2100043236), 患者或家属签署知情同意书。选择 2020 年 9 月至 2021 年 9 月择期行全麻下 RARP 的老年患者, 年龄 65~80 岁, BMI 19~28 kg/m², ASA II 或 III 级, 术前肺功能基本正常。排除标准: 合并严重呼吸系统疾病, 心血管系统疾病, 神经精神类疾病, 脊柱、胸廓畸形, 胸科手术史或近 6 个月手术史。剔除标准: 滴定 PEEP 过程中出现低氧血症 ($SpO_2 \leq 92\%$), 气道峰压 (P_{peak}) > 40 cmH₂O, 术中出现大出血、严重过敏性休克等并发症^[7]。

分组与处理 采用随机数字表法将患者分为两组: DP 指导组 (D 组) 和对照组 (C 组)。D 组: V_T 6 ml/kg+DP 指导的最佳 PEEP 设置。具体方法: 机械通气后, PEEP 从 4 cmH₂O 开始, 以 1 cmH₂O 增幅逐渐升高, 每个 PEEP 水平维持 4 min, 计算并记录

4 min 内最后一次呼吸循环的 DP 值, 寻找 DP 最低值, 此时对应 PEEP 为平卧位时的最佳 PEEP。屈氏体位及气腹建立后重复上述操作, 滴定屈氏体位及气腹下的最佳 PEEP, 直至手术结束。C 组: V_T 6 ml/kg+固定 PEEP 为 5 cmH₂O 进行机械通气。

麻醉方法 禁食 8 h, 禁饮 2 h, 入室后吸氧, 监测 ECG、HR、SpO₂ 和麻醉深度、肌松, 开放静脉通路, 局麻下桡动脉穿刺置管监测 MAP、脉搏压变异度 (pulse pressure variation, PPV)。麻醉诱导: 依次静注舒芬太尼 0.4 μ g/kg、依托咪酯 0.3 mg/kg、顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg, 待 TOF 计数为 0 时行气管内插管。以容量控制通气 (VCV) 模式行机械通气, V_T 6 ml/kg, RR 12 次/分, 吸气末暂停百分比 20%, I : E 1 : 2, 新鲜氧流量 2 L/min, FiO₂ 60%, 维持 $P_{ET}CO_2$ 35~45 mmHg。术中按外科要求建立 12 mmHg 气腹压力和 35°~45° 屈氏体位。麻醉维持: 吸入 1 MAC 七氟醚, 静脉泵注丙泊酚 50~150 μ g · kg⁻¹ · min⁻¹、瑞芬太尼 0.05~0.20 μ g · kg⁻¹ · min⁻¹, 维持 BIS 40~60, 按需追加肌松药, 维持 TOF 计数 ≤ 2 , 必要时追加舒芬太尼。术中采用目标导向液体治疗, 以晶体液为主, 维持 MAP 下降幅度不超过基线值的 20% 且 PPV < 13%。如果 MAP < 55 mmHg 或下降幅度 $\geq$ 基线值的 25%, 或 SBP < 90 mmHg, 酌情使用麻黄碱 6 mg 或甲氧明 2 mg 或胶体液。

观察指标 记录术前患者年龄、BMI、ASA 分级、吸烟史、屏气试验等一般情况。术中手术时间、气腹体位时间、气腹压力、补晶液体量、补胶液体量、使用血管活性药情况。记录平卧位最佳 PEEP 设置完成后 (C 组固定 PEEP 通气后) 4 min (T_1)、体位气腹后滴定的最佳 PEEP 通气 (C 组改变体位与建立气腹后) 1 h (T_2)、2 h (T_3) 血气分析 (PaO₂、PaCO₂) 结果、气道峰压 (P_{peak})、气道平台压 (Pplat)、肺动态顺应性 (Cdyn), 并计算肺泡动脉氧

分压差 (A-aDO₂)、氧合指数 (oxygenation index, OI)、呼吸指数 (RI)、死腔/潮气量比值 (V_D/V_T)。公式如下: A-aDO₂ = (P_B - P_{H₂O}) × FiO₂ - PaCO₂ - PaO₂, OI = PaO₂/FiO₂, RI = A-aDO₂/PaO₂, V_D/V_T = (PaCO₂ - P_{ET}CO₂)/PaCO₂。注: P_B (大气压) 为 690 mmHg; P_{H₂O} (室温下饱和水蒸气压) 为 47 mmHg。

采用 ELISA 法检测 T₁、T₃、拔管后 1 min (T₄)、术后 2 h (T₅) 时血清炎性因子白细胞介素-6 (IL-6)、白细胞介素-8 (IL-8)、肿瘤坏死因子-α (TNF-α) 浓度。记录术后住院时间, 术后住院期间体温 ≥ 38℃、咳嗽咳痰、低氧血症、急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS)、支气管痉挛、吸入性肺炎等评估术后肺部并发症 (postoperative pulmonary complications, PPCs) 的发生情况 (根据 PPCs 的诊断标准, 同时满足上述 3 种以上症状者诊断为 PPCs^[8])。

统计分析 本研究根据预试验 OI 的结果, D 组 OI 为 (305.92 ± 26.44) mmHg, C 组 OI 为 (273.76 ± 42.02) mmHg。采用 MedSci Sample Size tools 进行样本量估算, 选用两组独立样本均数比较, 假设 α = 0.05, 1 - β = 0.8, 脱落率为 10%, 计算出样本量为 40 例。

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。正态分布计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用成组 *t* 检验, 组内比较采用重复测量方差分析; 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 χ^2 检验或 Fisher 确切概率检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

本研究初始纳入患者 41 例, 因术中出现 Ppeak > 40 cmH₂O 剔除 1 例, 最终纳入 40 例, 每组 20 例。两组患者年龄、BMI、ASA 分级、吸烟史、屏气试验等术前一般情况差异无统计学意义 (表 1)。

两组手术时间、气腹体位时间、气腹压力、补晶液量、补胶体液量、使用血管活性药差异无统计学意义 (表 2)。

与 T₁ 时比较, T₂、T₃ 时两组 Ppeak、Pplat 明显升高, Cdyn 明显下降 (P < 0.05)。与 C 组比较, T₁、T₂、T₃ 时 D 组 Cdyn 明显升高 (P < 0.05)。两组不同时间点 Ppeak、Pplat 差异无统计学意义 (表 3)。

与 T₁ 时比较, T₂、T₃ 时 D 组 A-aDO₂、RI 明显降低 (P < 0.05)。与 C 组比较, T₁、T₂、T₃ 时 D 组 PaO₂、

表 1 两组患者一般情况的比较

指标	D 组 (n=20)	C 组 (n=20)
年龄 (岁)	70.3 ± 7.1	69.5 ± 7.0
BMI (kg/m ²)	24.2 ± 3.1	25.6 ± 2.8
ASA II/III 级 (例)	16/4	17/3
吸烟史 [例 (%)]	15 (75)	16 (80)
屏气试验 (s)	31.4 ± 3.2	32.1 ± 5.3
FEV ₁ (%)	91.8 ± 9.7	93.4 ± 9.3
FEV ₁ /FVC (%)	86.4 ± 6.3	85.9 ± 7.1

表 2 两组患者术中情况的比较

指标	D 组 (n=20)	C 组 (n=20)
手术时间 (min)	261.1 ± 33.2	256.5 ± 66.5
气腹体位时间 (min)	235.2 ± 25.3	223.5 ± 28.7
气腹压力 (cmH ₂ O)	14.0 ± 1.4	13.9 ± 1.7
补晶液量 (ml)	1 765.4 ± 184.3	1 827.2 ± 203.6
补胶体液量 (ml)	273.6 ± 58.5	284.3 ± 47.5
使用血管活性药 [例 (%)]	6 (30)	7 (35)

OI 明显升高, A-aDO₂、RI 明显降低 (P < 0.05)。两组 PaCO₂、V_D/V_T 差异无统计学意义 (表 4)。

与 T₁ 时比较, T₃、T₄、T₅ 时两组血清 IL-6、IL-8、TNF-α 浓度明显升高 (P < 0.05)。与 C 组比较, T₁、T₃、T₄、T₅ 时 D 组血清 IL-6、IL-8、TNF-α 浓度明显降低 (P < 0.05, 表 5)。

D 组术后住院时间 (5.3 ± 0.3) d, C 组术后住院时间 (5.7 ± 0.4) d, 两组差异无统计学意义。术后住院期间 D 组发生咳嗽咳痰 2 例 (10%), C 组 3 例 (15%); D 组发生低氧血症 3 例 (15%), C 组 2 例 (10%), 两组差异无统计学意义。两组术后体温正常, 均未发生 ARDS、支气管痉挛和吸入性肺炎。根据 PPCs 诊断标准, 两组均未发生 PPCs。

讨 论

在肺保护性通气策略中, 如何设置最佳 PEEP 成为近年来研究机械通气的关键问题。在机械通气、患者呼吸肌不做功时, DP = Pplat - PEEP, 是驱动肺泡扩张的压力。近年来肺保护性通气策略的研究^[9-11]表明, 小 V_T 和 PEEP 设置对于肺功能的有利

表 3 两组患者术中不同时点呼吸力学指标的比较 ($\bar{x}\pm s$)

指标	组别	例数	T ₁	T ₂	T ₃
Ppeak (cmH ₂ O)	D 组	20	18.05±2.35	31.45±4.30 ^a	32.20±4.15 ^a
	C 组	20	18.65±3.45	29.35±4.10 ^a	29.20±5.43 ^a
Pplat (cmH ₂ O)	D 组	20	12.95±2.52	26.85±3.54 ^a	26.70±2.94 ^a
	C 组	20	12.45±1.82	24.05±3.61 ^a	24.65±5.64 ^a
Cdyn	D 组	20	64.60±13.57 ^b	30.25±4.89 ^{ab}	28.70±4.69 ^{ab}
	C 组	20	49.80±4.47	24.45±2.86 ^a	24.20±3.30 ^a

注:与 T₁ 比较,^aP<0.05;与 C 组比较,^bP<0.05

表 4 两组患者不同时点呼吸指标的比较 ($\bar{x}\pm s$)

指标	组别	例数	T ₁	T ₂	T ₃
PaO ₂ (mmHg)	D 组	20	190.75±14.71 ^a	198.30±12.71 ^a	195.51±21.35 ^a
	C 组	20	165.45±26.18	165.05±15.38	167.96±21.68
PaCO ₂ (mmHg)	D 组	20	37.19±3.83	42.91±8.15	42.40±5.81
	C 组	20	35.95±3.84	43.40±6.89	42.86±6.19
A-aDO ₂ (mmHg)	D 组	20	159.27±15.23 ^a	148.28±14.08 ^{ab}	146.64±21.20 ^{ab}
	C 组	20	183.53±20.93	176.49±13.32	173.50±22.91
OI(mmHg)	D 组	20	317.85±26.44 ^a	328.57±20.54 ^a	331.21±39.16 ^a
	C 组	20	270.76±42.02	272.56±27.98	277.76±39.47
RI(mmHg)	D 组	20	0.84±0.17 ^a	0.74±0.09 ^{ab}	0.75±0.19 ^{ab}
	C 组	20	1.19±0.27	1.11±0.22	1.01±0.43
V _D /V _T	D 组	20	0.19±0.09	0.18±0.09	0.16±0.10
	C 组	20	0.17±0.04	0.19±0.07	0.19±0.08

注:与 C 组比较,^aP<0.05;与 T₁ 比较,^bP<0.05

表 5 两组患者不同时点血清炎症因子的比较 (ng/L, $\bar{x}\pm s$)

指标	组别	例数	T ₁	T ₃	T ₄	T ₅
IL-6	D 组	20	0.13±0.03 ^a	0.20±0.06 ^{ab}	0.31±0.05 ^{ab}	0.31±0.07 ^{ab}
	C 组	20	0.23±0.06	0.25±0.06 ^b	0.40±0.03 ^b	0.40±0.07 ^b
IL-8	D 组	20	0.14±0.04 ^a	0.19±0.04 ^{ab}	0.31±0.13 ^{ab}	0.31±0.10 ^{ab}
	C 组	20	0.22±0.06	0.25±0.06 ^b	0.40±0.07 ^b	0.38±0.05 ^b
TNF-α	D 组	20	0.14±0.06 ^a	0.18±0.07 ^{ab}	0.32±0.08 ^{ab}	0.32±0.10 ^{ab}
	C 组	20	0.22±0.05	0.26±0.06 ^b	0.41±0.06 ^b	0.39±0.05 ^b

注:与 C 组比较,^aP<0.05;与 T₁ 比较,^bP<0.05

性均是由 DP 介导的, DP 可能是机械通气期间肺保护的重要因素之一。

本研究旨在比较最佳 PEEP 设置和固定 PEEP 对于 RARP 患者术中呼吸功能的影响, 术中采用 V_T 为 6 ml/kg +固定 PEEP ($5 \text{ cmH}_2\text{O}$) 是多个研究表明可以有效改善术中呼吸功能的通气策略^[12], 所以本研究以 V_T 为 6 ml/kg +固定 PEEP ($5 \text{ cmH}_2\text{O}$) 作为对照组。本研究采用的最小 DP 指导最佳 PEEP 设置方法, 参考 Park 等^[13] DP 指导滴定 PEEP 的方法, 由于采用 Aisys CS2 型麻醉机工作站进行机械通气, 所以从 $4 \text{ cmH}_2\text{O}$ (该型号麻醉机允许的最低 PEEP) 开始。本研究先后在机控呼吸后和体位气腹建立后进行两次最佳 PEEP 设置, 既考虑了气腹和屈氏体位对 DP 的影响, 也考虑了 DP 随时间的变化。

本研究结果显示, DP 指导最佳 PEEP 设置, 可提高患者术中 PaO_2 、OI, 降低 A-aDO_2 、RI, 但 PaCO_2 、 V_D/V_T 差异无统计学意义, 显示最小 DP 指导的最佳 PEEP 的设置能提高患者机械通气时的氧合, 改善肺功能, 但在改善患者通气效率方面无明显优势。这与 D'Antini 等^[14] 研究表明最佳 PEEP 能改善患者呼吸力学和氧合的结果相一致。然而, Ferrando 等^[15] 研究表明, 最佳 PEEP 除了能改善氧合外, 对通气效率也是有利的, 可能由于该团队在最佳 PEEP 设置的基础上加用了手法肺复张 (recruitment maneuver, RM) 所致。本研究方案中没有使用 RM, 也避免了由于 RM 可能带来的血流动力学的波动。Östberg 等^[16] 研究也表明单独使用 PEEP 而不使用 RM 同样可有效减少全身麻醉引起的肺不张。

在呼吸动力学方面, 本研究结果显示, 最佳 PEEP 可以减小屈氏体位和气腹以后 C_{dyn} 下降的幅度, 提高患者术中氧合, 这一结果可能是由于术中保持最佳 PEEP, 给予肺泡合适的压力, 避免了肺泡反复开闭引起的剪切伤, 降低了肺泡损伤导致的肺水肿, C_{dyn} 也随之升高^[17]。 C_{dyn} 是反映呼吸系统弹性阻力的指标, 本研究结果与本团队前期使用 C_{dyn} 滴定最佳 PEEP 一致^[18-19]。

本研究结果显示, 血清 IL-6、IL-8、TNF- α 浓度随时间呈现升高趋势, 最佳 PEEP 的设置可降低机械通气过程中血清 IL-6、IL-8、TNF- α 浓度, 但是影响炎性因子的因素很多, 长时间屈氏体位、气腹、手术刺激等均可以刺激炎性介质释放。并且有研究表明术中和术后早期的炎性因子变化与 PPCs 并不

一定存在明确的相关关系^[20]。本研究结果显示, 与手术开始时比较, 患者 P_{peak} 、 P_{plat} 随时间推移呈现出升高趋势, C_{dyn} 呈现下降趋势, RARP 所需的屈氏体位和气腹以及机械通气期间会造成一定程度的肺损伤, 并在拔除气管导管后持续存在。这与关于屈氏体位和气腹对术中肺功能影响的既往研究结论相一致^[21-22]。

DP 不仅影响患者术中肺功能, 且 DP 与 PPCs 增加有相关性^[23-24]。PPCs 包括肺部感染、肺不张、呼吸衰竭、胸腔积液、气胸、吸入性肺炎等, PPCs 的发生会延长住院时间, 不利于患者预后。本研究选择体温 $\geq 38^\circ\text{C}$ 、咳嗽咳痰、低氧血症、ARDS、支气管痉挛、吸入性肺炎等来评估患者是否发生 PPCs, 本研究中患者术后住院期间均未发生 PPCs, 术后住院时间无明显差别, 可能与样本量较小有关。

本研究存在一定的局限性: 首先, 从患者依从性以及避免过度医疗等方面考虑, 对于术前无呼吸系统并发症的老年患者, 标准肺功能检查并不是常规术前检查, 利用简易肺功能检查来评估术前肺功能状态, 无法得到准确的肺功能指标是本研究的局限性之一。其次, 本研究中患者均未发生 PPCs 可能与样本量较小有关, 对于最佳 PEEP 设置能否减低 PPCs 的发生需要大样本的研究来证明。

综上所述, 最小驱动压指导最佳呼气末正压设置能够改善机器人辅助下根治性前列腺切除术老年患者术中肺功能, 提高患者氧合。

参 考 文 献

- [1] 中国医师协会放射肿瘤治疗医师分会, 中华医学会放射肿瘤治疗学分会, 中国抗癌协会肿瘤放射治疗专业委员会. 中国前列腺癌放射治疗指南 (2020 年版). 中华肿瘤防治杂志, 2021, 28(5): 323-337.
- [2] Basiri A, de la Rosette JJ, Tabatabaei S, et al. Comparison of retropubic, laparoscopic and robotic radical prostatectomy: who is the winner. World J Urol, 2018, 36(4): 609-621.
- [3] 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.
- [4] Rauseo M, Mirabella L, Grasso S, et al. PEEP titration based on the open lung approach during one lung ventilation in thoracic surgery: a physiological study. BMC Anesthesiol, 2018, 18(1): 156.
- [5] Kiss T, Wittenstein J, Becker C, et al. Correction to: protective ventilation with high versus low positive end-expiratory pressure during one-lung ventilation for thoracic surgery (prothor): study protocol for a randomized controlled trial. Trials, 2019, 20(1): 259.

- [6] Santa Cruz R, Villarejo F, Irrazabal C, et al. High versus low positive end-expiratory pressure (PEEP) levels for mechanically ventilated adult patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 3: CD009098.
- [7] Park JH, Park IK, Choi SH, et al. Volume-controlled versus dual-controlled ventilation during robot-assisted laparoscopic prostatectomy with steep trendelenburg position: a randomized-controlled trial. *J Clin Med*, 2019, 8(12): 2032.
- [8] Abbott T, Fowler AJ, Pelosi P, et al. A systematic review and consensus definitions for standardised end-points in perioperative medicine: pulmonary complications. *Br J Anaesth*, 2018, 120(5): 1066-1079.
- [9] Bellani G, Grassi A, Sosio S, et al. Driving pressure is associated with outcome during assisted ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*, 2019, 131(3): 594-604.
- [10] Chen Z, Wei X, Liu G, et al. Higher vs. Lower DP for ventilated patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Emerg Med Int*, 2019, 2019: 4654705.
- [11] Mazzinari G, Serpa Neto A, Hemmes S, et al. The association of intraoperative driving pressure with postoperative pulmonary complications in open versus closed abdominal surgery patients—a posthoc propensity score-weighted cohort analysis of the LAS VEGAS study. *BMC Anesthesiol*, 2021, 21(1): 84.
- [12] Ruszkai Z, Kiss E, László I, et al. Effects of intraoperative PEEP optimization on postoperative pulmonary complications and the inflammatory response: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 2017, 18(1): 375.
- [13] Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial. *Anesthesiology*, 2019, 130(3): 385-393.
- [14] D'Antini D, Rauseo M, Grasso S, et al. Physiological effects of the open lung approach during laparoscopic cholecystectomy: focus on driving pressure. *Minerva Anesthesiol*, 2018, 84(2): 159-167.
- [15] 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.
- [16] Östberg E, Thorisson A, Enlund M, et al. Positive end-expiratory pressure alone minimizes atelectasis formation in nonabdominal surgery: a randomized controlled trial. *Anesthesiology*, 2018, 128(6): 1117-1124.
- [17] Apostolakis E, Filos KS, Koletsis E, et al. Lung dysfunction following cardiopulmonary bypass. *J Card Surg*, 2010, 25(1): 47-55.
- [18] 张瑞, 田首元, 聂丽霞, 等. Cdyn 指导 PEEP 滴定对机器人辅助前列腺癌根治术老年患者肺功能的影响. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(2): 150-153.
- [19] 苏学森, 田首元, 王鑫, 等. Cdyn 指导 PEEP 滴定对机器人辅助前列腺癌根治术老年患者血管外肺水的影响. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(4): 415-417.
- [20] Serpa NA, Hemmes SN, Barbas CS, et al. Protective versus conventional ventilation for surgery: a systematic review and individual patient data meta-analysis. *Anesthesiology*, 2015, 123(1): 66-78.
- [21] Arvizo C, Mehta ST, Yunker A. Adverse events related to Trendelenburg position during laparoscopic surgery: recommendations and review of the literature. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 2018, 30(4): 272-278.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] Gudmundsson M, Persson P, Perchiazzi G, et al. Transpulmonary driving pressure during mechanical ventilation—validation of a non-invasive measurement method. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2020, 64(2): 211-215.

(收稿日期:2021-12-15)