

论 著

(临床研究)

重症急性胰腺炎患者腹内高压与机械通气相关因素分析

谢文慧, 叶向红, 徐 瑶, 路佳慧, 李嘉琪, 左俊焘, 韩 珍

【摘要】 目的 探讨重症急性胰腺炎(SAP)患者腹内压对机械通气相关因素和预后的影响,以及腹内高压的因素影响。**方法** 回顾性分析 2020 年 1 月-2022 年 7 月东部战区总医院胰腺治疗中心重症监护室行机械通气的 SAP 患者临床资料,分析机械通气前 3 天监测的最高腹内压与当时血流动力学情况、呼吸功能监测参数的相关性。根据第 1 天是否发生腹内高压分为 2 组,比较年龄、性别、病因、BMI、急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征(ALI/ARDS)、急性生理与慢性病评分 II(APACHE II)、通气方式、呼吸机模式、呼吸末正压(PEEP)对腹内高压的影响。**结果** 收集 174 例机械通气 SAP 患者,机械通气前 3 天发生腹内高压占比分别为 59.77%、67.24%、68.39%。将腹内压与机械通气相关参数进行相关性分析显示,腹内压与气道峰压(Ppeak)、PaCO₂呈正相关($r>0, P<0.05$),与 pH、PaO₂/FiO₂呈负相关($r<0, P<0.05$),腹内压与血流动力学之间无相关性($P>0.05$)。预测腹内高压的多因素 Logistics 回归分析显示,BMI(OR=1.174, 95%CI:1.059~1.302)、PEEP(OR=1.238, 95%CI:1.014~1.511)为 SAP 患者出现腹内高压的独立危险因素。BMI、PEEP 每增加 1 个单位,腹内高压的风险就分别增加 17.4%、23.8%,再根据多因素分析结果作 ROC 曲线显示,BMI、PEEP 预测腹内高压的 ROC 曲线下面积分别为 0.734(95%CI:0.652~0.816)、0.690(95%CI:0.606~0.775),其预测腹内高压发生的临界值分别为 25.865 kg/m²、6.5 cmH₂O。**结论** BMI、PEEP 是腹内高压的独立危险因素。腹内高压可直接或间接影响呼吸功能,同时腹内压也随机械通气 PEEP 值的增加而升高,选择最佳 PEEP 对平衡腹腔压与肺容积至关重要。

【关键词】 重症急性胰腺炎;腹内压;机械通气**【中图分类号】** R576**【文献标志码】** A**【文章编号】** 1672-271X(2023)02-0117-05**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.02.002

Analysis of the relationship between severe acute pancreatitis patients with intra-abdominal hypertension and mechanical ventilation associated factors

XIE Wenhui¹, YE Xianghong², XU Yao¹, LU Jiahui¹, LI Jiaqi³, ZUO Juntao³, HAN Zhen³

(1. Department of Nursing, Bengbu Medical College, Bengbu 233030, Anhui, China; 2. Department of General Surgery, General Hospital of Eastern Theater Command, PLA, Nanjing 210002, Jiangsu, China; 3. Medical School of Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective To investigate the effect of intra-abdominal pressure (IAP) on mechanical ventilation related factors and prognosis in patients with severe acute pancreatitis (SAP), and to explore the influencing factors of intra-abdominal hypertension.

Methods The ICU data of SAP patients who used mechanical ventilation from January 2020 to July 2022 in General Hospital of Eastern Theater Command was retrospectively analysed of the relationship between IAP during the first three days of the mechanical ventilation

基金项目:军事医学创新工程项目(18CXZ040)

作者单位:233030 蚌埠,蚌埠医学院护理学院(谢文慧、徐 瑶、路佳慧);210002 南京,东部战区总医院普
通外科(叶向红);210093 南京,南京大学医学院
(李嘉琪、左俊焘、韩 珍)

通信作者:叶向红, E-mail: icuyz@126.com

and the blood flow dynamic condition, the correlation of respiratory function monitoring parameters. The patients were divided into two groups according to the occurrence of intraperitoneal hypertension on the first day. The relationship were analysed between age, sex, etiology, BMI, acute lung injury/acute respiratory distress syndrome (ALI/

ARDS), acute physiology and chronic health evaluation scoring system II (APACHEII), ventilation mode, ventilator mode, positive end-expiratory pressure (PEEP), prognostic indicators and intra-abdominal hypertension. **Results** One hundred and seventy-four SAP patients with mechanical ventilation were collected. The proportion of intra-abdominal hypertension in the first three days of mechanical ventilation was 59.77%, 67.24% and 68.39%, respectively. The correlation analysis of parameters related to internal abdominal pressure and mechanical ventilation showed that the internal abdominal pressure was positively correlated with airway peak pressure (Ppeak) and PaCO_2 ($r>0$, $P<0.05$), but negatively correlated with PH and $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ($r<0$, $P<0.05$), and there was no correlation between the internal abdominal pressure and hemodynamics ($P>0.05$). The multi-factor Logistics regression analysis for predicting intra-abdominal hypertension showed that BMI (OR=1.174, 95%CI:1.059-1.302) and PEEP (OR=1.238, 95%CI:1.014-1.511) were risk factors for the occurrence of intra-abdominal hypertension in SAP patients. When BMI and PEEP increased by 1 unit, the risk of intra-abdominal hypertension increased by 17.4% and 23.8%, respectively. Then ROC curve was made according to the results of multivariate analysis. The area under ROC curve of BMI and PEEP to predict intraabdominal hypertension were 0.734 (95%CI:0.652-0.816) and 0.690 (95%CI:0.606-0.775), respectively, and the critical values for predicting intraabdominal hypertension were 25.865 kg/m² and 6.5 cmH₂O, respectively. **Conclusion** BMI and PEEP were independent risk factors of abdominal hypertension. Intraabdominal hypertension can directly or indirectly affect respiratory function. With the increasing of PEEP, the intraabdominal pressure also increases in mechanical ventilation at the same time. Selecting the optimal PEEP is crucial to balance abdominal pressure and lung volume.

[Key words] severe acute pancreatitis; intra-abdominal pressure; mechanical ventilation

0 引言

重症急性胰腺炎 (severe acute pancreatitis, SAP) 是急性胰腺炎保守治疗无效后发展而来, 其死亡率可高达 30%^[1-2]。患者出现严重的腹膜后水肿 (出血或积液)、腹水、痉挛性肠梗阻或胃肠道出血, 可导致腹内高压 (intra-abdominal hypertension, IAH) 甚至腹腔间室综合征 (ACS)。腹内压是重症急性胰腺炎患者临床监测的重要指标, 腹内高压可加重肠黏膜屏障功能障碍, 导致肠黏膜组织损伤且损伤程度与 IAH 呈正相关^[3-4]。腹内高压也可直接或间接导致其他各器官功能障碍, 有研究表明腹内压与呼吸功能是双向影响^[5-7], 腹内压受气道压力、呼吸末正压、呼吸机模式等因素影响, 同时也对气道峰压 (PIP)、吸入氧浓度 (fraction of inspired oxygen, FiO_2)、呼气末肺容积 (EELV) 等指标产生影响。但也有研究表明, 呼吸气道压对腹内压的影响微乎其微^[8]。本文通过回顾性研究, 验证腹内压与机械通气患者呼吸相关指标的关联以及腹内压升高的预测因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2020 年 1 月–2022 年 7 月东部战区总医院胰腺治疗中心的 SAP 患者临床资料, 筛选首次入 ICU 且行机械通气 ≥ 3 d 的患者。SAP 诊断标准参考急性胰腺炎诊断标准和 2012 年修订的亚特兰大分类标准 (revised Atlanta classifica-

tion, RAC)。急性胰腺炎的诊断标准: ①上腹部持续性疼痛; ②血清淀粉酶和 (或) 脂肪酶浓度高于正常上限值 3 倍; ③腹部影像学检查结果显示符合急性胰腺炎影像学改变^[9]。上述 3 项标准中符合 2 项即可诊断为 AP。修订的亚特兰大分类标准对 AP 是否存在器官衰竭和局部或全身并发症进行严重程度分级分为: 轻症急性胰腺炎、中重症急性胰腺炎和重症急性胰腺炎, 其中重症急性胰腺炎存在持续的器官功能衰竭 (≥ 48 h)^[10]。患者在入 ICU 时均签署知情同意书, 且本研究经医院伦理委员会批准 (批准号: 2022DZKY-037-01)。

1.2 腹内压测定方法 世界腹腔间室综合征学组 (WSACS) 推荐使用膀胱压 (UBP) 间接监测^[11], 首先患者取平卧位, 经导尿管排空膀胱, 连接测压管, 将 25 mL 0.9% 氯化钠注射液注入导尿管后, 以腋中线位置为零点, 患者呼气末时标尺测量所得的水柱高度即患者腹内压。以 $\text{UBP} \geq 12$ mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 作为腹内高压的标准, 根据患者机械通气第 1 天是否发生腹内高压, 分为非 IAH 组和 IAH 组。

1.3 观察指标 ①收集患者一般情况, 包括年龄、性别、病因、BMI、急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征 (ALI/ARDS)、急性生理与慢性病评分 II (APACHE II)、通气方式、呼吸机模式、机械通气时间、入 ICU 天数和 28 d 死亡; ②机械通气前 3 天记录每天最高腹内压值; ③呼吸功能监测参数取当天出现最高腹内压对应的数值, 指标有脉搏血氧饱和度 (SPO_2)、

气道峰压(P_{peak})、呼吸频率(RR)、肺顺应性、pH、动脉血二氧化碳分压(PaCO₂)、氧合指数(PaO₂/FiO₂)、血气分析值收集当晚 9 点的血气报告结果,呼吸末正压(PEEP)取预先设定值。④血流动力指标有平均动脉压(MAP)、心率(HR)、24 h 液体平衡,收集当天最高腹内压对应时间的指标数值。

1.4 统计学分析 使用 SPSS 25.0 统计软件进行统计学处理。当计量资料服从正态分布时,以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较应用成组 *t* 检验;不服从正态分布,以百分位数表示,组间比较应用独立样本非参数检验 Mann-Whitney U Test。计数资料采用 χ^2 检验;指标间影响因素分析采用相关性分析和二元 Logistic 回归分析;预测腹内压升高及最佳截断点的判断采用 ROC 曲线分析;以 $P\leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 腹内压与机械通气相关参数的相关性分析

入选 SAP 患者 174 例,年龄 15~90 岁,气管切开 29 例,气管插管 145 例。将前 3 天腹内压分别与血流动力学指标、呼吸功能监测参数进行相关性分析发现,腹内压与 P_{peak}、PaCO₂ 存在正相关($r>0, P<0.05$),与 pH、PaO₂/FiO₂ 存在负相关性($r<0, P<0.05$),腹内压与血流动力学之间无相关性($P>0.05$)。见表 1。

表 1 重症急性胰腺炎患者腹内压与机械通气相关参数的相关性分析

相关参数	第 1 天		第 2 天		第 3 天	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
血流动力情况						
MAP	-0.145	0.057	-0.021	0.785	-0.091	0.233
HR	0.047	0.537	0.142	0.063	0.032	0.677
24 h 液体平衡	0.168	0.057	0.020	0.798	-0.023	0.769
呼吸功能监测参数						
SPO ₂	-0.121	0.113	-0.138	0.071	-0.107	0.161
P _{peak}	0.180	0.018	0.301	0.000	0.366	0.000
RR	0.178	0.119	0.099	0.196	0.089	0.242
肺顺应性	0.009	0.909	-0.058	0.445	-0.114	0.136
pH	-0.198	0.009	-0.224	0.003	-0.234	0.002
PaCO ₂	0.159	0.036	0.115	0.131	0.193	0.011
PaO ₂ /FiO ₂	-0.231	0.002	-0.204	0.007	-0.398	0.000

2.2 SAP 患者腹内高压单因素分析与多因素 Logistics 回归分析 机械通气前 3 天发生腹内高压占比分别为 59.77%、67.24%、68.39%,最高腹内压的均值±标准差为(13.10±4.15)、(13.63±4.10)、

(13.46±3.87) mmHg,三者之间差异均无统计学意义($P>0.05$)。根据机械通气患者第 1 天是否发生腹内高压分为非 IAH 组 70 例和 IAH 组 104 例,2 组患者的一般情况见表 2。对年龄、性别、BMI、病因等指标进行单因素分析发现, BMI、ALI/ARDS、APACHE II、PEEP 与腹内高压差异存在统计学意义($P>0.05$)。将单因素分析中具有显著性差异的因素行多因素 Logistics 回归分析发现, BMI 和 PEEP 是影响腹内高压的独立危险因素, BMI、PEEP 每增加 1 个单位,腹内高压的风险就分别增加 17.4%、23.8%。见表 3。

表 2 重症急性胰腺炎患者腹内压升高的单因素分析

指标	非 IAH 组 (<i>n</i> =70)	IAH 组 (<i>n</i> =104)	<i>t/z</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
性别[男, <i>n</i> (%)]	55(78.6)	85(81.7)	0.266	0.606
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	48.43±13.725	48.24±14.840	0.085	0.933
BMI(kg/m ²)	24.98 (22.09~27.53)	28.205 (25.145~30.82)	-4.821	0.000
病因[<i>n</i> (%)]			2.842	0.242
胆源性	36(51.4)	54(51.9)		
高脂血症	26(37.1)	45(43.3)		
其他	8(11.4)	5(4.8)		
ALI/ARDS[<i>n</i> (%)]	53(75.7)	95(91.3)	8.044	0.005
APACHE II	12.5(10~17)	15(11~21)	-2.852	0.004
通气方式[<i>n</i> (%)]			0.306	0.580
气管切开	13(18.6)	16(15.4)		
气管插管	57(81.4)	88(84.6)		
呼吸机模式[<i>n</i> (%)]			4.550	0.103
SIMV	42(60.0)	78(75.0)		
ASV	25(35.7)	24(23.1)		
其他模式	3(4.3)	2(1.9)		
PEEP	5(5~6)	7(5~8)	-4.765	0.000
预后				
MV 天数	11.5(4~32.25)	13.5(7~25.75)	-1.106	0.269
ICU 天数	44.5(19~73.50)	32.5(18~60.75)	-1.768	0.077
28 d 死亡[<i>n</i> (%)]	11(15.7)	23(22.1)	1.090	0.296

表 3 重症急性胰腺炎患者腹内压升高的多因素 Logistics 回归分析

变量	β	<i>SE</i>	<i>Wald</i>	χ^2	OR 值	95%CI	<i>P</i> 值
BMI	0.161	0.053	9.284	1.174	1.059~1.302	0.002	
PEEP	0.213	0.102	4.409	1.238	1.014~1.511	0.036	
ALI/ARDS	0.618	0.532	1.348	1.854	0.654~5.260	0.246	
APACHE II	0.048	0.031	2.372	1.049	0.987~1.114	0.124	

2.3 预测腹内压升高的危险因素分析及 ROC 曲线 根据多因素分析结果作 ROC 曲线显示, BMI、PEEP 预测腹内高压的 ROC 曲线下面积(areas under the ROC curves, AUC)分别为 0.734(95%CI:0.652~

0.816)、0.690(95%CI:0.606~0.775),寻找最靠左上角的截断点为最佳临床预测界点,该点的截断值分别为 25.865 kg/m²、6.5 cmH₂O(1 cmH₂O=0.098 kPa),运用最佳截断值计算出的灵敏度分别为 70%、52.2%,特异度为 69.5%、79.7%。见图 1。

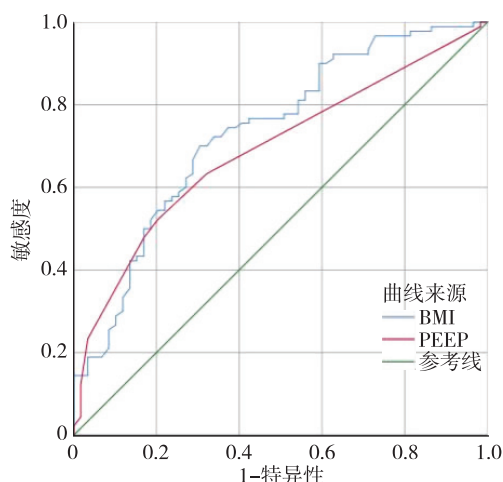


图 1 预测重症急性胰腺炎患者腹内压升高的 ROC 曲线图

3 讨 论

3.1 腹内压对机械通气相关参数的影响 腹腔压力升高会一过性引起膈肌上移,胸腔压力增加,肺容积减少,肺顺应性降低,最终导致呼吸衰竭^[12]。在本研究中腹内压与呼吸功能监测参数存在相关性,腹内压升高与 Ppeak、PaCO₂ 增加相关,与 pH、PaO₂/FiO₂ 降低有关,与阿不都热合曼·阿不都卡地尔等^[13] 研究结果相似。且在数据分析中,PEEP 也与变量 Ppeak、pH、PaCO₂、PaO₂/FiO₂ 之间关系也存在相关性($P<0.05$),所以呼吸功能监测参数的变化受 PEEP 的影响,即 PEEP 直接导致呼吸相关指标改变或 PEEP 增加引起腹内压的升高继而导致呼吸功能监测参数变化。Regli 等^[14] 研究也表明高 PEEP 可抵消 IAH 引起肺容量和氧合指数的下降。其次,腹内高压可导致血流量减少,对不同器官或系统也造成不利影响,可涉及到心脏、肺、肾等^[15-17]。在以往研究中腹内压与血流动力学指标 MAP、中心静脉压(CVP)显著相关^[18],是 24 h 液体平衡的独立危险因素^[19]。但在本研究中,结果显示腹内压与血流动力学指标无相关性,与 Krebs 等^[20] 一项试点研究结果相同,考虑本研究中监测腹内压当天最高水平值时,血流动力学指标可能已经由经过神经体液调节达到平稳状态。

3.2 腹内高压对预后的影响 本研究分析结果中,IAH 组患者的 MV 天数、ICU 天数、28 天死亡率与非 IAH 组相比差异无统计学意义,与一项队列研究观察结果相似^[18]。但也有研究认为腹内高压是预测患者死亡的独立危险因素^[21]。考虑本研究是单中心、回顾性研究,存在一定局限性,可在后期进行多中心、前瞻性研究完善研究中的不足。

3.3 腹内高压受影响因素 Tyson 等^[22] 表明 BMI 是术后腹内高压的预测指标,且一项前瞻性研究中 BMI>30 kg/m² 是腹内高压的独立危险因素^[23],也有研究证明儿童 BMI 与腹内压之间无相关性^[24],考虑可能是成人与儿童在体脂分布和腹壁肌组成方面存在差异。本研究得出 BMI 是腹内高压的独立危险因素,且 BMI>25.865 kg/m² 是发生腹内高压的临界值,考虑可能是腹部脂肪组织对腹内压监测产生直接影响。所以对于 BMI 超出正常值时需注重腹内压的监测,也有学者提出将腹内压作为 ICU 患者“第五生命体征”进行测量^[25]。同时,有学者研究肥胖人群的腹内压基线高于非肥胖人群^[26],其正常范围在 9~14 mmHg 左右^[27]。所以在处理肥胖人群腹内高压时,可适当降低管控标准。在一项初步研究中,发现不同水平 PEEP 对腹内压(IAP)未造成显著影响($P=0.09$)^[28]。也有学者认为 PEEP 增加可增加腹腔高压的风险^[12],且当 PEEP>7 cmH₂O 是发生 IAH 的独立危险因素^[19]。本研究中 PEEP 是腹内高压的独立危险因素。PEEP 每增加 1 个单位,腹内高压的风险就增加 23.8%。当 PEEP>6.5 cmH₂O 时,可预测发生腹内高压。所以设置合适的 PEEP 至关重要,在防止呼气时肺泡塌陷的同时又要避免过高的 PEEP 会造成肺部损伤。且如何设置最佳的 PEEP 尚未可知^[5],可作为今后研究的重点。

重症急性胰腺炎患者因自身病理因素导致腹腔高压,除此之外腹内压也受众多因素影响,本研究中 PEEP、BMI 对其影响较大。对于机械通气与超重的高危患者需加强腹内压监测,个体化调控腹腔压力。其次,腹内高压可直接或间接对 SAP 患者呼吸功能造成影响,应着重观察血气分析指标与呼吸机参数的变化。PEEP 增加引起腹内压升高,腹内压又影响机械通气相关参数,如何选择最佳 PEEP 能够在腹腔压力与肺扩张之间取得平衡至关重要。

【参考文献】

- [1] van Dijk SM, Hallensleben N, van Santvoort HC, *et al.* Acute pancreatitis: recent advances through randomised trials[J]. *Gut*, 2017,66(11):2024-2032.
- [2] Trikulathan G, Wolbrink DRJ, van Santvoort HC, *et al.* Current Concepts in Severe Acute and Necrotizing Pancreatitis: An Evidence-Based Approach[J]. *Gastroenterology*, 2019,156(7):1994-2007.
- [3] Li Y, Ren J, Wu X, *et al.* Intra-abdominal infection combined with intra-abdominal hypertension aggravates the intestinal mucosal barrier dysfunction[J]. *Biosci Rep*, 2018,38(1). doi: 10.1042/BSR20170931.
- [4] Párraga RE, Correa-Martín L, Sánchez-Margallo FM, *et al.* Intestinal histopathological changes in a porcine model of pneumoperitoneum-induced intra-abdominal hypertension[J]. *Surg Endosc*, 2018,32(9):3989-4002.
- [5] Malbrain M. The saga continues: How to set best PEEP in intra-abdominal hypertension? [J] *J Crit Care*, 2018,43:387-389.
- [6] 王晓冬, 罗家鑫, 霍玉敏, 等. 腹内压监测在小儿重症肺炎机械通气中的应用价值[J]. *中国全科医学*, 2021,24(5):555-560.
- [7] Fiedler MO, Deutsch BL, Simeliunas E, *et al.* Effect of moderate elevated intra-abdominal pressure on lung mechanics and histological lung injury at different positive end-expiratory pressures [J]. *PLoS One*, 2020,15(4):e230830.
- [8] Heijnen BG, Spoelstra-de MA, Groeneveld AB. Low Transmission of Airway Pressures to the Abdomen in Mechanically Ventilated Patients With or Without Acute Respiratory Failure and Intra-Abdominal Hypertension[J]. *J Intensive Care Med*, 2017,32(3):218-222.
- [9] Boxhoorn L, Voermans RP, Bouwense SA, *et al.* Acute pancreatitis[J]. *Lancet*, 2020,396(10252):726-734.
- [10] Banks PA, Bollen TL, Dervenis C, *et al.* Classification of acute pancreatitis--2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus [J]. *Gut*, 2013, 62(1):102-111.
- [11] IAP/APA evidence-based guidelines for the management of acute pancreatitis[J]. *Pancreatology*, 2013,13(4 Suppl 2):e1-e15.
- [12] Regli A, Pelosi P, Malbrain M. Ventilation in patients with intra-abdominal hypertension: what every critical care physician needs to know[J]. *Ann Intensive Care*, 2019,9(1):52.
- [13] 阿不都热合曼·阿不都卡地尔, 玉山江·阿布都热合曼, 衣力哈木·居热艾提, 等. 腹内压监测对 ICU 机械通气患者病情及预后判断的意义[J]. *交通医学*, 2020,34(1):41-43.
- [14] Regli A, Ahmadi-Noorbakhsh S, Musk GC, *et al.* Computed tomographic assessment of lung aeration at different positive end-expiratory pressures in a porcine model of intra-abdominal hypertension and lung injury [J]. *Intensive Care Med Exp*, 2021, 9(1):52.
- [15] Łagosz P, Sokolski M, Biegus J, *et al.* Elevated intra-abdominal pressure: A review of current knowledge [J]. *World J Clin Cases*, 2022,10(10):3005-3013.
- [16] Tonetti T, Cavalli I, Ranieri VM, *et al.* Respiratory consequences of intra-abdominal hypertension[J]. *Minerva Anestesiol*, 2020,86(8):877-883.
- [17] Sun J, Sun H, Sun Z, *et al.* Intra-abdominal hypertension and increased acute kidney injury risk: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Int Med Res*, 2021,49(5):675889741.
- [18] Richer-Séguin É, Ayoub C, Lebon JS, *et al.* Intra-abdominal pressure during and after cardiac surgery: a single-centre prospective cohort study [J]. *Can J Anaesth*, 2022, 69(2):234-242.
- [19] Reintam BA, Regli A, De Keulenaer B, *et al.* Incidence, Risk Factors, and Outcomes of Intra-Abdominal Hypertension in Critically Ill Patients-A Prospective Multicenter Study (IROI Study) [J]. *Crit Care Med*, 2019,47(4):535-542.
- [20] Krebs J, Pelosi P, Tsagogiorgas C, *et al.* Effects of positive end-expiratory pressure on respiratory function and hemodynamics in patients with acute respiratory failure with and without intra-abdominal hypertension: a pilot study[J]. *Critical Care*, 2009,13(5):R160.
- [21] Smit M, van Meurs M, Zijlstra JG. Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in critically ill patients: A narrative review of past, present, and future steps[J]. *Scand J Surg*, 2022, 111(1): 14574969211030128. doi: 10.1177/14574969211030128.
- [22] Tyson N, Efthymiou C. Predictive risk factors for intra-abdominal hypertension after cardiac surgery[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021,32(5):719-723.
- [23] Nazer R, Albarrati A, Ullah A, *et al.* Intra-abdominal hypertension in obese patients undergoing coronary surgery: A prospective observational study [J]. *Surgery*, 2019, 166(6):1128-1134.
- [24] Liang Y, Tao S, Gu B, *et al.* Intra-abdominal Pressure Has a Good Predictive Power for 28-Day Mortality: A Prospective Observational Study Conducted in Critically Ill Children[J]. *Front Pediatr*, 2020,8:567876.
- [25] Ball CG, Kirkpatrick AW. 'Progression towards the minimum': the importance of standardizing the priming volume during the indirect measurement of intra-abdominal pressures[J]. *Crit Care*, 2006,10(4):153.
- [26] Hamoud S, Abdelgani S, Mekel M, *et al.* Gastric and urinary bladder pressures correlate with intra-abdominal pressure in patients with morbid obesity[J]. *J Clin Monit Comput*, 2022,36(4):1021-1028.
- [27] De Keulenaer BL, De Waele JJ, Powell B, *et al.* What is normal intra-abdominal pressure and how is it affected by positioning, body mass and positive end-expiratory pressure? [J] *Intensive Care Med*, 2009,35(6):969-976.
- [28] Regli A, De Keulenaer BL, Palermo A, *et al.* Positive end-expiratory pressure adjusted for intra-abdominal pressure - A pilot study[J]. *J Crit Care*, 2018,43:390-394.

(收稿日期:2022-11-16; 修回日期:2023-02-07)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一超)