

Jackson 手术床和普通床仰卧位、俯卧位对中心静脉压与腹内压的影响

倪丽亚, 马宇, 文平山, 邓小明*

第二军医大学长海医院麻醉学部, 上海 200433

[摘要] **目的** 观察腰椎手术中使用不同手术床仰卧位、俯卧位对患者中心静脉压(CVP)与腹内压(IAP)的影响,为临床俯卧位手术液体管理提供参考。**方法** 选择第二军医大学长海医院 2014 年 9 月至 12 月全麻下行腰椎手术的患者 36 例,手术中使用 Jackson 手术床(Jackson 组)与普通手术床(Normal 组)患者各 18 例。观察并记录两组患者在麻醉诱导后仰卧位、俯卧位 10 min 时、手术结束前俯卧位及手术结束后仰卧位的 CVP、IAP、平均动脉压(MAP)、心率(HR),以及麻醉诱导后患者仰卧位和俯卧位 10、30、60 min 时的氧合指数(OI)。采用线性回归方程分析 IAP 与 CVP 及不同体位 IAP、CVP 的相关性。**结果** 与仰卧位相比,两组患者俯卧位 10 min 时 IAP 均下降($P<0.01$), Jackson 组 CVP 下降($P<0.01$), Normal 组 CVP 升高($P<0.01$); Jackson 组 MAP、HR 差异无统计学意义, Normal 组 MAP、HR 均下降($P<0.05$); Jackson 组 OI 升高($P<0.01$), Normal 组 OI 差异无统计学意义。Jackson 组患者俯卧位下 IAP 与 CVP 呈正相关($r=0.7093, P<0.01$), Normal 组 IAP 与 CVP 之间无相关性($P>0.05$); Jackson 组和 Normal 组仰卧位下 CVP 与俯卧位下 CVP 均呈正相关($r=0.7607, 0.8297; P<0.01$); Jackson 组和 Normal 组仰卧位下 IAP 与俯卧位下 IAP 均呈正相关($r=0.7528, 0.9200; P<0.01$)。**结论** 使用 Jackson 手术床的患者翻身前后对循环影响小,俯卧位手术更有利于改善氧合。IAP 可作为补液速度和补液量的补充监测指标。

[关键词] 中心静脉压;腹内压;俯卧位;麻醉;Jackson 手术床

[中图分类号] R 614.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2017)03-0282-07

Effect of supine or prone position on central venous pressure and intra-abdominal pressure: a comparison of Jackson operating table and normal operating table

NI Li-ya, MA Yu, WEN Ping-shan, DENG Xiao-ming*

Division of Anesthesiology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the effect of supine or prone position on central venous pressure (CVP) and intra-abdominal pressure (IAP) during lumbar spine surgery when using Jackson operating table or normal operating table. **Methods** This study included 36 patients undergoing lumbar spine surgery in Changhai Hospital of Second Military Medical University between Sep. and Dec. 2014, with 18 patients in the Jackson operating table (Jackson group) and 18 patients in the normal operating table (Normal group). We recorded and analyzed the CVP, IAP, mean arterial pressure (MAP) and heart rate (HR) of the patients in two groups in the supine position after anaesthesia induction, prone position after anaesthesia induction for 10 min, prone position before the end of surgery and supine position at the end of surgery. Oxygenation index (OI) was recorded after anaesthesia induction in the supine position and prone position for 10 min, 30 min and 60 min. Linear regression analysis was used to analyze the correlation between IAP and CVP when in different positions. **Results** Compared with supine position, the IAP values in two groups were significantly decreased in the prone position for 10 min ($P<0.01$), CVP value in Jackson group was significantly decreased ($P<0.01$) and that in Normal group was significantly increased ($P<0.01$); MAP and HR in Normal group were significantly decreased ($P<0.05$) and OI in Jackson group was significantly increased ($P<0.01$), while MAP and HR of the patients in Jackson group and OI in Normal group were not significantly different from the supine position. There was a positive correlation between IAP and CVP in the prone position in the Jackson group ($r=0.7093, P<0.01$), but not in the Normal group ($P>0.05$). In the Jackson and Normal groups, the results of linear regression analysis showed positive correlations between CVP in the supine position and CVP in the prone position ($r=0.7607, 0.8297; P<0.01$), and

[收稿日期] 2016-10-25 **[接受日期]** 2017-01-03

[作者简介] 倪丽亚, 硕士, 主治医师. E-mail: onlyliuzs@163.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-31161837, E-mail: deng_x@yahoo.com

between IAP in the supine position and IAP in the prone position ($r=0.7528, 0.9200; P<0.01$). **Conclusion** The effect of prone position on circulation is less in the Jackson group and it can improve oxygenation when the surgery is in the prone position. IAP may be used as a supplementary monitoring index of rehydration rate and fluid volume.

[**Key words**] central venous pressure; intra-abdominal pressure; prone position; anesthesia; Jackson operating table

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2017, 38(3): 282-288]

任何能引起腹腔内容量增加的因素均可引起腹内压(intra-abdominal pressure, IAP)升高,常见于急腹症、腹部外伤、足量液体复苏后急性内脏水肿等。研究报道患者仰卧位时 IAP 与体质量指数(body mass index, BMI)和中心静脉压(central venous pressure, CVP)均呈正相关^[1-2]。急性重症胰腺炎患者早期仰卧位 IAP < 15.7 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)时, CVP 随 IAP 的升高而升高; IAP > 15.7 mmHg 时, CVP 随 IAP 的升高而降低^[3]。目前关于俯卧位下 IAP 与 CVP 相关性的研究鲜有报道,本研究探讨了腰椎手术中使用不同手术床俯卧位下 CVP 与 IAP 的变化,为俯卧位手术中补液及术后并发症的预防提供参考依据。

1 对象和方法

1.1 一般资料 选择 2014 年 9 月至 12 月在第二军医大学长海医院全麻下行腰椎手术的患者 36 例, Jackson 手术床组 (Jackson 组; Mizuho OSI in USA) 18 例, 普通手术床加腰桥组 (Normal 组; MAQUET 手术床, 泡沫垫, 德国) 18 例, 摆放体位时使腹部悬空。所有入选患者的美国麻醉医师协会 (ASA) 分级均为 I ~ II 级, 年龄为 40 ~ 85 岁, 排除膀胱切除术后、膀胱挛缩、损伤、腹腔间隙综合征、脓毒症的患者。本研究经长海医院伦理委员会批准, 并获得患者或其法定监护人(代理人)知情同意。

1.2 麻醉方法 常规监测患者的无创血压、心电图、血氧饱和度 (SpO₂) 及呼气末二氧化碳分压 (P_{ET}CO₂; Philip 监护仪, 荷兰)。采用静脉注射咪唑啉 0.05 ~ 0.10 mg/kg、舒芬太尼 3 ~ 6 μg/kg、丙泊酚 1 ~ 2 mg/kg、罗库溴铵 0.8 ~ 1.5 mg/kg 进行麻醉诱导。麻醉诱导时常规行补偿性扩容, 使用平衡液 5 ~ 7 mL/kg。气管插管后均在 DRAGER 麻醉机下控制呼吸, 使用七氟烷维持麻醉。麻醉诱导

后测量患者的 IAP、CVP、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)和心率(heart rate, HR)。分别于麻醉诱导后仰卧位及俯卧位 10 min、30 min、1 h 时测动脉血气记录动脉氧分压, 计算患者的氧合指数, 计算公式: 氧合指数 = 氧分压 / [吸入氧浓度 × (实际大气压 / 760)]。测量 IAP 时排空膀胱尿液, 注入 25 mL 生理盐水, 以腋中线为零点, 测量时停止机械通气, 注入速度 < 50 mL/min, 将测量的 IAP 转换为以 mmHg 表示, 即 1 cmH₂O = 0.735 mmHg。CVP 测量方法: 右颈内静脉穿刺置管(中路), 使用 16G 单腔导管, 置管深度为穿刺点至胸骨右缘第二肋间, 约 12 ~ 14 cm; 置管成功后以腋中线为零点进行测量, 测量 CVP 时停止机械通气, 并在两次翻身前后测量 CVP 前控制液体速度, 术中液体由同一麻醉医师管理。

1.3 观察指标 观察并记录 Normal 组、Jackson 组患者麻醉诱导后仰卧位(A)、俯卧位 10 min (B)、手术结束前俯卧位(C)、手术结束后仰卧位(D)各时间点的 IAP、CVP、MAP、HR; 计算麻醉诱导后两组患者仰卧位(A)及俯卧位 10 min (B)、30 min (C)、1 h (D)时的氧合指数; 测量麻醉诱导后俯卧位 10 min 时的液体进入总量(M)和手术结束后的液体进入总量(S)。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 软件进行数据处理, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。各组组内翻身前后 IAP、CVP、MAP、HR、氧合指数比较采用配对 *t* 检验, 组内各时间点参数比较采用重复测量方差分析, 组间各参数比较采用两样本 *t* 检验。IAP 与 CVP、补液量与 IAP 的相关性分析采用线性回归方程。计数资料比较采用 χ^2 检验。检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 两组患者的一般资料 两组患者的年龄、性

别、BMI、麻醉诱导后俯卧位 10 min 时的液体进入量,以及麻醉诱导后仰卧位时的 IAP、CVP、MAP、HR、氧合指数差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表 1。

表 1 两组患者的一般资料

Tab 1 General characteristics of patients

Item	N=18	
	Jackson group	Normal group
Sex (male/female) n/n	10/8	9/9
Age (year), $\bar{x}\pm s$	59.19±12.96	61.18±9.12
BMI ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), $\bar{x}\pm s$	25.59±3.72	25.02±2.24
MV/mL, $\bar{x}\pm s$	629.17±131.46	635.84±98.14
SV/mL, $\bar{x}\pm s$	1 635.00±490.01	1 737.00±425.58
Operation time t/h, $\bar{x}\pm s$	2.69±0.86	2.52±0.60

BMI: Body mass index; M: Total fluid volume after face-down 10 min; S: Total fluid volume after surgery

2.2 两组患者的 IAP、CVP、MAP、HR Jackson 组患者各时间点的 IAP 差异有统计学意义($P=0.000$),与麻醉诱导后仰卧位相比,俯卧位 10 min 时患者的 IAP 下降($P=0.000$)。Jackson 组患者各时间点的 CVP 差异有统计学意义($P=0.000$),与麻醉诱导后仰卧位相比,俯卧位 10 min 时患者的 CVP 下降($P=0.000$)。Normal 组患者各时间点

总量(M)、手术结束后的液体进入总量(S)、手术时 IAP、CVP 差异均有统计学意义($P=0.000, P=0.0015$);与麻醉诱导后仰卧位相比,俯卧位 10 min 时患者的 IAP 下降($P=0.0001$)、CVP 上升($P=0.000$)。Jackson 组患者的 IAP 与 Normal 组相比在各时间点差异均无统计学意义;与 Jackson 组相比,Normal 组患者俯卧位 10 min 时 CVP 增高($P=0.0255$),其余各时间点差异均无统计学意义。两组患者手术结束后仰卧位时的 CVP 与 IAP 均增高。见表 2。补液量与 IAP 之间无相关性($P>0.05$)。

与麻醉诱导后仰卧位相比,俯卧位 10 min 时 Jackson 组患者的 MAP、HR 差异均无统计学意义,Normal 组患者的 MAP($P=0.0057$)、HR($P=0.0186$)均下降。见表 2。

2.3 两组患者的氧合指数 重复测量方差分析结果显示,Jackson 组患者各时间点的氧合指数差异有统计学意义($P=0.0000$),而 Normal 组差异无统计学意义。与麻醉诱导后仰卧位相比,俯卧位 10 min 时 Jackson 组患者的氧合指数升高($P=0.0000$),Normal 组略有升高,但差异无统计学意义。俯卧位 10 min、30 min、1 h 时 Jackson 组患者的氧合指数均高于 Normal 组,1 h 时差异有统计学意义($P=0.0236$)。见表 2。

表 2 两组患者麻醉诱导后不同时间点的各项指标变化

Tab 2 Indies of the patients in two groups at different time points after anesthesia induction

n=18, $\bar{x}\pm s$

Index	Jackson group				Normal group			
	A	B	C	D	A	B	C	D
IAP p/mmHg	8.02±2.22	4.16±2.69**	5.66±3.02	10.05±2.22	8.20±2.03	5.20±1.79**	6.90±3.39	10.97±3.32
CVP p/cmH ₂ O	11.11±4.42	8.33±4.52**	10.87±4.31	14.42±5.99	9.64±2.18	12.70±2.64**△	13.24±3.80	11.81±3.18
MAP p/mmHg	81.76±12.04	81.70±10.50	87.76±10.56	88.88±11.68	87.53±7.90	79.60±9.24**	86.53±14.77	90.93±13.95
HR f/min ⁻¹	67.60±8.31	66.33±7.80	66.23±13.29	68.65±13.71	66.65±12.69	63.70±9.36*	67.60±12.40	72.93±10.63
OI p/mmHg	408.51±98.70	544.98±69.32**	544.00±69.68	552.36±66.24	410.95±130.86	471.91±96.37	512.94±77.45	486.18±51.53△

1 mmHg=0.133 kPa; 1 cmH₂O=0.098 kPa. A: In the supine position after anesthesia induction; B: In the prone position for 10 min; C (except OD): In the prone position before the end of surgery; D (except OD): In the supine position after the surgery; C (OI): In the prone position for 30 min; D (OI): In the prone position for 60 min. IAP: Intra-abdominal pressure; CVP: Central venous pressure; MAP: Mean arterial pressure; HR: Heart rate; OI: Oxygenation index. * $P<0.05$, ** $P<0.01$ vs A in the same group; △ $P<0.05$ vs Jackson group

2.4 IAP与CVP及不同体位CVP、IAP的相关性 线性回归方程分析结果显示, Jackson组患者俯卧位下IAP与CVP呈正相关($r=0.7093, P=0.000$), 且仰卧位下CVP与俯卧位下CVP、仰卧位下IAP与俯卧位下IAP均呈正相关($r=0.7607, P=0.000; r=0.7528, P=0.000$), 见图1。Normal组患者的IAP与CVP之间无相关性。Normal组患

者仰卧位下CVP与俯卧位下CVP、仰卧位下IAP与俯卧位下IAP均呈正相关($r=0.8297, P=0.000; r=0.9200, P=0.000$)。综合两组仰卧位数据, 麻醉诱导后仰卧位时IAP与CVP、IAP与BMI均呈正相关($r=0.4756, P=0.0002; r=0.4905, P=0.0024$, 图1)。

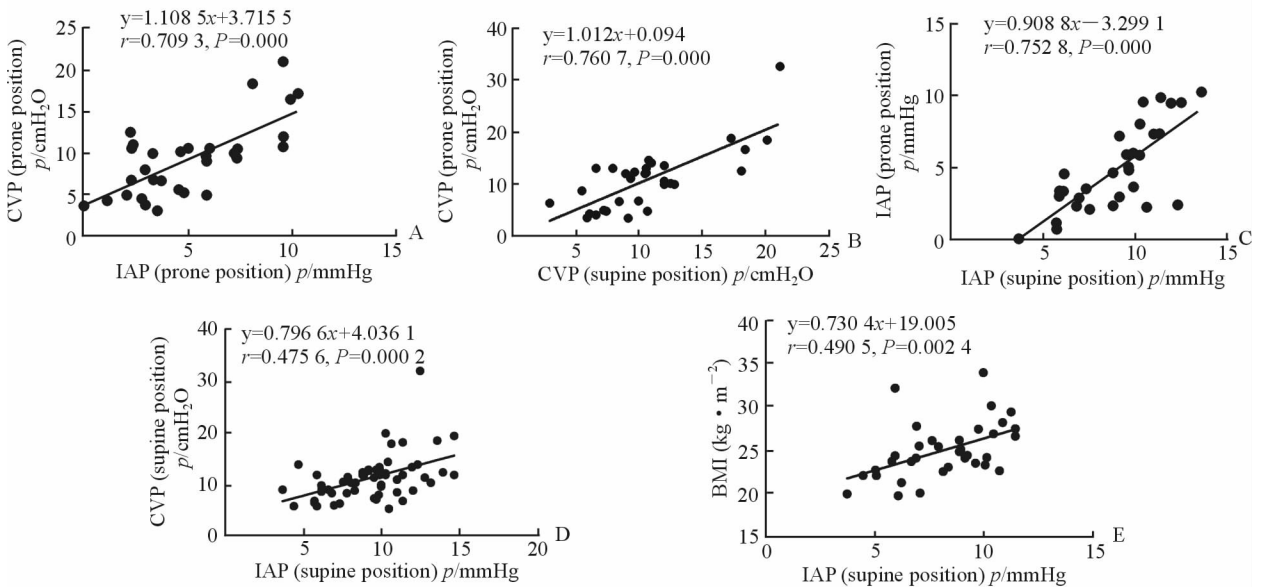


图1 IAP与CVP及不同体位CVP、IAP的相关性

Fig 1 Correlation between IAP and CVP and correlation between IAP and CVP when in different postures

1 mmHg=0.133 kPa; 1 cmH₂O=0.098 kPa. A: The correlation between IAP and CVP under the prone position in Jackson group; B: The correlation with CVP when positioned in the supine and prone position in Jackson group; C: The correlation with IAP when positioned in the supine and prone position in Jackson group; D: The correlation between IAP and CVP under the supine position; E: The correlation between IAP and BMI under the supine position. IAP: Intra-abdominal pressure; CVP: Central venous pressure; BMI: Body mass index

3 讨论

Jackson手术床的好处是俯卧位时腹部悬空,可降低腹腔静脉压力,从而最大程度减少术中出血^[4]。本研究结果显示Jackson手术床组俯卧位时患者的IAP下降,与Koshy等^[5]的研究结果一致。此外,普通手术床加腰桥组俯卧位时患者的IAP也下降,与Akinci等^[6]报道腰椎手术俯卧位下患者IAP的增高不同,分析其原因可能是与使用的胸腹支撑垫不同、腹部悬空与否、胸部受压面积不一、是否使用肌肉松弛剂等有关。Akinci等^[6]的研究中,患者使用了胸垫,腹部没有悬空,而本研究摆放体位时使腹部悬空。表明使用普通手术床摆放体位时,使腹部悬空也可以降低患者的IAP,减少腹腔内静脉压力,从而减少腰椎手术出血量,同时也进一步证明了

Jackson手术床的优势。

本实验研究结果显示使用Jackson手术床者翻身前后对循环影响小,与Dharmavaram等^[7]的研究报道一致。使用普通床患者俯卧位10 min时的MAP、HR均下降,与Poon等^[8]的研究报道一致。由于受到麻醉药物浓度、患者是否清醒、疼痛程度等因素的影响,手术结束时的翻身对患者MAP、HR会造成一定程度的干扰,因此本研究未进行统计学比较。本研究结果显示俯卧位下患者的氧合指数改善,与Palmese等^[9]、Soro等^[10]、Brodsky等^[11]的研究结果一致。Jackson手术床改善氧合更明显,尤其是长时间俯卧位下,表明Jackson手术床对俯卧位时患者呼吸功能的影响不显著。由于受到手术时间的限制,以及手术结束翻身导致患者出现的体动、呛咳等可能会对氧合指数造成一定的干扰,故本研究

只采集到俯卧位后1 h。上述结果表明使用 Jackson 手术床时,患者俯卧位下的 IAP 降低,对血流动力学的影响更小,改善氧合更明显,因此对于老年人、心肺功能差者,使用 Jackson 手术床更有优势,尤其是对于那些需长时间俯卧位手术、预计出血量大的患者。

本研究发现麻醉诱导后仰卧位下 IAP 与 BMI、CVP 均呈正相关,这与 Malbrain 等^[1]和 Ke 等^[2]的研究结果一致;但结果 r 值偏小,可能与全身麻醉后使用神经肌肉阻滞剂而导致 IAP 下降有关^[12]。由于仰卧位下 IAP 与 CVP 存在相关性,本实验过程中由同一麻醉医师控制翻身前后的液体速度,以减少补液对 CVP 的影响。

有报道称注入 50 mL 或 100 mL 生理盐水会导致测量所得的 IAP 过高^[13],本研究根据 WSACS (World Society of Abdominal Compartment Syndrome) 指南的建议,测量 IAP 时注入 25 mL 生理盐水,以腋中线为零点^[14],从而减少了误差。

CVP 在临床工作中被广泛应用,可用来间接评估心脏前负荷和右心室收缩功能,进而指导补液^[15]。但 CVP 的临床应用价值一直存在争议,由于受到 IAP 的影响,尤其是腹内高压的影响,CVP 不能有效地指导补液^[16]。同时,在脓毒性休克早期阶段,由于心功能受到抑制,导致 CVP 不能有效评估左室前负荷^[17]。本实验排除了腹腔间隙综合征、脓毒症的患者,避免了上述因素对探讨俯卧位下 IAP 与 CVP 相关性的影响,为俯卧位手术、意外大出血、深静脉置管困难者的补液提供了参考。

目前,有关俯卧位下 CVP 的报道也存在争议。本研究结果显示俯卧位下普通手术床加腰桥组患者的 CVP 升高,与 Soliman 等^[18]的报道一致。但也有不同报道,Chiumello 等^[19]报道急性呼吸窘迫综合征患者俯卧位时不管有无胸腹支撑垫,其 CVP 均无显著变化。分析其原因可能是与不同实验在变仰卧位为俯卧位前有无进行液体扩容及扩容量有关,另外还可能与胸腹支撑垫的摆放部位、胸廓受压面积多少有关。Wu 等^[20]研究表明,俯卧位时心输出量下降,其机制可能与胸廓受压有关,而补充液体使每搏输出量变异度 $<14\%$ 后再俯卧可预防心指数的下降,表明俯卧位使每搏输出量变异度增大,而增加容量可以避免俯卧位引起的容量不足。与其他手术床

相比, Jackson 手术床对心功能的影响最小,俯卧位、仰卧位条件下心指数、每搏输出量的变化均无统计学意义,而其他手术床均会对前负荷或后负荷产生不同程度的影响^[8]。但目前尚没有 CVP 的相关报道。本研究结果显示 Jackson 手术床组患者的 CVP 下降,考虑与 Jackson 手术床对腹部基本不受压导致 IAP 下降、膈肌上移不明显、对胸内压影响也不明显有关。

本研究结果显示俯卧位下普通床患者的 IAP 与 CVP 无相关性,而 Jackson 手术床患者的 IAP 与 CVP 呈正相关,产生这种差异的原因可能是与俯卧位下 IAP、CVP 的变化趋势不同有关。因此,在使用普通手术床时,比对翻身前后的 CVP 将对液体管理更有指导意义,在麻醉诱导后翻身前进行补偿性扩容,更利于稳定循环、准确地测量 CVP。有研究报道补液过多可导致 IAP 升高^[21],而 IAP 升高可能会对呼吸、循环、肾脏等器官产生不良影响^[22-24]。本研究显示补液量与 IAP 无相关性,但手术结束后 CVP 升高, IAP 也随之升高,与文献报道^[21]一致。使用 Jackson 手术床时,俯卧位下 IAP 与 CVP 呈现良好的相关性, IAP 低、出血量少^[4],因此,使用 Jackson 手术床时控制液体的输入,在循环稳定的前提下降低 CVP,可有效减少出血量。由于腰椎手术的节段不同,术者不同,故本研究未对出血量进行统计,有待后续研究进一步验证。此外,使用 Jackson 手术床者在仰卧位与俯卧位两种体位下的 CVP、IAP 均显著相关,提示在今后临床工作中,可通过测量患者俯卧位下的 IAP 值计算得仰卧位下 CVP 值,从而为术中补液提供参考。

IAP 与 CVP 存在良好相关性的原因可能是与 IAP 与胸内压具有良好的相关性、IAP 对下腔静脉造成挤压有关^[25]。有研究认为机械通气时胸腔内的压力变化会引起 CVP 的变化^[26];同时,呼气末正压通气(PEEP)值是 IAP^[27]、CVP^[28]升高的危险因素,故本研究中 PEEP 值设置为 0,测量时停止机械通气,消除了其对 IAP、CVP 的影响。

综上所述,在临床俯卧位手术中,由于手术床、麻醉等因素的影响,CVP 会产生不同趋势的变化。使用 Jackson 手术床时,由于俯卧位下 IAP 与 CVP 存在显著相关,可以将 IAP 作为补液速度和补液量的补充指标,防止因液体量过多而导致并发症的发生。

[参考文献]

- [1] MALBRAIN M L, CHIUMELLO D, PELOSI P, WILMER A, BRIENZA N, MALCANGI V, et al. Prevalence of intra-abdominal hypertension in critically ill patients: a multicentre epidemiological study[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30: 822-829.
- [2] KE L, NI H B, SUN J K, TONG Z H, LI W Q, LI N, et al. Risk factors and outcome of intra-abdominal hypertension in patients with severe acute pancreatitis [J]. *World J Surg*, 2012, 36: 171-178.
- [3] YANG C, YANG Z Y, CHEN X L, LIU T, GOU S M, CHEN C Z, et al. Inverted U-shaped relationship between central venous pressure and intra-abdominal pressure in the early phase of severe acute pancreatitis: a retrospective study[J/OL]. *PLoS One*, 2015, 6: e0128493. doi: 10.1371/journal.pone.0128493. eCollection 2015.
- [4] DOUGLASS J, FRASER J, ANDRZEJOWSKI J. Awake intubation and awake prone positioning of a morbidly obese patient for lumbar spine surgery[J]. *Anaesthesia*, 2014, 69: 166-169.
- [5] KOSHY M, MATHAI M D, JAMES D, LEE J Y, BUFFINGTON C W. Prediction of blood loss during surgery on the lumbar spine with the patient supported prone on the Jackson table[J]. *Spine J*, 2012, 12: 1103-1110.
- [6] AKINCI I O, TUNALI U, KYZY A A, GURESTI E, SENCER A, KARASU A, et al. Effects of prone and jackknife positioning on lumbar disc herniation surgery[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2011, 23: 318-322.
- [7] DHARMAVARAM S, JELLISH W S, RUSS P, SHEA J, MEHMOOD R, GHANAYEM A, et al. Effect of prone positioning systems on hemodynamic and cardiac function during lumbar spine surgery: an echocardiographic study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31: 1388-1394.
- [8] POON K S, WU K C, CHEN C C, FUNG S T, LAU A W, HUANG C C, et al. Hemodynamic changes during spinal surgery in the prone position [J]. *Acta Anaesthesiol Taiwan*, 2008, 46: 57-60.
- [9] PALMESE S, SCARANO D, MANZI M, SCIBILIA A C, NATALE A. Changes in alveolar dead space during general anaesthesia in posterior spinal surgery: an observational study[J]. *Int J Anesthesiol*, 2014, 33: 7.
- [10] SORO M, GARCÍA-PÉREZ M L, BELDA F J, FERRANDIS R, AGUILAR G, TUSMAN G, et al. Effects of prone position on alveolar dead space and gas exchange during general anaesthesia in surgery of long duration[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2007, 24: 431-437.
- [11] BRODSKY J B, OLDROYD M, WINFIELD H N, KOZLOWSKI P M. Morbid obesity and the prone position: a case report[J]. *J Clin Anesth*, 2001, 13: 138-140.
- [12] DE LAET I, HOSTE E, VERHOLEN E, DE WAELE J J. The effect of neuromuscular blockers in patients with intra-abdominal hypertension [J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33: 1811-1814.
- [13] DE W J, PLETINCKX P, BLOT S, HOSTE E. Saline volume in transvesical intra-abdominal pressure measurement: enough is enough[J]. *Intensive Care Med*, 2006, 32: 455-459.
- [14] KIRKPATRICK A W, ROBERTS D J, DE WAELE J, JAESCHKE R, MALBRAIN M L, DE KEULENAER B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome[J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39: 1190-1206.
- [15] DELLINGER R P, CARLET J M, MASUR H, GERLACH H, CALANDRA T, COHEN J, et al. Surviving sepsis campaign campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock[J]. *Crit Care Med*, 2013, 34: 17-60.
- [16] VALENZA F, CHEVALLARD G, PORRO G A, GATTINONI L. Static and dynamic components of esophageal and central venous pressure during intra-abdominal hypertension[J]. *Crit Care Med*, 2007, 35: 1575-1581.
- [17] SASAI T, TOKIOKA H, FUKUSHIMA T, MIKANE T, OKU S, IWASAKI E, et al. Reliability of central venous pressure to assess left ventricular preload for fluid resuscitation in patients with septic shock[J]. *J Intensive Care*, 2014, 2: 1-7.
- [18] SOLIMAN D E, MASLOW A D, BOKESCH P M, STRAFFORD M, KARLIN L, RHODES J, et al. Transoesophageal echocardiography during scoliosis

- repair; comparison with CVP monitoring[J]. *Can J Anaesth*, 1998, 45: 919-924.
- [19] CHIUMELLO D, CRESSONI M, RACAGNI M, LANDI L, LI BASSI G, POLLI F, et al. Effects of thoraco-pelvic supports during prone position in patients with acute lung injury/acute respiratory distress syndrome: a physiological study [J]. *Crit Care*, 2006, 10: 87-96.
- [20] WU C Y, LEE T S, CHAN K C, JENG C S, CHENG Y J. Does targeted pre-load optimisation by stroke volume variation attenuate a reduction in cardiac output in the prone position[J]. *Anaesthesia*, 2012, 67: 760-764.
- [21] DABROWSKI W, KOTLINSKA-HASIEC E, SCHNEDITZ D, ZALUSKA W, RZECKI Z, KEULENAER B D, et al. Continuous veno-venous hemofiltration to adjust fluid volume excess in septic shock patients reduces intra-abdominal pressure[J]. *Clin Nephrol*, 2014, 82: 41-50.
- [22] WU Y F, ZHENG Y P, ZHANG N, LIU H, ZHENG Q X, YANG F T, et al. Study on the correlation between the changes in intra-abdominal pressure and renal functional in the patients with abdominal compartment syndrome[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2015, 19: 3682-3687.
- [23] CHEATHAM M L, MALBRAIN M L. Cardiovascular implications of abdominal compartment syndrome[J]. *Acta Clin Belg*, 2007, 62 (Suppl 1): 98-112.
- [24] CHIARA O, CIMBANASSI S, BOATI S, BASSI G. Surgical management of abdominal compartment syndrome [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2011, 77: 457-462.
- [25] BANIEGHBAL B, GOUWS M, DAVIES M R. Respiratory pressure monitoring as an indirect method of intra-abdominal pressure measurement in gastroschisis closure[J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2006, 16: 79-83.
- [26] CHERPANATH T G, GEERTS B F, MAAS J J, DE WILDE R B, GROENEVELD A B, JANSEN J R. Ventilator-induced central venous pressure variation can predict fluid responsiveness in post-operative cardiac surgery patients[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2016, 60: 1395-1403.
- [27] CHEATHAM M L, MALBRAIN M L, KIRKPATRICK A, SUGRUE M, PARR M, WAELE J D, et al. Results from the international conference of experts on intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome II recommendations [J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33: 951-962.
- [28] UKERE A, MEISNER S, GREIWE G, OPITZ B, BENTEN D, NASHAN B, et al. The influence of PEEP and positioning on central venous pressure and venous hepatic hemodynamics in patients undergoing liver resection[J/OL]. *J Clin Monit Comput*, 2016. doi: 10.1007/s10877-016-9970-1.

[本文编辑] 曾奇峰