

## · 临床研究 ·

## 超声引导下竖脊肌平面阻滞对多发肋骨骨折患者术后早期呼吸功能的影响

于双 王笑凡 林艳君 郑少强 杨占民 赵尧平

**【摘要】** 目的 探讨超声引导下竖脊肌平面阻滞(ESPB)对多发肋骨骨折(MRFs)患者术后早期呼吸功能和炎性因子的影响。方法 选择 2019 年 2 月至 2021 年 12 月择期行多发肋骨骨折手术患者 58 例,男 42 例,女 16 例,年龄 18~64 岁,BMI 18.5~30.0 kg/m<sup>2</sup>,ASA I 或 II 级。采用随机数字表法将患者分为两组:ESPB 联合全身麻醉组(E 组)和单纯全身麻醉组(G 组),每组 29 例。E 组于麻醉诱导后在侧卧位下实施超声引导下 ESPB,给予 0.5% 罗哌卡因 0.4 ml/kg。记录麻醉诱导前、出 PACU 时、术后 24、48 h 的用力肺活量(FVC)、动脉血气分析、静息和咳嗽时 VAS 疼痛评分。记录术后 0~24 h、24~48 h 的 PCIA 有效按压次数和补救镇痛情况。记录麻醉诱导前、术后 24、48 h 的 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度。结果 与 G 组比较,E 组出 PACU 时、术后 24、48 h 的 FVC 明显增大( $P < 0.05$ ), PaCO<sub>2</sub>、静息和咳嗽时 VAS 疼痛评分明显降低( $P < 0.05$ )。与 G 组比较,E 组术后 0~24 h、24~48 h 的 PCIA 有效按压次数和补救镇痛率明显降低( $P < 0.05$ )。与 G 组比较,E 组术后 24、48 h 的 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度明显降低( $P < 0.05$ )。结论 超声引导下 ESPB 可为 MRFs 患者提供良好的术后镇痛,促进术后早期呼吸功能的恢复。

**【关键词】** 竖脊肌平面阻滞;肋骨骨折;炎性因子;用力肺活量;超声引导

**Effect of ultrasound-guided erector spinae plane block on early postoperative respiratory function in patients with multiple rib fractures** YU Shuang, WANG Xiaofan, LIN Yanjun, ZHENG Shaoqiang, YANG Zhanmin, ZHAO Yaoping. Department of Anesthesiology, Aerospace Central Hospital, Beijing 100049, China

Corresponding author: ZHAO Yaoping, Email: 524825706@qq.com

**【Abstract】** **Objective** To investigate the effect of ultrasound-guided erector spinae plane block (ESPB) on early postoperative respiratory function and inflammatory cytokines in patients with multiple rib fractures (MRFs). **Methods** Fifty-eight patients who underwent MRFs surgery, 42 males and 16 females, aged 18–64 years, BMI 18.5–30.0 kg/m<sup>2</sup>, ASA physical status I or II, were selected from February 2019 to December 2021. The patients were divided into two groups using random number method: ESPB combined with general anesthesia group (group E) and general anesthesia alone group (group G), 29 patients in each group. All the patients in group E underwent ultrasound-guided ESPB in the lateral decubitus position after general anesthesia induction, and 0.5% ropivacaine 0.4 ml/kg was administered. Forced vital capacity (FVC), arterial blood gas analysis, VAS pain scores at rest and cough were recorded before anesthesia induction, at discharge from PACU, 24 and 48 hours after operation. The number of effective PCIA compressions during 0–24 hours and 24–48 hours after surgery and the number of rescue analgesia were recorded. The concentrations of IL-6 and TNF- $\alpha$  were recorded before anesthesia induction, 24 and 48 hours after operation. **Results** Compared with group G, the FVC was significantly higher, and the VAS score and PaCO<sub>2</sub> were significantly lower in group E at discharge from PACU, 24 and 48 hours after operation ( $P < 0.05$ ). The number of effective PCIA compressions during 0–24 hours and 24–48 hours after surgery, the rate of rescue analgesia, the concentrations of IL-6 and TNF- $\alpha$  24 and 48 hours after operation in group E were significantly lower than those in group G ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Ultrasound-guided ESPB can provide good postoperative analgesia, promote early postoperative recovery of respiratory function in patients with MRFs.

**【Key words】** Erector spinae plane block; Rib fracture; Inflammatory cytokines; Forced vital capacity; Ultrasound-guidance

DOI: 10.12089/jca.2024.06.001

基金项目:北京积水潭医院科研青年基金(QN-201915)

作者单位:100049 北京市,航天中心医院麻醉科(于双、王笑凡、林艳君、杨占民);首都医科大学附属北京积水潭医院麻醉科(郑少强、赵尧平)

通信作者:赵尧平,Email: 524825706@qq.com

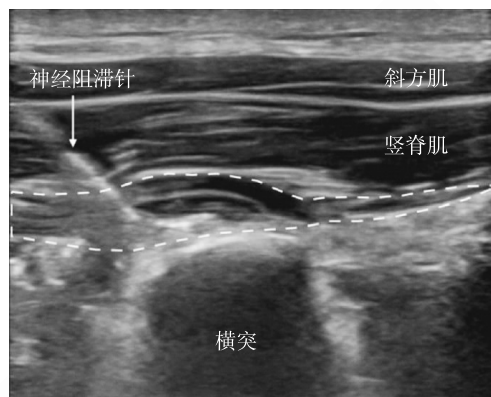
多发肋骨骨折(multiple rib fractures, MRFs)是较常见的胸部创伤,死亡率可高达 10%~25%<sup>[1]</sup>。MRFs 患者术前常合并肺挫伤、肺不张以及肺部感染等并发症,影响患者的呼吸功能和氧合<sup>[2]</sup>。全身麻醉、手术创伤可能导致患者术后呼吸功能损伤进一步加重。有效缓解 MRFs 患者的胸壁疼痛能够改善胸廓的运动幅度、促进咳嗽咳痰、排出气道分泌物<sup>[3]</sup>。应用阿片类药物仍是目前 MRFs 患者常用的围术期静脉镇痛方案<sup>[4]</sup>,但大剂量使用可能引起呼吸抑制,使呼吸功能进一步恶化,增加围术期肺部并发症的发生。竖脊肌平面阻滞(erector spinae plane block, ESPB)是近年来常用的胸部筋膜间阻滞镇痛方案。相比传统的区域阻滞如硬膜外麻醉、椎旁神经阻滞,ESPB 操作更简单,潜在相关并发症更少<sup>[5]</sup>。尤其是对于可能合并胸腔积液的多发肋骨骨折患者,ESPB 能够安全有效地缓解围术期疼痛<sup>[6]</sup>,但有关其对围术期呼吸功能和炎性因子影响的研究较少。本研究探讨超声引导下 ESPB 对 MRFs 患者术后早期呼吸功能和炎性因子的影响,以期为临床提供参考。

### 资料与方法

**一般资料** 本研究经医院伦理委员会批准(201901-03),患者及家属签署知情同意书。选择 2019 年 2 月至 2021 年 12 月择期行多发肋骨骨折内固定术患者,性别不限,年龄 18~64 岁, BMI 18.5~30.0 kg/m<sup>2</sup>, ASA I 或 II 级。排除标准:多发创伤、肋骨骨折数>6 根或者<3 根,双侧肋骨骨折,合并严重的循环系统、呼吸系统并发症,对研究用药过敏,慢性疼痛病史。剔除标准:手术方案改变,术中出血量超过 800 ml,术后转入 ICU,出现严重并发症(伤口或胸腔出血二次手术、高热、伤口愈合不良)。

**分组与处理** 采用随机数字表法将患者随机分为两组:ESPB 联合全身麻醉组(E 组)和单纯全身麻醉组(G 组)。E 组于麻醉诱导后在侧卧位下行超声引导下 ESPB。穿刺点定位:最上端肋骨骨折与最下端肋骨骨折的中点。使用 4~15 MHz 高频线阵探头,超声探头放置于已定位穿刺节段后正中线外侧 2.5~3 cm,超声下识别横突和竖脊肌。完善消毒后,使用 22 G、80 mm 神经阻滞针,采用从头侧向尾侧、平面内进针技术。当穿刺针触及目标横突后,应用水定位技术给予生理盐水 1~3 ml 确定针尖位置。当生理盐水位于竖脊肌和横突之间扩散,回抽没有血液、空气后给予 0.5%罗哌卡因 0.4 ml/kg,每

给予 10 ml 罗哌卡因,再次确定针尖触及横突,直到完成给药(图 1)。所有 ESPB 操作由同一名经验丰富的麻醉科医师完成。



注:虚线,药液扩散范围。

图 1 ESPB 超声图

**麻醉方法** 患者常规禁食 8 h,禁饮 6 h。入室后常规监测 ECG、BP、SpO<sub>2</sub>、BIS 等。在健侧手臂开放静脉通路,局部麻醉后行桡动脉穿刺置管,连续监测有创动脉血压。麻醉诱导:依次静脉给予舒芬太尼 0.4 μg/kg、丙泊酚 1.5~2.5 mg/kg、顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg。待药物完全起效后,置入双腔气管导管,连接麻醉机行机械通气,纤维支气管镜辅助定位。机械通气采用容量控制模式,双肺通气期间 V<sub>T</sub> 6~8 ml/kg, RR 10~12 次/分, FiO<sub>2</sub> 60%, I : E 1 : 2,维持 P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub> 35~45 mmHg;单肺通气期间 V<sub>T</sub> 4~6 ml/kg,其余参数保持不变。麻醉维持:吸入七氟醚 0.8~1.0 MAC,静脉持续泵注瑞芬太尼 0.1~0.4 μg·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>,术中间断静脉给予顺式阿曲库铵 0.05 mg/kg 维持肌松。维持 BIS 40~60, HR 和 MAP 波动幅度不超过基础值的 30%。当 HR 或 MAP 的波动幅度超过该范围,根据患者的情况调整麻醉药物、液体治疗方案或者应用血管活性药物。所有手术由同一组胸外科医师完成。手术结束时停用七氟醚和瑞芬太尼,静脉给予舒芬太尼 0.1 μg/kg。患者术毕带管转入 PACU,待吞咽咳嗽反射良好并且意识、自主呼吸、肌力恢复后,拔除气管导管。拔管后行 PCIA,连接静脉镇痛泵,配方:舒芬太尼 2 μg/kg、昂丹司琼 0.15 mg/kg,用生理盐水稀释至 100 ml,背景剂量 1 ml/h,单次剂量 0.5 ml,锁定时间 15 min。如果静息时 VAS 疼痛评分>4 分,患者自控按压后仍不能缓解,则缓慢静脉注射地佐辛 5 mg。当患者面罩吸氧时 SpO<sub>2</sub> ≥ 90%,不吸氧时 SpO<sub>2</sub> ≥ 80%后,返回病房。由一名不知晓分组的麻

醉科医师进行术前和术后随访。

**观察指标** 主要指标为术后 24 h 的用力肺活量(forced vital capacity, FVC)。记录麻醉诱导前、出 PACU 时和术后 48 h 的 FVC;麻醉诱导前、出 PACU 时、术后 24、48 h 不吸氧时的动脉血气分析( $\text{PaO}_2$ 、 $\text{PaCO}_2$  和  $\text{SpO}_2$ )、静息时和咳嗽时 VAS 疼痛评分(0 分,无痛;10 分,难以忍受的剧痛);PCIA 有效按压次数和补救镇痛情况。麻醉诱导前、术后 24、48 h 从静脉留置针处抽取静脉血 5 ml,离心分离血清,采用 ELISA 法检测血清 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度。

**统计分析** 根据预试验的结果,术后 24 h E 组和 G 组的 FVC 分别为  $(1\ 496.2 \pm 225.8)$  ml 和  $(1\ 311.0 \pm 248.3)$  ml。设  $\alpha = 0.05$ ,  $1 - \beta = 0.8$ , 预计 10% 的脱落率,最终每组需纳入患者 30 例。

采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验,组内不同时点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和四分位间距 [ $M$  (IQR)] 表示,组间比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验。计数资料以例 (%) 表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

本研究最初纳入多发肋骨骨折患者 60 例,由于

术后低血氧、带管返回 ICU 被剔除 2 例,最终纳入患者 58 例,每组 29 例,均顺利完成手术。E 组患者均成功实施 ESPB,无局部出血、感染、局麻药过敏等神经阻滞相关并发症发生。两组患者性别、年龄、体重、BMI、ASA 分级和手术时间差异均无统计学意义(表 1)。E 组合并血胸 16 例(55%),合并气胸 11 例(38%),G 组合并血胸 19 例(66%),合并气胸 9 例(31%),两组合并血胸、气胸比例差异无统计学意义。

与 G 组比较,E 组出 PACU 时、术后 24、48 h 的 FVC 与  $\text{PaCO}_2$  明显升高( $P < 0.05$ )。两组麻醉诱导前、出 PACU 时、术后 24、48 h 的  $\text{PaO}_2$  和  $\text{SpO}_2$  差异无统计学意义(表 2)。

与麻醉诱导前比较,两组出 PACU 时、术后 24、48 h 静息时 VAS 疼痛评分明显降低( $P < 0.05$ )。与 G 组比较,E 组出 PACU 时、术后 24、48 h 静息和咳嗽时 VAS 疼痛评分明显降低( $P < 0.05$ )(表 3)。

与 G 组比较,E 组术后 0~24 h、24~48 h 的 PCIA 有效按压次数明显减少,补救镇痛率明显降低( $P < 0.05$ )(表 4)。

与麻醉诱导前比较,术后 24、48 h 两组血清 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度明显升高( $P < 0.05$ )。与 G 组比较,术后 24、48 h E 组血清 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度明显降低( $P < 0.05$ )(表 5)。

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁)	体重 (kg)	BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	ASA I / II 级 (例)	手术时间 (min)
E 组	29	22/7	44.7 $\pm$ 12.6	65.4 $\pm$ 11.8	23.8 $\pm$ 3.3	17/12	115.5 $\pm$ 27.5
G 组	29	20/9	42.1 $\pm$ 12.8	63.2 $\pm$ 7.3	24.2 $\pm$ 2.9	15/14	106.2 $\pm$ 25.0

表 2 两组患者不同时点 FVC 和血气分析的比较( $\bar{x} \pm s$ )

指标	组别	例数	麻醉诱导前	出 PACU 时	术后 24 h	术后 48 h
FVC (ml)	E 组	29	839.4 $\pm$ 218.3	1 046.3 $\pm$ 160.2 <sup>a</sup>	1 526.4 $\pm$ 198.5 <sup>a</sup>	1 925.9 $\pm$ 201.8 <sup>a</sup>
	G 组	29	811.7 $\pm$ 231.9	865.2 $\pm$ 181.8	1 315.0 $\pm$ 231.1	1 641.9 $\pm$ 256.0
$\text{PaO}_2$ (mmHg)	E 组	29	69.4 $\pm$ 12.2	61.1 $\pm$ 11.3	64.5 $\pm$ 9.3	67.0 $\pm$ 11.3
	G 组	29	66.7 $\pm$ 11.7	60.6 $\pm$ 12.4	65.6 $\pm$ 10.1	68.1 $\pm$ 10.7
$\text{PaCO}_2$ (mmHg)	E 组	29	33.9 $\pm$ 5.8	43.1 $\pm$ 6.4 <sup>a</sup>	40.1 $\pm$ 6.5 <sup>a</sup>	39.7 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>
	G 组	29	35.0 $\pm$ 5.6	46.6 $\pm$ 5.3	45.4 $\pm$ 9.0	43.1 $\pm$ 6.5
$\text{SpO}_2$ (%)	E 组	29	91.9 $\pm$ 4.1	88.2 $\pm$ 4.8	90.1 $\pm$ 4.1	91.9 $\pm$ 3.5
	G 组	29	92.6 $\pm$ 4.5	86.3 $\pm$ 5.4	88.4 $\pm$ 4.6	91.2 $\pm$ 3.9

注:与 G 组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 3 两组患者不同时间点静息和咳嗽时 VAS 疼痛评分的比较(分,  $\bar{x} \pm s$ )

状态	组别	例数	麻醉诱导前	出 PACU 时	术后 24 h	术后 48 h
静息时	E 组	29	6.1±1.1	2.4±1.5 <sup>ab</sup>	2.6±1.7 <sup>ab</sup>	2.0±1.1 <sup>ab</sup>
	G 组	29	6.4±1.4	3.5±1.2 <sup>a</sup>	3.7±1.9 <sup>a</sup>	2.9±1.6 <sup>a</sup>
咳嗽时	E 组	29	-	3.7±1.4 <sup>b</sup>	3.3±1.6 <sup>b</sup>	2.6±1.0 <sup>b</sup>
	G 组	29	-	4.9±1.0	4.2±1.6	3.3±1.4

注:与麻醉诱导前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 G 组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ 。

表 4 两组患者术后不同时间段 PCIA 有效按压次数和补救镇痛的比较

组别	例数	PCIA 有效按压次数(次)		补救镇痛率 [例(%)]
		术后 0~24 h	术后 24~28 h	
E 组	29	5.0(3.0~6.5) <sup>a</sup>	3.0(1.5~4.0) <sup>a</sup>	10(34) <sup>a</sup>
G 组	29	10.0(7.0~11.5)	5.0(3.0~7.0)	18(62)

注:与 G 组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 5 两组患者不同时间点血清 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度的比较 (pg/ml,  $\bar{x} \pm s$ )

指标	组别	例数	麻醉诱导前	术后 24 h	术后 48 h
IL-6	E 组	29	31.61±14.08	125.32±27.25 <sup>ab</sup>	98.32±25.98 <sup>ab</sup>
	G 组	29	34.25±10.93	150.48±34.59 <sup>a</sup>	132.59±37.64 <sup>a</sup>
TNF- $\alpha$	E 组	29	26.32±7.84	70.22±19.34 <sup>ab</sup>	63.20±12.30 <sup>ab</sup>
	G 组	29	28.09±8.20	88.39±11.33 <sup>a</sup>	83.39±15.93 <sup>a</sup>

注:与麻醉诱导前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 G 组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ 。

## 讨 论

肺活量是评估肋骨骨折患者出现呼吸系统并发症和延长住院时间的重要预测指标。围术期疼痛控制不佳会引起肺部通气明显下降,从而导致肺部感染、呼吸衰竭的发生<sup>[7]</sup>。本研究在肋骨骨折节段中点处实施 ESPB 并联合术后 PCIA,有效地改善了 MRFs 患者术后 48 h 内的 FVC,缓解胸部疼痛,并减轻炎症反应,促进患者术后呼吸功能早期恢复。

ESPB 能改善胸科、乳腺手术患者术后 24 h 呼吸功能的恢复<sup>[8-9]</sup>,但是肋骨骨折相关研究较少。本研究中 ESPB 明显改善呼吸功能,可能与 ESPB 可以提供有效的术后镇痛有关。Adhikary 等<sup>[10]</sup>回顾性研究表明,ESPB 能有效的缓解肋骨骨折引起的胸壁疼痛,并改善阻滞 48 h 内的呼吸功能。Ge 等<sup>[11]</sup>和 Elawamy 等<sup>[12]</sup>研究表明,胸椎旁神经阻滞和 ESPB 均能对 MRFs 提供有效的镇痛,并改善术

后 FVC,提示 ESPB 可以作为一种有效的镇痛方案应用于 MRFs,促进术后早期呼吸功能的恢复。研究<sup>[13]</sup>表明,由于 MRFs 患者术前合并血气胸、气胸、皮下气肿等情况,影响胸椎旁神经阻滞。超声引导下 ESPB 以横突为穿刺目标结构,不用精确定位更加深方的椎旁间隙,穿刺更加安全,可能较胸椎旁神经阻滞更适用于 MRFs。本研究实施 ESPB 后补救镇痛率仍较高,可能是由于 MRFs 手术切口范围较广,ESPB 阻滞节段相对较窄<sup>[14]</sup>,导致镇痛不足。

由于肋骨骨折、麻醉、手术操作以及术前合并肺挫伤等,本研究患者术后 FVC 明显低于正常水平。本研究结果显示,ESPB 只增加了术后 CO<sub>2</sub> 的排出,但对肺内氧气交换并没有明显改善,可能是由于 MRFs 患者疼痛和呼吸功能影响的峰值在胸外伤后 3~5 d,绝大部分患者在术前可能已经合并肺部并发症,从而导致氧合需要更长时间的恢复<sup>[15]</sup>。研究<sup>[16-17]</sup>表明,在入院后便实施 ESPB 能够改善肺部通气,因此,围术期采用 ESPB 镇痛可能更有利于 MRFs 患者呼吸功能的恢复。

IL-6 和 TNF- $\alpha$  是反映围术期炎症反应重要的炎性因子。IL-6 是肋骨骨折后肺挫伤引起炎症反应最为重要的标记物,并且与炎症反应程度成正相关<sup>[18]</sup>。由于 MRFs 患者术前胸部创伤,本研究麻醉诱导前基线 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度高于正常水平。Niesler 等<sup>[19]</sup>研究表明,胸部外伤 2 h 后,血浆和肺组织中炎性因子浓度明显增高。本研究结果显示,ESPB 能明显降低在术后 48 h 内 IL-6 和 TNF- $\alpha$  浓度,减少炎症反应,其可能原因如下:首先,ESPB 部分药物可以向腹侧扩散阻滞交感干,减少应激反应。一项活体影像学研究<sup>[20]</sup>结果表明,ESPB 后造影剂可进入椎旁间隙,也进一步证实 ESPB 可阻滞交感神经。其次,术后疼痛可以导致 IL-6 和 TNF- $\alpha$  等炎性因子大量释放<sup>[21]</sup>。本研究结果显示,ESPB 有效减轻 MRFs 患者术后静息和咳嗽时的疼痛刺激,减少术后镇痛需求,有助于气道分泌物的排出。

此外,局麻药可能具有抗炎作用,并且可以减少脂多糖激活白细胞分泌的 TNF- $\alpha$ <sup>[22]</sup>。

本研究存在一些局限:MRFs 手术切口是根据肋骨骨折部位来确定,所以穿刺水平的选择并不固定。MRFs 患者术前严重疼痛,本研究全身麻醉后实施 EPSB,只能通过术后疼痛评分和术后镇痛药物使用情况来判断镇痛效果。

综上所述,超声引导下竖脊肌平面阻滞能为多发肋骨骨折患者提供有效的术后镇痛,并且改善患者术后早期的呼吸功能,减轻炎症反应,促进患者康复,可为多发肋骨骨折围术期镇痛提供参考。

### 参 考 文 献

- [1] Beks RB, de Jong MB, Houwert RM, et al. Long-term follow-up after rib fixation for flail chest and multiple rib fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2019, 45(4): 645-654.
- [2] Martin TJ, Eltorai AS, Dunn R, et al. Clinical management of rib fractures and methods for prevention of pulmonary complications; a review. *Injury*, 2019, 50(6): 1159-1165.
- [3] El Malla DA, Helal R, Zidan T, et al. The effect of erector spinae block versus serratus plane block on pain scores and diaphragmatic excursion in multiple rib fractures. a prospective randomized trial. *Pain Med*, 2022, 23(3): 448-455.
- [4] Burton SW, Riojas C, Gesin G, et al. Multimodal analgesia reduces opioid requirements in trauma patients with rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg*, 2022, 92(3): 588-596.
- [5] Thiruvankatarajan V, Cruz Eng H, Adhikary SD. An update on regional analgesia for rib fractures. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2018, 31(5): 601-607.
- [6] Syal R, Mohammed S, Kumar R, et al. Continuous erector spinae plane block for analgesia and better pulmonary functions in patients with multiple rib fractures; a prospective descriptive study. *Braz J Anesthesiol*, 2024, 74(1): 744289.
- [7] Zengin M, Baldemir R, Ulger G, et al. Postoperative analgesic efficacy of thoracic paravertebral block and erector spinae plane block combination in video-assisted thoracic surgery. *Cureus*, 2021, 13(6): e15614.
- [8] Moorthy A, Ní Eochagáin A, Dempsey E, et al. Postoperative recovery with continuous erector spinae plane block or video-assisted paravertebral block after minimally invasive thoracic surgery: a prospective, randomised controlled trial. *Br J Anaesth*, 2023, 130(1): e137-e147.
- [9] Mladenovic J, Erskine RN, Riley B, et al. The association between erector spinae plane block timing and reduced rib fracture related respiratory complications: a cohort study. *J Clin Anesth*, 2022, 82: 110940.
- [10] Adhikary SD, Liu WM, Fuller E, et al. The effect of erector spinae plane block on respiratory and analgesic outcomes in multiple rib fractures: a retrospective cohort study. *Anaesthesia*, 2019, 74(5): 585-593.
- [11] Ge YY, Yuan LY, Chen YB, et al. Thoracic paravertebral block versus intravenous patient-controlled analgesia for pain treatment in patients with multiple rib fractures. *J Int Med Res*, 2017, 45(6): 2085-2091.
- [12] Elawamy A, Morsy MR, Ahmed M. Comparison of thoracic erector spinae plane block with thoracic paravertebral block for pain management in patients with unilateral multiple fractured ribs. *Pain Physician*, 2022, 25(6): 483-490.
- [13] Zhao Y, Tao Y, Zheng S, et al. Effects of erector spinae plane block and retrolaminar block on analgesia for multiple rib fractures: a randomized, double-blinded clinical trial. *Braz J Anesthesiol*, 2022, 72(1): 115-121.
- [14] Yang HM, Choi YJ, Kwon HJ, et al. Comparison of injectate spread and nerve involvement between retrolaminar and erector spinae plane blocks in the thoracic region: a cadaveric study. *Anaesthesia*, 2018, 73(10): 1244-1250.
- [15] White LD, Riley B, Davis K, et al. Safety of continuous erector spinae catheters in chest trauma: a retrospective cohort study. *Anesth Analg*, 2021, 133(5): 1296-1302.
- [16] Palachick BJ, Carver RA, Byars DV, et al. Erector spinae plane blocks for traumatic rib fractures: a prospective, interventional study. *Am Surg*, 2022, 88(9): 2124-2126.
- [17] 任志强, 梁文波, 范国祥, 等. 超声引导下竖脊肌平面阻滞对多发性肋骨骨折非手术患者呼吸功能和镇痛效果的影响. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37(11): 1168-1171.
- [18] Kurt A, Turut H, Acipayam A, et al. Investigation of surfactant protein-D and interleukin-6 levels in patients with blunt chest trauma with multiple rib fractures and pulmonary contusions: a cross-sectional study in Black Sea Region of Turkey. *BMJ Open*, 2016, 6(10): e011797.
- [19] Niesler U, Palmer A, Fröba JS, et al. Role of alveolar macrophages in the regulation of local and systemic inflammation after lung contusion. *J Trauma Acute Care Surg*, 2014, 76(2): 386-393.
- [20] Schwartzmann A, Peng P, Maciel MA, et al. A magnetic resonance imaging study of local anesthetic spread in patients receiving an erector spinae plane block. *Can J Anaesth*, 2020, 67(8): 942-948.
- [21] 李华, 张卓亮, 段陈夏, 等. 小剂量艾司氯胺酮复合舒芬太尼术后镇痛对老年患者髋关节置换术后早期认知功能的影响. *临床麻醉学杂志*, 2022, 38(9): 936-939.
- [22] Weinschenk S, Weiss C, Benrath J, et al. Anti-inflammatory characteristics of local anesthetics; inhibition of TNF- $\alpha$  secretion of lipopolysaccharide-stimulated leucocytes in human blood samples. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(6): 3283.

(收稿日期:2023-11-13)