

## 论著·临床研究

## 超声引导腹股沟韧带上髂筋膜阻滞对大腿止血带引起的缺血再灌注损伤的作用研究\*

童巧莉<sup>1,2</sup>, 陈果<sup>2</sup>, 王东<sup>2</sup>, 贾晓鹏<sup>1,3,△</sup>

(1. 浙江中医药大学研究生院, 浙江 杭州 310000; 2. 永康市第一人民医院麻醉科, 浙江 金华 321300;

3. 永康市第一人民医院骨二科, 浙江 金华 321300)

**[摘要]** 目的 探索超声引导腹股沟韧带上髂筋膜阻滞(S-FICB)对大腿止血带引起的缺血再灌注损伤的作用。方法 纳入 2022 年 2 月至 2023 年 3 月在永康市第一人民医院全身麻醉下择期行单侧膝关节镜手术患者 73 例,按随机信封法分为试验组(36 例)和对照组(37 例)。试验组患者行 S-FICB,对照组患者不进行神经阻滞操作。2 组患者均行气管插管全身麻醉。记录 2 组患者入室后( $T_0$ )、止血带充气前即刻( $T_1$ )、充气后 20 min( $T_2$ )、充气后 40 min( $T_3$ )、充气后 60 min( $T_4$ )、充气后 80 min( $T_5$ )、止血带释放即刻( $T_6$ )、释放 5 min( $T_7$ )的有创平均动脉压、心率、麻醉药物用量,记录总出血量、输液量、止血带相关高血压发生次数及镇痛药物使用量。测量 2 组患者  $T_1$ 、止血带释放后 1 min、止血带释放后 30 min 的肿瘤坏死因子  $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、白细胞介素 6(IL-6)、丙二醛水平。记录 2 组患者不同时间数字疼痛评分表(NRS)评分、并发症发生情况。结果 与对照组比较,试验组患者在  $T_4$ 、 $T_5$  时刻平均动脉压显著降低,止血带释放后 1 min、释放后 30 min TNF- $\alpha$ 、丙二醛水平显著降低,拔管后 30 min、术后 24 h NRS 评分显著降低,止血带相关高血压发生率降低,氟比洛芬酯使用量减少,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。2 组患者均未出现常见并发症。结论 S-FICB 可减少大腿止血带引起的缺血再灌注损伤,降低止血带相关高血压发生率,减少术后镇痛药物使用。

**[关键词]** 髂筋膜阻滞; 缺血再灌注损伤; 超声检查; 止血带; 大腿

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.05.008

中图法分类号:R614.4

文章编号:1009-5519(2024)05-0759-07

文献标识码:A

Effect of ultrasound-guided superior fascia iliaca compartment block of the inguinal ligament to reduce ischaemic reperfusion injury induced by the use of thigh tourniquets\*

TONG Qiaoli<sup>1,2</sup>, CHEN Guo<sup>2</sup>, WANG Dong<sup>2</sup>, JIA Xiaopeng<sup>1,3,△</sup>

(1. School of Graduate, Zhejiang Chinese Medicine University, Hangzhou, Zhejiang 310000,

China; 2. Department of Anaesthesiology, Yongkang First People's Hospital, Jinhua,

Zhejiang 321300, China; 3. Second Department of Orthopaedics, Yongkang

First People's Hospital, Jinhua, Zhejiang 321300, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the effect of ultrasound-guided superior fascia iliaca compartment block (S-FICB) of the inguinal ligament on ischaemic reperfusion injury induced by the use of a thigh tourniquet. **Methods** A total of 73 cases of unilateral knee arthroscopic surgery under general anaesthesia in the Yongkang First People's Hospital from February 2022 to March 2023 were included and divided into the experimental group (36 cases) and the control group (37 cases) according to random envelope method. The experimental group underwent S-FICB and the control group did not undergo nerve block. Both groups underwent general anesthesia with tracheal intubation. The invasive mean arterial pressure, heart rate and anesthetic drug dosage were recorded of the two groups immediately after admission ( $T_0$ ), immediately before tourniquet inflation ( $T_1$ ), 20 min ( $T_2$ ), 40 min ( $T_3$ ), 60 min ( $T_4$ ), 80 min ( $T_5$ ) after tourniquet inflation, immediately tourniquet release ( $T_6$ ) and 5 min ( $T_7$ ) after tourniquet release were recorded. The total blood loss, infusion volume, tourniquet related hypertension frequency and analgesic use were recorded. Tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukin 6 (IL-6) malondialdehyde (MDA) levels were measured at  $T_1$ , one minute after tourniquet release and 30 min after tourniquet release. The occurrence of complications on the digital numerical rating scale (NRS) was recorded in the two groups at different time. **Results** Compared with the control group,

\* 基金项目:中国红十字基金会医学赋能公益专项基金项目(CRCF-YXFN-202201070);浙江省金华市科技局公益性技术应用研究项目(2022-4-370)。

作者简介:童巧莉(1990—),本科,主治医师,主要从事临床麻醉工作。△ 通信作者,E-mail:535726927@qq.com。

the mean arterial pressure at T<sub>4</sub> and T<sub>5</sub>, TNF- $\alpha$  and MDA at 1min and 30 min after tourniquet release, NRS score at 30 min after extubation and 24 h after operation, tourniquet related hypertension and flurbiprofen axetil consumption were significantly reduced in the observation group, the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** S-FICB can reduce the ischemia reperfusion injury caused by tourniquet in lower limbs, reduce the incidence of tourniquet related hypertension, and reduce the use of postoperative analgesic drugs.

**[Key words]** Fascia iliaca compartment block; Ischemia reperfusion injury; Ultrasonography; Tourniquet; Thigh

止血带是一种简单实用的止血工具,广泛应用于创伤、战伤及日常生活损伤的紧急救治<sup>[1]</sup>。在手术室内,气压止血带常用于骨科四肢手术。止血带的应用能减少术中出血,缩短手术时间,为手术提供良好视野<sup>[2-4]</sup>。然而,使用止血带会带来相应的并发症如术后疼痛、局部皮肤损伤、股四头肌肌力下降、静脉血栓、缺血再灌注损伤等<sup>[3,5]</sup>。在这些并发症中,缺血再灌注损伤对人体危害显著,其特征是炎症、组织水肿、骨骼肌损伤、微血管灌注功能障碍,甚至远端多器官功能损伤如肺、心脏、肝脏和肾脏再灌注损伤,易发生急性肾功能衰竭、呼吸衰竭、心功能不全甚至死亡<sup>[6-8]</sup>。对于老年及伴随心脑血管疾病患者来说,止血带引起的缺血再灌注损伤会增加其围手术期风险。如何减少止血带引起的缺血再灌注损伤意义深远,其机制主要为组织缺血或者器官再灌注引起的缺血炎性介质和氧自由基释放产生的全身免疫反应<sup>[8]</sup>。有研究发现,神经阻滞可以阻断 C 类无髓鞘传入神经纤维感觉神经冲动地上行传导,缓解疼痛,减少炎症因子和氧自由基的释放<sup>[9-10]</sup>。为解决止血带引起的缺血再灌注损伤的问题,本研究采用超声引导下神经阻滞技术。超声引导下腹股沟韧带上髂筋膜阻滞(S-FICB)是一种改良的髂筋膜阻滞,可以代替传统的股神经阻滞及髂筋膜阻滞,达到阻滞股神经、股外侧皮神经、闭孔神经和腰丛的其他分支的目的<sup>[11]</sup>。该方法具有阻滞范围广、镇痛效果完善、操作简便、安全性高、生理干扰小等优点<sup>[12]</sup>。本研究旨在探讨 S-FICB 在减少止血带引起的缺血再灌注损伤中的作用,为减少围手术期损伤提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究已获永康市第一人民医院医学伦理委员会批准(YKRM2022-LS011),并与患者或家属签署知情同意书。选择 2022 年 2 月至 2023 年 3 月在永康市第一人民医院择期行单侧膝关节镜手术并使用止血带的患者 80 例,年龄 18~70 岁,体重指数(BMI)18~25 kg/m<sup>2</sup>,美国麻醉医师协会(ASA)分级 I 级或 II 级。排除标准:(1)患有高血压、糖尿病等慢性疾病;(2)合并严重的原发性器疾病,如心肺、肝肾功能不全等;(3)存在神经阻滞穿刺禁忌证,如凝血功能障碍、周围神经病变、相关药物过敏等;(4)具有认知功能障碍和精神疾病;(5)腹股沟区病变,如局部感染、肿瘤、疝气等;(6)口服阿片类或其他镇痛药物大于 6 个月。采用随机信封法将患者分为试验组和

对照组,各 40 例。脱落标准:(1)神经阻滞失败;(2)止血带充气时间不在 45~90 min 内或止血带放气后又充气;(3)术中出现心搏骤停、肺栓塞等严重意外。经冷感觉测试 80 例纳入研究对象髂筋膜阻滞操作均成功。由于部分患者术中止血带充气时间小于 45 min,达到脱落标准,其中试验组 4 例、对照组 3 例,予以剔除。本研究共纳入患者 73 例,试验组 36 例,对照组 37 例。

## 1.2 方法

**1.2.1 术前准备** 严格按照盲法进行分工合作,研究对象、术中及术后观察记录者均不知道患者分组情况。入手术室后常规监测患者生命体征,进行桡动脉穿刺,持续动脉监测血压,开放静脉通路,持续滴注复方乳酸钠林格液,第 1 小时以 15 mL/(kg·h)速度输注,之后以 5~10 mL/(kg·h)速度维持输注。在全身麻醉前,由一位资深麻醉医师对试验组患者进行 S-FICB 操作,具体操作方法:选用 KONICA 超声高频超声探头,将探头放置在垂直髂前上棘与耻骨联合连线外 1/3 处,观察到典型的“领结征”,选用穿刺针从足侧进针,采用平面内技术穿刺到髂筋膜和髂肌之间的间隙内,注入少量生理盐水(<5 mL)确认成功穿刺到髂筋膜间隙,注射 0.25%罗哌卡因注射液 30 mL。阻滞完成 15 min 后,采用冷感觉消失法测试大腿外侧、前、内侧区域。S-FICB 成功定义为股神经和股外侧皮神经支配区域均被阻滞。对照组患者不进行神经阻滞操作。

**1.2.2 确定止血带压力** 神经阻滞结束后,按患者大腿周径选用合适尺寸的电动止血带,绑在大腿近端 1/3 处。超声测定下肢腘动脉闭塞压力确定止血带压力值,具体操作方法:用高频超声探头找到腘动脉纵切面,测定腘动脉血流流速,逐渐升高止血带压力,直至腘动脉最大收缩速度降为 0,腘动脉无血流,记录止血带压力值。止血带充气前用弹力绷带自足部开始向近心端重叠缠绕加压驱血。

**1.2.3 全身麻醉** 行气管插管全身麻醉,具体步骤:用舒芬太尼 0.6  $\mu$ g/kg、顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg、丙泊酚 2 mg/kg 进行全身麻醉诱导,插管后行机械通气,调节潮气量至 6~8 mL/kg,呼吸频率 12 次/分,维持呼气末 CO<sub>2</sub> 在 30~40 mm Hg(1 mm Hg = 0.133 kPa),顺式阿曲库铵按需追加,术中瑞芬太尼 8~12  $\mu$ g/(kg·h)、丙泊酚 5~8 mg/(kg·h)泵注,调节丙泊酚及瑞芬太尼输注速度,维持脑电双频指数控

制在 40~60。止血带相关高血压定义为患者平均动脉压比基础水平升高 30% 以上<sup>[13]</sup>。出现止血带相关高血压时,给予艾司洛尔 20 mg 降压,可重复使用。术后 2 组患者均予以关节腔内注射 0.75% 罗哌卡因注射液 10 mL、得保松(复方倍他米松注射液)1 mL 及玻璃酸钠注射液 2 mL。术后患者数字疼痛评分表(NRS)评分大于或等于 3 分时,使用氟比洛芬酯注射液 50 mg 镇痛,记录使用药物的次数和剂量,最大日剂量不超过 250 mg。

**1.2.4 观察指标** 术中记录 2 组患者入室后(T<sub>0</sub>)、止血带充气前即刻(T<sub>1</sub>)、充气后 20 min(T<sub>2</sub>)、充气后 40 min(T<sub>3</sub>)、充气后 60 min(T<sub>4</sub>)、充气后 80 min(T<sub>5</sub>)、止血带释放即刻(T<sub>6</sub>)、止血带释放 5 min(T<sub>7</sub>)的有创平均动脉压、心率、麻醉药物用量,记录总出血量、输血量、止血带相关高血压发生次数;采集 2 组患者 T<sub>1</sub>、止血带释放 1 min、止血带释放 30 min 动脉血,测定血清肿瘤坏死因子-α(TNF-α)和白细胞介素 6(IL-6)、丙二醛水平。术后送患者至恢复室,术后第 1、2 天进行回访,记录 2 组患者不同时间(拔管后 30 min、术后 24 h)NRS 评分、术后氟比洛芬酯使用量、术后并发症发生情况。

**1.3 统计学处理** (1)采用 PASS23.0 软件进行样本量计算。根据预试验结果,试验组止血带释放 1 min TNF-α 为 (6.58 ± 1.52) pg/mL,对照组为 (9.35 ± 5.74) pg/mL,设定 α=0.05(双侧),1-β=0.8,试验组与对照组采用 1:1 设计,考虑到每组脱落率为 20%,计算得出每组样本量为 40 例。本研究中 2 组患者脱落样本分别为 4 例和 3 例,均未超过 20%,不需补充样本量。(2)采用 SPSS24.0 统计软件进行数据分析,采用 Shapiro-Wilk 检验对计量资料进行正态性检验,满足正态分布计量资料采用两独立样本 t 检验,以  $\bar{x} \pm s$  表示;不满足正态分布的计量资料采用 Mann-Whitney U 检验,以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示;对计数资料采用 Pearson  $\chi^2$  检验,以率或构成比表示;对重复测量数据采用广义估计方程模型,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结 果**

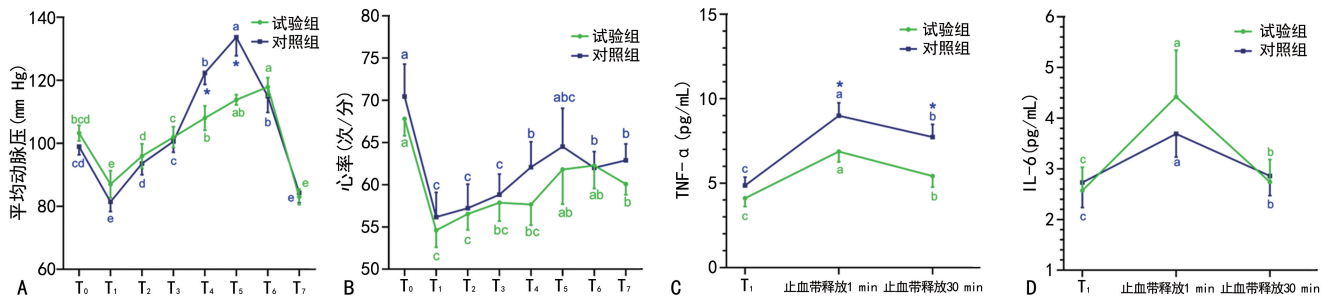
**2.1 2 组患者临床资料比较** 2 组患者性别、年龄、

BMI、止血带压力、止血带时间、手术时间、阻滞操作时间、出血量、手术方式比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

**2.2 2 组患者术中不同时刻血流动力学指标比较** 2 组患者平均动脉压均在 T<sub>1</sub> 时刻开始升高,对照组平均动脉压上升幅度大于试验组,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。与试验组比较,对照组患者平均动脉压在 T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 时刻明显升高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。与 T<sub>0</sub> 时刻比较,对照组患者平均动脉压在 T<sub>4</sub>~T<sub>6</sub> 时刻升高,试验组患者平均动脉压在 T<sub>6</sub> 时刻明显升高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。与试验组比较,对照组患者各时刻心率均较高,但差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 2、图 1。

表 1 2 组患者临床资料比较

基本特征	试验组 (n=36)	对照组 (n=37)	t/z/ $\chi^2$	P
性别[n(%)]			2.419	0.120
男	14(38.9)	20(54.1)		
女	22(61.1)	17(45.9)		
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	44.5 ± 11.9	48.6 ± 13.5	-1.352	0.181
BMI[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), kg/m <sup>2</sup> ]	23.8(22.0, 24.5)	24.2(22.4, 24.7)	-0.207	0.840
止血带压力( $\bar{x} \pm s$ , mm Hg)	238.4 ± 17.2	240.1 ± 17.0	0.054	0.957
止血带时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	72.3 ± 16.9	73.0 ± 17.0	-0.204	0.839
手术时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	89.1 ± 26.1	82.5 ± 24.3	1.102	0.274
阻滞操作时间( $\bar{x} \pm s$ , s)	104.6 ± 25.9	102.8 ± 23.6	0.306	0.761
出血量[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mL]	5(2, 10)	5(3, 10)	-1.538	0.124
手术方式[n(%)]			0.380	0.827
半月板成形	21(58.3)	18(48.6)		
交叉韧带重建	8(22.2)	11(29.7)		
关节清理	7(19.4)	8(21.6)		



注:A. 平均动脉压;B. 心率;C. TNF-α;D. IL-6。与对照组比较,\*  $P < 0.05$ ;a、b、c、d、e 为组内各个时间点之间对比的字母标记法,若标记数字相同,则 2 个时刻差异无统计学意义( $P > 0.05$ );反之则 2 个时刻差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

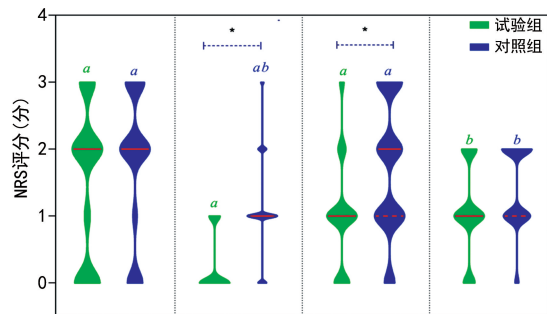
图 1 2 组患者血流动力学指标及炎症指标变化趋势

**2.3 2 组患者不同时间炎症指标比较** 与止血带释放 1 min 时比较, 2 组患者 T<sub>1</sub> 时刻及止血带释放 30 min 时 TNF-α、IL-6 水平显著降低, 差异均有统计学意义 (P < 0.05)。与对照组比较, 试验组患者 TNF-α、丙二醛水平在止血带释放 1 min、止血带释放 30 min 时显著降低, 差异均有统计学意义 (P < 0.05)。2 组患者不同时间 IL-6 水平比较, 差异均无统计学意义 (P > 0.05)。见表 3、图 1。

**2.4 2 组患者止血带相关高血压发生情况及镇痛药物使用情况比较** 与对照组比较, 试验组患者止血带相关高血压发生率低, 氟比洛芬酯使用剂量少, 差异均有统计学意义 (P < 0.05), 见表 4。

**2.5 2 组患者不同时间 NRS 评分及并发症发生情况比较** 与对照组比较, 试验组患者 NRS 评分在拔管后 30 min、术后 24 h 时显著降低, 差异均有统计学意义 (P < 0.001、= 0.022); 2 组患者术前及术后 48 h

NRS 评分比较, 差异均无统计学意义 (P = 0.426、0.093), 见图 2。2 组患者在拔管后 30 min、术后 24、48 h 均未出现皮肤损伤、止血带部位疼痛、穿刺点红肿、穿刺点出血等并发症。



注: \* P < 0.05; a、b 为组内各个时刻之间对比的字母标记法, 若标记数字相同, 则 2 个时刻差异无统计学意义 (P > 0.05); 反之则 2 个时刻差异有统计学意义 (P < 0.05)。

图 2 2 组患者不同时间 NRS 评分比较

表 2 2 组患者术中不同时刻血流动力学指标比较 (x̄ ± s)

指标	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>
平均动脉压(mm Hg)								
试验组(n=36)	103.2±2.5	87.0±4.3	95.9±3.9	101.9±3.3	108.0±3.9	113.8±1.6	117.9±2.9	83.0±2.5
对照组(n=37)	98.9±2.6	81.4±3.0	93.6±3.6	100.6±3.5	122.3±3.7	133.7±5.9	114.9±5.1	84.3±3.1
差值(95%CI)	4.3 (-2.8,11.3)	5.6 (-4.7,15.9)	2.4 (-7.9,12.7)	1.3 (-8.1,10.7)	-14.3 (-24.8,-3.9)	-19.9 (-31.9,-7.9)	3.0 (-8.6,14.5)	-1.3 (-9.1,6.5)
P	0.235	0.285	0.652	0.782	0.007	0.001	0.613	0.748
心率(次/分)								
试验组	67.8±2.0	54.6±2.0	56.5±1.9	57.9±2.2	57.7±2.5	61.8±4.1	62.3±2.7	60.1±1.3
对照组	70.4±3.8	56.2±2.9	57.2±2.8	58.8±2.4	62.1±3.0	64.5±4.6	62.0±1.9	62.9±1.9
差值(95%CI)	-2.6 (-11.1,5.9)	-1.6 (-8.5,5.4)	-0.7 (-7.4,6.0)	-1.0 (-7.3,5.4)	-4.4 (-12.0,3.2)	-2.7 (-14.7,9.3)	0.3 (-6.3,6.8)	-2.8 (-7.4,1.7)
P	0.542	0.658	0.840	0.766	0.254	0.660	0.936	0.223

注: 95%CI 为 95%可信区间; 上述数据均采用广义估计方程进行统计。

表 3 2 组患者不同时间炎症指标比较 (x̄ ± s)

指标	组别	T <sub>1</sub>	止血带释放 1 min	止血带释放 30 min
TNF-α(pg/mL)	试验组(n=36)	4.1±0.5	6.9±0.6	5.4±0.7
	对照组(n=37)	4.9±0.5	9.0±0.8	7.7±0.8
	差值(95%CI)	-0.63(-2.63,1.37)	-3.32(-6.12,-0.52)	-3.23(-5.99,-0.47)
	P	0.284	0.020	0.030
IL-6(pg/mL)	试验组(n=36)	2.6±0.5	4.4±0.9	2.7±0.4
	对照组(n=37)	2.7±0.5	3.7±0.5	2.9±0.4
	差值(95%CI)	-0.16(-1.47,1.16)	0.73(-1.28,2.75)	-0.12(-1.27,1.03)
	P	0.816	0.837	0.476
丙二醛(μmol/L)	试验组(n=36)	3.5±0.4	5.2±0.3	6.1±0.3
	对照组(n=37)	3.7±0.6	7.9±0.5	10.7±0.4
	差值(95%CI)	-0.25(-1.51,0.73)	-2.6(-3.59,-0.22)	-3.6(-5.31,-0.23)
	P	0.571	0.022	0.013

注: 95%CI 为 95%可信区间; 上述数据均采用广义估计方程进行统计。

表 4 2 组患者止血带相关高血压发生情况及镇痛药物使用情况比较

组别	n	止血带相关高血压 [n(%)]	氟比洛芬酯使用剂量 [M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mg]
试验组	36	7(19.4)	0(0,175)
对照组	37	16(43.2)	200(100,200)
$\chi^2/Z$	—	4.182	-4.543
P	—	0.041	<0.001

注：—表示无此项。

### 3 讨 论

止血带诱导的急性肢体缺血再灌注可导致全身炎症反应,可以通过 TNF- $\alpha$ 、IL-6 水平的升高来表现<sup>[6,14-16]</sup>。TNF- $\alpha$  是最敏感和最早释放的炎症因子之一<sup>[17]</sup>,IL-6 可作为组织损伤严重程度的预测因子<sup>[18]</sup>。丙二醛是脂质过氧化产物之一,常作为评价体内脂质过氧化的指标<sup>[19-20]</sup>。血清丙二醛的含量可以反映机体脂质过氧化的程度、氧自由基的清除及产生情况<sup>[19]</sup>。本研究结果显示,止血带释放后,全身炎症指标 TNF- $\alpha$ 、丙二醛和 IL-6 水平均升高,且试验组患者 TNF- $\alpha$ 、丙二醛水平低于对照组。这可能是由于止血带释放后活性氧自由基大量释放,导致微循环的抗氧化能力不足,脂质过氧化形成多不饱和脂肪酸或脂蛋白,破坏细胞膜的正常结构,从而加重骨骼肌缺血再灌注损伤,随后引起全身炎症反应,释放 TNF- $\alpha$ 、丙二醛和 IL-6<sup>[16,21-22]</sup>。S-FICB 通过将局部麻醉药物注射于髂筋膜间隙,使麻药沿筋膜间隙扩散至股神经、股外侧皮神经、闭孔神经等,达到阻滞止血带损伤部位支配神经的目的。研究发现,神经阻滞可以阻断 C 类无髓鞘传入神经纤维感觉神经冲动地上行传导,缓解疼痛,减少炎症因子和氧自由基的释放<sup>[9-10]</sup>。FUZIER 等<sup>[23]</sup>在研究中发现,股神经阻滞和坐骨神经阻滞均能增加止血带耐受性。另有研究表明,神经阻滞所用的局部麻醉药物可抑制损伤引起的局部炎症反应,减少中性粒细胞释放炎症介质,减少中性粒细胞与内皮细胞的黏附,减少氧自由基的释放及水肿的形成<sup>[24]</sup>。本研究结果显示,2 组患者各时刻 IL-6 水平比较均无显著差异。IL-6 是一种主要的促炎细胞因子,在多种组织中产生,包括活化的白细胞、脂肪细胞和内皮细胞<sup>[25]</sup>。为了减少开放手术带来的骨骼肌损伤对炎症指标的影响,本研究对象为膝关节镜手术患者。由于膝关节脂肪垫的存在,在关节镜手术中脂肪细胞损伤程度影响 IL-6 的水平。IL-6 的释放存在昼夜变化<sup>[25]</sup>,研究标本是在一天中的不同时间获得,存在误差。IL-6 是组织损伤严重程度的预测因子,但其在止血带缺血再灌注损伤的研究中作为炎症反应指标的特异度不高。

本研究结果中, T<sub>5</sub> 时刻试验组患者平均动脉压与术前比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。止血带

充气后 40 min 以上时,对照组患者平均动脉压则出现明显高于术前水平,且升高幅度明显高于试验组。这表明 S-FICB 在止血带充气后 80 min 可以使患者血压基本维持在术前基础血压水平,减少止血带引起的血压剧烈波动。因此,对照组患者止血带相关高血压发生率高于试验组。与对照组比较,试验组患者 NRS 评分在拔管后 30 min 及术后 24 h 显著降低,术后镇痛药物使用剂量下降。表明止血带充气后 80 min, S-FICB 可以有效抑制止血带诱发的血压升高,减少降压药物使用;术后 24 h, S-FICB 对膝关节镜患者可以提供有效的术后镇痛,减少患者镇痛药物使用。止血带放置部位主要为大腿近端 1/3 处,该部位神经支配主要为股神经、股外侧皮神经、闭孔神经、股后皮神经、坐骨神经。S-FICB 通过罗哌卡因在髂筋膜间隙上下扩散达到阻滞股神经、股外侧皮神经、闭孔神经、生殖股神经等,但止血带后侧部位仍未阻滞。所以,在止血带充气后超过 80 min, 血压仍会逐渐升高。下肢手术的单次止血带充气时间最长大约为 90 min, S-FICB 可以满足大多数手术的需求。既往的研究中多采用多点注射多神经联合阻滞方式,韩国一项研究发现股神经、股外侧皮神经、闭孔神经、坐骨神经、股后皮神经联合阻滞会增加止血带耐受时间<sup>[26]</sup>。然而,多神经联合阻滞不仅大幅增加穿刺相关并发症如神经损伤、血肿、感染、局部麻醉药物中毒等,而且操作复杂、耗时长,限制其在临床中应用。有研究发现,股动脉阻滞和股神经阻滞可减少大腿止血带引起的高血压<sup>[27]</sup>。以上研究结果均与本研究结果一致。

目前有学者认为,髂筋膜间隙阻滞并不能阻滞闭孔神经<sup>[28]</sup>。究其原因,主要和研究采用的注射点、注射剂量不同有关。传统的髂筋膜间隙阻滞往往将局部麻醉药物注射在腹股沟韧带远端的髂筋膜和髂肌之间,进针点较髂前上棘处于低位。且腹股沟韧带是腹外斜肌腱膜在髂前上棘至耻骨结节间向后上方反折增厚形成,因此在腹股沟韧带远端髂筋膜间隙注射的局部麻醉药物难以向髂前上棘近端扩散。闭孔神经在腹股沟韧带远端,位于耻骨肌内侧深部,受耻骨肌和耻骨筋膜的阻挡,加之传统入路髂筋膜阻滞难以使药液向髂前上棘近端扩散,以致阻滞闭孔神经困难。髂筋膜阻滞是一种筋膜间隙阻滞,药物剂量大小将直接影响药物扩散范围。有研究者对西方的尸体解剖发现,在腹股沟韧带上髂筋膜间隙注射 40 mL 染料,CT 和解剖均发现染料沿着髂筋膜间隙扩散到了腰大肌后间隙、内侧间隙及腰大肌、髂肌前方,可以扩散到股神经、股外侧皮神经、闭孔神经、生殖股神经、肋下神经、髂腹下神经、髂腹股沟神经<sup>[29]</sup>。足够的药物剂量是 S-FICB 成功的前提条件。有研究对亚洲人种进行试验发现,0.25% 罗哌卡因行超声引导下 S-FICB 的 95% 有效容积为 26.99 mL<sup>[30]</sup>。考虑到东西方人种差异可能会影响髂筋膜间隙容量,本研究采用

的药物注射剂量为 30 mL。在超声引导下注射 0.25% 罗哌卡因 30 mL 至腹股沟韧带上髂筋膜间隙, 15 min 后进行冷感觉测试, 结果显示所有患者均出现不同程度大腿内侧区域感觉减退, 证明了闭孔神经扩散的可能性。

止血带压力值往往和 BMI、大腿周径、血压等有关。国内外研究止血带引起的缺血再灌注损伤时, 多采用固定压力值或基于医生偏好选择或基于收缩压水平确定止血带压力<sup>[8,22,27,31]</sup>。止血带压力的设定势必直接影响研究结果。一项 meta 分析表明, 个性化止血带压力设定和传统统一止血带压力设定相比, 提供无血手术视野效果相当, 在术中疼痛强度、大腿肿胀率、大腿瘀斑率、术后膝关节活动度方面均更有优势<sup>[32]</sup>。本研究采用超声测量腘动脉闭塞压力的技术确定止血带压力。超声监测手术侧肢体腘动脉血流流速, 逐渐升高止血带压力, 直至腘动脉最大收缩速度降为 0, 腘动脉无血流, 记录止血带压力值, 从而减少因止血带压力差异带来的试验误差。在临床中, 止血带被广泛应用于各种下肢手术。在本研究的基础上, 可以进一步探索 S-FICB 是否可以减少止血带引起的其他手术方式患者的缺血再灌注损伤, 为保证患者安全、减少术中损伤提供新思路。

本研究为单中心、小样本研究, 且研究对象主要为止血带充气时间在 90 min 以内的样本。S-FICB 能否抑制止血带时间更长样本的缺血再灌注损伤, 有待进一步研究。

综上所述, S-FICB 可以减少下肢止血带引起的缺血再灌注损伤, 降低止血带相关高血压发生率, 减少术后镇痛药物使用。

## 参考文献

- [1] 李响, 游海燕. 应用止血带导致的并发症分析及优化使用对策[J]. 人民军医, 2021, 64(3): 222-225.
- [2] 气压止血带在四肢手术中应用的专家共识协作组. 气压止血带在四肢手术中应用的专家共识[J]. 中华麻醉学杂志, 2020, 40(10): 1160-1166.
- [3] PINSORNSAK P, PINITCHANON P, BOONTA-NAPIBUL K. Effect of different tourniquet pressure on postoperative pain and complications after total knee arthroplasty: A prospective, randomized controlled trial[J]. J Arthroplasty, 2021, 36(5): 1638-1644.
- [4] FARHAN-ALANIE M M, DHAIF F, TROM-PETER A, et al. The risks associated with tourniquet use in lower limb trauma surgery: A systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2021, 31(5): 967-979.
- [5] PALANNER A, RANTASALO M T, VA-KKURI A P, et al. Anesthesia method, tourniquet use, and persistent postsurgical pain after total knee arthroplasty: A prespecified secondary analysis of a randomized trial[J]. Anesthesiology, 2021, 135(4): 699-710.
- [6] HE J W, HE L Z, LU F, et al. Low-molecular-weight heparin Calcium attenuates the tourniquet-induced ischemia-reperfusion injury in rats[J]. Injury, 2021, 52(8): 2068-2074.
- [7] MO Y C, CHEN S J, YANG L L, et al. The effect of transcutaneous electrical acupoint stimulation on inflammatory response in patients undergoing limb ischemia-reperfusion[J]. Mediators Inflamm, 2017, 2017: 8369737.
- [8] KIM S H, KIM D H, SHIN S, et al. Effects of dexmedetomidine on inflammatory mediators after tourniquet-induced ischemia-reperfusion injury: A randomized, double-blinded, controlled study[J]. Minerva Anesthesiol, 2019, 85(3): 279-287.
- [9] VALSAMIS E M, WADE S, THORNHILL C, et al. A simple guide to regional anaesthesia[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2018, 79(4): 211-217.
- [10] JANG J S, LEE Y H, KANDAHAR H K, et al. Changes in the tumor necrosis factor- $\alpha$  level after an ultrasound-guided femoral nerve block in elderly patients with a hip fracture[J]. Braz J Anesthesiol, 2018, 68(6): 558-563.
- [11] XU Z Y, MEI B, LIU M, et al. Fibrous configuration of the fascia iliaca compartment: An epoxy sheet plastination and confocal microscopy study[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 1548.
- [12] ZHAO J, HUANG Y M, FU M J, et al. Ultrasound-guided suprainguinal fascia iliaca block combined with a sacral plexus block for lower extremity surgery: A case report[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(35): e21921.
- [13] STIMPSON J, GILL D F, MEMARZADEH A, et al. Reducing the hypertensive effects of the prolonged surgical tourniquet using a Dual-Cuff strategy: A prospective randomized controlled trial[J]. J Foot Ankle Surg, 2019, 58(6): 1177-1186.
- [14] CHENG W J, WANG M J, LIU P, et al. Protective effects of dexmedetomidine and oxycodone in patients undergoing limb ischemia-reperfusion[J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 9073-9084.
- [15] RAGHAY K, AKKI R, BENSALID D, et al. Gh-

- relin as an anti-inflammatory and protective agent in ischemia/reperfusion injury [J]. *Peptides*, 2020, 124:170226.
- [16] GUO Y X, WANG G Y, CHENG W J, et al. Activation of opioid receptors attenuates ischemia/reperfusion injury in skeletal muscle induced by tourniquet placement [J]. *Mediators Inflamm*, 2021, 2021:6699499.
- [17] KHARBANDA R K, PETERS M, WALTON B, et al. Ischemic preconditioning prevents endothelial injury and systemic neutrophil activation during ischemia-reperfusion in humans in vivo [J]. *Circulation*, 2001, 103(12):1624-1630.
- [18] ASENSI V, VALLE E, MEANA A, et al. In vivo interleukin-6 protects neutrophils from apoptosis in osteomyelitis [J]. *Infect Immun*, 2004, 72(7):3823-3828.
- [19] LIPS J, DE HAAN P, BODEWITS P, et al. Neuroprotective effects of riluzole and ketamine during transient spinal cord ischemia in the rabbit [J]. *Anesthesiology*, 2000, 93(5):1303-1311.
- [20] LIN L N, WANG L R, WANG W T, et al. Ischemic preconditioning attenuates pulmonary dysfunction after unilateral thigh tourniquet-induced ischemia-reperfusion [J]. *Anesth Analg*, 2010, 111(2):539-543.
- [21] FOSTER A D, VICENTE D, SEXTON J J, et al. Administration of FTY720 during tourniquet-induced limb ischemia reperfusion injury attenuates systemic inflammation [J]. *Mediators Inflamm*, 2017, 2017:4594035.
- [22] CHEN H, WEI J Q, WANG Y W, et al. Protective effects of rocuronium bromide on Ischemia-Reperfusion injury in skeletal muscle induced by tourniquet in patients undergoing elective unilateral total knee arthroplasty: A prospective, double blind, randomized, controlled study [J]. *Drug Des Devel Ther*, 2020, 14:3373-3384.
- [23] FUZIER R, HOFFREUMONT P, BRINGUIER-BRANCHEREAU S, et al. Does the sciatic nerve approach influence thigh tourniquet tolerance during below-knee surgery? [J]. *Anesth Analg*, 2005, 100(5):1511-1514.
- [24] VADHANAN P, TRIPATY D K, ADINARAYANAN S. Physiological and pharmacologic aspects of peripheral nerve blocks [J]. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2015, 31(3):384-393.
- [25] PRADHAN A D, MANSON J E, RIFAI N, et al. C-reactive protein, interleukin 6, and risk of developing type 2 diabetes mellitus [J]. *JAMA*, 2001, 286(3):327-334.
- [26] KANG C, HWANG D S, SONG J H, et al. Clinical analyses of ultrasound-guided nerve block in lower-extremity surgery: A retrospective study [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2021, 29(1):2309499021989102.
- [27] XU F, WANG X P, LI Y N, et al. Combined femoral artery block and femoral nerve block reduces thigh tourniquet-induced hypertension [J]. *J Clin Anesth*, 2023, 85:111039.
- [28] BENDTSEN T F, PEDERSEN E M, MORIGGL B, et al. Anatomical considerations for obturator nerve block with fascia iliaca compartment block [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, 46(9):806-812.
- [29] VERMEYLEN K, SOETENS F, LEUNEN I, et al. The effect of the volume of supra-inguinal injected solution on the spread of the injectate under the fascia iliaca: A preliminary study [J]. *J Anesth*, 2018, 32(6):908-913.
- [30] YAMADA K, INOMATA S, SAITO S. Minimum effective volume of ropivacaine for ultrasound-guided supra-inguinal fascia iliaca compartment block [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1):21859.
- [31] WAHAL C, GRANT S A, GADSDEN J, et al. Femoral artery block (FAB) attenuates thigh tourniquet-induced hypertension: A prospective randomized, double-blind, placebo-controlled trial [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, 46(3):228-232.
- [32] SUN C J, YANG X, ZHANG X F, et al. Personalized tourniquet pressure May be a better choice than uniform tourniquet pressure during total knee arthroplasty: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(8):e28981.

(收稿日期:2023-08-27 修回日期:2023-11-07)