

· 临床研究 ·

彩色多普勒超声显像评估收肌管阻滞导管位置的效果

吕瑞兆 刘瑞 王建华 井郁陌

【摘要】目的 观察利用彩色多普勒超声显像快速、准确定位收肌管导管位置在全膝关节置换术(TKA)术后恢复中的应用。**方法** 选择初次进行全身麻醉下单侧TKA的患者60例,男26例,女34例,年龄50~80岁,BMI 18~30 kg/m²,ASA I—III级。采用随机数字表法将患者分为两组:彩色多普勒超声显像组(CFD组)和水分离技术组(CUG组),每组30例。术后CFD组采用彩色多普勒超声显像确认导管位置,CUG组采用传统局麻药扩散的“水分离”技术判断导管位置。记录收肌管置管时间、置管期间使用局麻药总量,术后4、8、24、48、72 h静息和活动VAS疼痛评分,镇痛泵总按压次数、补救镇痛情况、术后首次下床活动时间、术后住院时间,穿刺部位水肿、血肿、院内跌倒等术后不良事件发生情况和患者术后满意度评分。**结果** 与CUG组比较,CFD组置管时间明显缩短、置管期间使用局麻药总量明显减少($P < 0.05$),术后首次下床活动时间、术后住院时间明显缩短($P < 0.05$),术后穿刺部位水肿等不良事件发生率明显降低($P < 0.05$),患者术后满意度评分明显升高($P < 0.05$)。两组术后不同时点VAS疼痛评分、镇痛泵总按压次数和补救镇痛率、穿刺部位血肿和院内跌倒发生率差异均无统计学意义。**结论** 在TKA中应用彩色多普勒超声显像准确判断收肌管导管位置,能够实现快速准确放置导管,利于患者早期下床活动,缩短患者术后住院时间,提高患者满意度,促进早期康复。

【关键词】 彩色多普勒超声显像;全膝关节置换术;收肌管阻滞;导管位置;置管时间

Color Doppler ultrasound imaging to evaluate the position of the adductor canal block catheter

LYU Ruizhao, LIU Rui, WANG Jianhua, JING Yumo. Hebei Province Key Laboratory of Integrated Traditional and Western Medicine in Neurological Rehabilitation, Hebei Key Laboratory of Integrated Traditional and Western Medicine in Osteoarthritis Research (Preparing), Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Hebei Cangzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese Medicine and Western Medicine, Cangzhou 061001, China

Corresponding author: WANG Jianhua, Email: wjianhua1029@163.com

【Abstract】 Objective To observe the use of color Doppler ultrasound imaging to quickly and accurately locate the position of the adductor canal catheter during postoperative recovery after total knee arthroplasty (TKA). **Methods** Sixty patients, 26 males and 34 females, aged 50–80 years, BMI 18–30 kg/m², and ASA physical status I–III, who underwent primary TKA under general anesthesia were enrolled. Patients were divided into two groups by random number table method: the color Doppler ultrasound imaging group (group CFD) and the “water separation” technology group (group CUG), 30 patients in each group. After surgery, patients in group CFD used color Doppler ultrasound imaging to confirm the catheter position, and the group CUG used the traditional “water separation” technology of local anesthetic diffusion to determine the catheter position. The adductor canal insertion time, total amount of local anesthetic used during insertion were recorded. VAS pain scores at rest and during activity at 4, 8, 24, 48, and 72 hours after surgery were recorded. The total number of analgesic pump compressions, and rescue analgesia, time to the first ambulation after surgery, postoperative hospital stay were recorded. The puncture site edema, hematoma, in-hospital falls and patient postoperative satisfaction scores were recorded. **Results** Compared with group CUG, the adductor canal insertion time and the total amount of local anesthetic used during insertion were significantly decreased ($P < 0.05$), the time to the first ambulation after surgery and postoperative hospital stay were significantly decreased ($P < 0.05$), the incidence of puncture site edema were significantly decreased and the patient’s postoperative satisfaction score were significantly increased in group

DOI:10.12089/jca.2024.04.008

作者单位:061001 沧州市,河北省中西医结合神经康复重点实验室 河北省中西医结合骨关节病研究重点实验室(筹) 河北省沧州中西医结合医院麻醉与围术期医学科

通信作者:王建华,Email: wjianhua1029@163.com

CFD ($P < 0.05$). There were no significant differences in postoperative pain scores, total number of analgesic pump compressions, rescue analgesia rate, puncture site hematoma, and in-hospital fall rate between the two groups. **Conclusion** The use of color Doppler ultrasound imaging during TKA can accurately determine the position of the adductor canal catheter, allow for quick and accurate catheter placement, facilitate early patient ambulation, shorten the patient's postoperative hospital stay, while improving patient satisfaction, and promoting early recovery.

【Key words】 Color Doppler ultrasound imaging; Total knee replacement; Adductor canal block; Catheter position; Catheter insertion time

全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)患者术后常伴有急性剧烈疼痛^[1],这种疼痛会影响膝关节的功能恢复^[2]。目前临床常采用连续收肌管阻滞(adductor canal block, ACB)为TKA患者提供术后镇痛^[3]。然而,目前临床采用超声引导仍然需要反复多次穿刺方能定位^[4],增加了组织损伤、水肿以及感染的几率。彩色多普勒技术可以识别分娩镇痛患者硬膜外导管位置^[5],但是此技术对连续ACB有效性尚未见文献报道。因此,本研究拟探索利用彩色多普勒超声显像追踪定位液体扩散进而准确判断导管位置,以期实现连续ACB快速准确放置导管。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准(CZX2023-KY-08.01),患者或家属签署知情同意书。选择2023年1—5月,初次进行全麻下单侧TKA的患者,性别不限,年龄50~80岁,BMI 18~30 kg/m²,ASA I—III级。排除标准:局部麻醉药过敏史,神经阻滞禁忌证,严重心肺功能不全,6个月内长期应用镇痛药物或精神类药物史。采用随机数字表将患者分为两组:彩色多普勒超声显像组(CFD组)和水分离技术组(CUG组)。

麻醉方法 所有患者进行疼痛知识宣教和视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)培训,术前禁食8 h,禁饮4 h。入手术室后开放静脉通路并监测HR、BP、SpO₂、ECG和BIS,面罩吸氧。局麻桡动脉穿刺测压,随后进行麻醉诱导:静脉注射环泊酚0.4 mg/kg、舒芬太尼0.3 μg/kg、罗库溴铵0.6 mg/kg,置入喉罩后连接呼吸机控制呼吸。麻醉维持:静脉输注丙泊酚4~6 mg·kg⁻¹·h⁻¹、瑞芬太尼0.1~0.2 μg·kg⁻¹·min⁻¹,术中根据实际情况间断追加顺式阿曲库铵,维持BIS 45~55,HR、有创桡动脉血压波动幅度不超过基础值10%。

术后镇痛 术后患者转运至麻醉恢复室(post-anesthesia care unit, PACU),给予监护、吸氧。两组患者在超声引导下由一名超声经验丰富的麻醉科

医师按照高玉洁等^[6]研究方法行ACB操作:患者仰卧位,消毒铺巾,高频(10~13 MHz)线阵探头横置于股骨大转子与髌骨上缘连线中点水平(此处认为是收肌管初始水平),辨认收肌管结构(图1)。首先采用1%利多卡因进行局部浸润麻醉,采用平面内进针,针尖到达收肌管,股动脉外侧的三角形区域后进行回抽,确定无血后,注射0.3%罗哌卡因^[7]10 ml。留置导管3~5 cm后,CFD组患者按照Van den等^[5]描述的超声设置参数如下,打开彩色多普勒模式,调节脉冲重复频率为1 043 Hz,血流彩色标尺为-19~19 cm/s,彩色血流多普勒取样框区域(图1中白色方框)设置为包括股动脉和其外侧区域。通过导管在1 s内注射0.3%罗哌卡因1 ml,以使用彩色多普勒功能发现导管轨迹以及导管尖端内外的局麻药流体存在。如果在注射局麻药时在收肌管检测到湍流(即负向多普勒频移或正向多普勒频移),则评估为导管位置良好(图1)。若没有检测到湍流,则将探头在初始水平向上或下移动一个探头宽度的水平,再次注射局麻药1 ml评估有无湍流。如果在初始水平以外发现湍流,则将导管后撤1 cm后再次评估注射局麻药有无湍流。CUG组患者在二维超声下注射0.3%罗哌卡因3 ml利用“水分离”技术^[8-9]观察收肌管区域局麻药扩散,若观察到超声图像收肌管内局麻药扩散则认为导管位置良好。若没有观察到扩散,则将探头在初始水平向上或下移动一个探头宽度的水平,再次注射局麻药3 ml评估有无扩散。如果在初始水平以外发现扩散,则将导管后撤1 cm后再次评估注射局麻药观察有无扩散。

两组确定导管位置良好后,妥善固定导管。每个患者置管期间使用局麻药总量不超过15 ml。两组术后行患者自控镇痛(本研究中电子镇痛泵仅有总按压次数计数功能,无有效按压次数计数),配方:0.2%罗哌卡因,背景量4 ml/h,单次追加剂量5 ml/h,锁定时间30 min,持续至术后72 h。若静息时VAS疼痛评分≥4分,按压镇痛泵后30 min疼痛无缓解,肌肉注射曲马多100 mg进行补救镇痛,控制

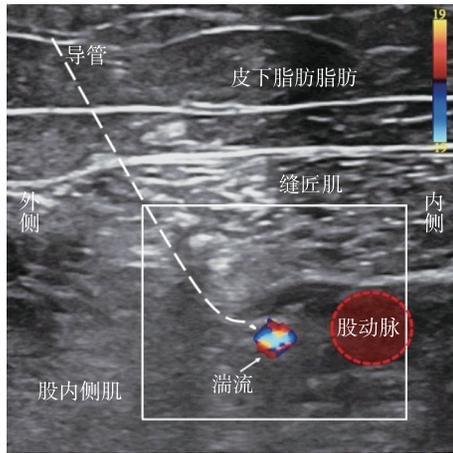


图 1 两组患者连续 ACB 彩色多普勒超声显像图

VAS 疼痛评分在 4 分以下。

观察指标 记录收肌管置管时间(从超声探头接触患者皮肤开始到导管固定完毕)、置管期间使用局麻药总量,术后 4、8、24、48、72 h 静息和活动时 VAS 疼痛评分,镇痛泵总按压次数、补救镇痛情况,首次下床活动时间,术后住院时间,穿刺部位水肿(麻醉科医师术后随访拍照穿刺区域后由同一名骨科医师根据患者术前阻滞区域照片对比评估分析判定是否水肿)、血肿、院内跌倒等不良事件发生情况,患者术后满意度评分(10 分,非常满意;7~9 分,满意;4~6 分,基本满意;1~3 分,不满意;0 分,非常不满意)和术后局麻药中毒发生率。术者、患者及家属和收集术后数据的麻醉科医师对分组及术中情况均不知情。

统计分析 采用 PASS 15.0 软件进行样本量计算,根据预试验置管时间,CFD 组为(25.7±6.5) min、CUG 组为(31.1±6.7) min,设 $\alpha = 0.05$, $1-\beta = 0.9$,考虑 10%的脱落率,每组拟纳入 30 例。

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计分析。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 *t* 检验;非正态分布计量资料以中位数和四分位数间距[*M*(*IQR*)]表示,组间比较采用秩和检验。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

本研究共纳入患者 60 例。两组患者性别、年龄、BMI、ASA 分级、手术时间差异无统计学意义(表 1)。

与 CUG 组比较,CFD 组置管时间明显缩短,置管期间使用局麻药总量明显减少($P < 0.05$)(表 2)。

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	ASA I/II/ III级(例)	手术时间 (min)
CFD 组	30	12/18	64.2±6.3	25.7±2.4	3/25/2	190.6±18.2
CUG 组	30	14/16	64.9±6.5	25.9±2.5	2/27/2	200.3±26.6

表 2 两组患者置管情况的比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	置管时间 (min)	置管期间使用局麻药总量 (ml)
CFD 组	30	24.3±7.2 ^a	5.5±1.9 ^a
CUG 组	30	31.5±7.5	12.2±3.1

注:与 CUG 组比较,^a $P < 0.05$ 。

术后 4、8、24、48、72 h 两组静息和活动时 VAS 疼痛评分差异无统计学意义(表 3)。

两组术后镇痛泵总按压次数和补救镇痛率差异无统计学意义。与 CUG 组比较,CFD 组术后首次下床活动时间和术后住院时间明显缩短($P < 0.05$)(表 4)。

与 CUG 组比较,CFD 组穿刺部位水肿发生率明显降低($P < 0.05$)。两组穿刺部位血肿和院内跌倒发生率差异无统计学意义(表 5)。CFD 组患者术后满意度评分为(8.5±1.9)分,CUG 组为(5.5±2.6)分。CFD 组患者术后满意度评分明显高于 CUG 组($P < 0.05$)。两组术后均未见局麻药中毒事件发生。

讨 论

TKA 患者术后早期功能锻炼是现代快速康复医学的重要环节^[10-11]。早期锻炼可以促进恢复关节的功能、减少肌肉萎缩和关节僵硬,也可以促进下肢血液循环、减少深静脉血栓形成^[12]。而 TKA 术后的剧烈疼痛严重地影响了术后早期活动^[13-14]。目前 ACB 技术已经成为膝关节置换术后多模式镇痛方案中重要的一环。而导管位置的精确放置是保证收肌管阻滞镇痛效果的重要因素^[15]。临床上多采用“水分离”技术确认导管尖端位置^[8-9],需要反复多次注射局麻药观察局麻药扩散来判断导管位置。反复注射局麻药和多次穿刺势必增加组织水肿、损伤以及穿刺点感染的几率。Van den Bosch 等^[5]研究表明,硬膜外导管在注射局麻药时候会在彩色多普勒超声下显影,以此推断硬膜外导管的位置,提示注射局麻药时在导管尖端产生的流体运动

表 3 两组患者术后不同时点 VAS 疼痛评分的比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

状态	组别	例数	4 h	8 h	24 h	48 h	72 h
静息时	CFD 组	30	2.2±1.6	3.4±0.7	2.8±0.7	2.3±0.7	2.0±0.9
	CUG 组	30	2.7±1.6	3.5±0.6	2.9±0.7	2.7±0.8	2.3±0.6
活动时	CFD 组	30	4.2±0.9	4.8±0.6	4.7±0.7	3.8±0.9	2.9±0.9
	CUG 组	30	4.5±0.9	4.7±0.5	4.6±0.8	4.0±1.1	3.2±0.8

表 4 两组患者术后情况的比较

组别	例数	镇痛泵总按压次数 (次)	补救镇痛 [例(%)]	首次下床活动时间 (h)	术后住院时间 (d)
CFD 组	30	6.8±2.4	14(47)	17.5±10.5 ^a	5.4±1.6 ^a
CUG 组	30	6.5±3.5	13(50)	22.7±10.5	7.2±2.5

注:与 CUG 组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表 5 两组患者术后不良事件发生情况的比较 [例(%)]

组别	例数	穿刺部位水肿	穿刺部位血肿	院内跌倒
CFD 组	30	0(0) ^a	0(0)	0(0)
CUG 组	30	6(20)	3(10)	3(10)

注:与 CUG 组比较, ^a $P < 0.05$ 。

也能被彩色多普勒超声捕捉到。Tsai 等^[16]使用能量多普勒超声引导骶管硬膜外注射准确判断硬膜内和血管内注射情况,是传统 X 线透视引导硬膜外注射的良好替代技术。本研究显示,利用彩色多普勒超声显像追踪定位局麻药的扩散,所有患者均发现了彩色频谱多普勒的变化,准确定位了导管位置,这与 Van den Bosch 等^[5]研究结果相一致。与常规超声引导比较,使用彩色多普勒超声显像确认置管时间和置管期间所用局麻药总量明显减少。更快的操作时间不仅提高了操作效率和患者舒适度,而且减少了局麻药用量增加了安全性。

本研究中优化彩色多普勒超声显像设置对于成功的捕捉到注射局麻药时导管尖端喷射的彩色变化是非常重要的。第一、应该调整到足够大的彩色血流多普勒取样框区域(图 1 中的白色方框),包括股动脉外侧的收肌管区域,过小的取样框可能会错过彩色多普勒血流。第二、过低的增益也可能导致低估,而过度放大会导致彩色噪声产生过多产生混淆。第三、多普勒频率决定了波束分辨率,较低的频率穿透得更深,而更高的频率以牺牲穿透力为

代价产生更好的分辨率。研究中采用的频率较高的高频线阵探头换能器,并进一步调整脉冲重复频率为 1 043 Hz 以优化图像。第四,因为导管直径狭窄,在注射局麻药时的流体速度较快,在预试验中发现调整血流彩色标尺为 -19 ~ 19 cm/s 时,捕捉注射流体流动的效果最佳。

与传统超声引导比较,彩色多普勒超声显像确认的技术术后 VAS 疼痛评分、镇痛泵总按压次数和补救镇痛率无明显差异,显示彩色多普勒超声显像追踪导管和局麻药扩散并没有使术后镇痛效果更优,分析在本医疗机构中,利用传统的“水分离”技术^[8-9]定位导管位置会反复注射局麻药观察扩散,必要时重新置入导管以获取最佳的镇痛效果,这可能是彩色多普勒超声显像没有镇痛优势的原因。本研究显示,彩色多普勒技术术后穿刺部位水肿明显减少,这可能与置管过程使用了更少的局麻药和避免了反复穿刺有关。术后传统超声引导患者出现了 3 例院内跌倒,其中 2 例均在术后 24 h 以后,跌倒原因与患者脑血管病引发的眩晕有关,1 例发生在术后 32 h,分析原因可能与平卧位时间过久突然站立位引发的体位性低血压有关。彩色多普勒技术确认置管的患者术后首次下床活动时间和术后住院时间明显缩短,这与患者使用了更少的局麻药确认导管位置有关,更大容量的局麻药会经收肌管扩散至股三角累及股神经而影响股四头肌力量。术后早期下床活动可以通过增强肠道功能、增强肌力和少相关并发症而缩短住院时间^[17-18]。本研究还显示彩色多普勒超声显像可明显提高患者

术后满意度评分。

本研究存在一定的局限性。首先,本研究样本量较小,未来需要大量本、多中心的随机对照试验进行进一步验证。其次,彩色多普勒标尺的范围与识别经导管尖端喷射的局麻药的敏感性有很大关系。过高的标尺参数调节可能无法识别到局麻药的流动,之后需要进一步评估不同注射速度对不同标尺范围内识别局麻药的灵敏度、特异度的影响。再次,穿刺部位水肿的定义暂无权威评估,本研究采用的评估方法存在一定的主观性,但所有患者由同一名骨科医师评估水肿发生情况,以进一步减小相关偏倚。通过水肿和血肿这些不良事件来判定彩色多普勒超声显像的优势还需要进一步深入的研究。本研究所利用彩色多普勒超声显像可以迁移到区域阻滞其它领域,如确认硬膜外导管位置^[19]、辨识肥胖患者深部神经阻滞时针尖显影困难等,在未来需要进一步深入研究,以确定此技术优势。另外在未来研究中能量多普勒技术在导管位置确认中的研究也值得进一步深入探究^[16]。

综上所述,与传统的“水分离”技术比较,利用彩色多普勒超声显像追踪定位局麻药扩散进而准确判断导管位置,不仅能够实现 ACB 快速准确放置导管,而且在操作过程使用更少的局麻药。彩色多普勒超声显像评估连续收肌管阻滞导管位置可以减轻穿刺部位组织水肿,利于患者早期下床活动,从而缩短患者术后住院时间,提高患者满意度,促进早期康复。

参 考 文 献

- [1] 杨明玉,刘蕊,杨洋,等. 膈丛神经阻滞联合收肌管阻滞用于全膝关节置换术患者术后镇痛的效果. 临床麻醉学杂志, 2022, 38(11): 1130-1134.
- [2] Sercia QP, Bergeron JJ, Pelet S, et al. Continuous vs. single-shot adductor canal block for pain management following primary total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2022, 108(8): 103290.
- [3] Hussain N, Brill R, Zhou S, et al. Analgesic benefits of single-shot versus continuous adductor canal block for total knee arthroplasty: a systemic review and meta-analysis of randomized trials. *Reg Anesth Pain Med*, 2023, 48(2): 49-60.
- [4] Coviello A, Bernasconi A, Balato G, et al. Positioning the catheter tip anterior or posterior to the saphenous nerve in continuous adductor canal block: a mono-centric retrospective comparative study. *Local Reg Anesth*, 2022, 15: 97-105.
- [5] Van den Bosch O, Gleicher Y, Arzola C, et al. Color flow doppler in spinal ultrasound: a novel technique for assessment of catheter position in labor epidurals. *Reg Anesth Pain Med*, 2022, 47(12): 775-779.
- [6] 高玉洁,陈利海,蒋卫清,等. 不同浓度罗哌卡因收肌管阻滞对全膝关节置换术后镇痛效果及股四头肌肌力的影响. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(11): 1055-1058.
- [7] Gleicher Y, dos Santos Fernandes H, Peacock S, et al. Comparison of migration rates between traditional and tunneled adductor canal block catheters: a randomized controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*, 2023, 13: rapm-2023-104654.
- [8] Antonakakis JG, Sites BD, Shiffrin J. Ultrasound-guided posterior approach for the placement of a continuous interscalene catheter. *Reg Anesth Pain Med*, 2009, 34(1): 64-68.
- [9] Saranteas T, Adoni A, Sidiropoulou T, et al. Combined ultrasound imaging and hydrolocalization technique for accurate placement of perineural catheters. *Br J Anaesth*, 2011, 107(6): 1008-1009.
- [10] Wei B, Tang C, Li X, et al. Enhanced recovery after surgery protocols in total knee arthroplasty via midvastus approach: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 856.
- [11] Mou P, Wang D, Tang XM, et al. Adductor canal block combined with IPACK block for postoperative analgesia and function recovery following total knee arthroplasty: a prospective, double-blind, randomized controlled study. *J Arthroplasty*, 2022, 37(2): 259-266.
- [12] Yoshida T, Ebiko J, Sasaki K, et al. Recovery process of the muscle activities during walking with efficient early quadriceps training and gait exercises after total knee arthroplasty. *J Body Mov Ther*, 2022, 29: 49-53.
- [13] Lee AR, Choi DH, Ko JS, et al. Effect of combined single-injection femoral nerve block and patient-controlled epidural analgesia in patients undergoing total knee replacement. *Yonsei Med J*, 2011, 52(1): 145-150.
- [14] 赵珊珊,刘忠,张宗旺. 腓动脉与膝关节后囊间隙阻滞联合收肌管阻滞对全膝关节置换术后镇痛的影响. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(8): 798-803.
- [15] Lee JH, Kim DH, Koh WU. Real-time ultrasound guided thoracic epidural catheterization: a technical review. *Anesth Pain Med (Seoul)*, 2021, 16(4): 322-328.
- [16] Tsai YH, Huang GS, Tang CT, et al. The role of power doppler ultrasonography in caudal epidural injection. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(5): 575.
- [17] Pua YH, Ong PH. Association of early ambulation with length of stay and costs in total knee arthroplasty: retrospective cohort study. *Am J Phys Med Rehabil*, 2014, 93(11): 962-970.
- [18] Lei YT, Xie JW, Huang Q, et al. Benefits of early ambulation within 24 h after total knee arthroplasty: a multicenter retrospective cohort study in China. *Mil Med Res*, 2021, 8(1): 17.
- [19] Yoo SW, Ki MJ, Doo AR, et al. Prediction of successful caudal epidural injection using color doppler ultrasonography in the paramedian sagittal oblique view of the lumbosacral spine. *Korean J Pain*, 2021, 34(3): 339-345.

(收稿日期:2023-05-22)