

· 综 述 ·

区域神经阻滞在全膝关节置换术中的研究进展*

周梦兰^{1,2}, 刘 聪², 陈 建^{1,2}, 汪惠文^{2△}(1. 西北民族大学医学部, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国人民解放军联勤保障部队
第九四〇医院麻醉科, 甘肃 兰州 730000)

[摘要] 全膝关节置换术(TKA)是治疗终末期膝关节疾病的主要手术方式之一,但因手术创伤、截骨及假体植入等因素,术后常伴随中重度疼痛。疼痛引发的应激反应可增加心肺负荷,显著影响术后康复质量。以神经阻滞为核心的多模式镇痛策略已被证实能有效缓解 TKA 术后急性疼痛,降低阿片类药物需求,促进患者早期康复。然而,神经阻滞技术种类繁多,其选择与应用仍存争议。因此,该文围绕膝关节神经解剖基础及不同阻滞方式的对比进行综述,旨在为临床镇痛策略的优化提供依据。

[关键词] 全膝关节置换术; 超声引导; 区域神经阻滞; 术后镇痛; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2026.02.030 **中图法分类号:**R614

文章编号:1009-5519(2026)02-0408-04

文献标识码:A

Research progress of regional nerve block in total knee arthroplasty*ZHOU Menglan^{1,2}, LIU Cong², CHEN Jian^{1,2}, WANG Huiwen^{2△}(1. Department of Medicine, Northwest Minzu University, Lanzhou, Gansu 730000, China;
2. Department of Anesthesiology, the 940th Hospital of the Chinese People's Liberation
Army Joint Logistics Support Force, Lanzhou, Gansu 730000, China)

[Abstract] Total knee arthroplasty(TKA) is one of the main surgical methods for the treatment of end-stage knee diseases. However, due to surgical trauma, osteotomy and prosthesis implantation, postoperative pain is often accompanied by moderate to severe pain. The stress response caused by pain can increase cardiopulmonary load and significantly affect the quality of postoperative rehabilitation. The multimodal analgesia strategy with nerve block as the core has been proved to effectively relieve acute pain after TKA, reduce the demand for opioids, and promote early rehabilitation of patients. However, there are many kinds of nerve block techniques, and their selection and application are still controversial. Therefore, this article reviews the anatomical basis of knee joint nerves and the comparison of different block methods, aiming to provide a basis for the optimization of clinical analgesia strategies.

[Key words] Total knee arthroplasty; Ultrasonic guidance; Regional nerve block; Postoperative analgesia; Review

全膝关节置换术(TKA)作为治疗终末期骨关节炎和类风湿关节炎的重要临床干预手段,能有效重建膝关节功能并显著提升患者术后生活质量。随着社会老龄化进程的加速,我国行 TKA 的病例数呈显著上升趋势,然而 TKA 术后急性疼痛发生率高达 60%~80%,其中 25% 的患者术后持续疼痛超过 3 个月^[1],而剧烈疼痛引发的应激反应可增加心肺负荷^[2],显著影响患者预后及膝关节功能恢复^[3]。因此,在 TKA 的整个围手术期,及时有效地镇痛管理是至关重要的。

传统镇痛方案以静脉自控镇痛和硬膜外镇痛为

主,但阿片类药物相关不良反应(如恶心呕吐、呼吸抑制等)及硬膜外穿刺并发症(如低血压、运动阻滞等)限制了其在临床中的应用^[4],近年来,超声引导下区域神经阻滞技术凭借其靶向镇痛、运动功能保留及减少阿片类药物依赖的优势,已成为 TKA 多模式镇痛的核心组成部分。本文围绕膝关节神经解剖基础及不同阻滞方式的对比进行综述,旨在为临床镇痛策略的优化提供依据。

1 膝关节神经支配解剖基础

膝关节的神经支配具有复杂的解剖学特征,因此深入解析其神经支配模式对优化 TKA 术后镇痛管理

* 基金项目:甘肃省自然科学基金项目(21JR11RA007)。

△ 通信作者, E-mail:42898412@qq.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20251121.1905.002\(2025-11-24\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20251121.1905.002(2025-11-24))

具有重要临床价值。支配膝关节的神经主要来源于腰丛和骶丛,其中腰丛包括股神经、闭孔神经和股外侧皮神经,骶丛则包括坐骨神经^[5]。CHOI 等^[6]在 2011 年首次将膝关节周围感觉神经描述为“膝神经”,包括膝上内侧神经、膝中神经及膝下外侧神经,源自股神经及胫神经,分布于关节囊及骨膜。膝关节前侧和内侧主要由股神经的分支(包括隐神经、股内侧肌神经和股中间皮神经)及闭孔神经的前支负责支配^[7]。膝关节后方的神经主要由腓丛负责支配。这些神经包括坐骨神经的关节支、胫神经的分支及闭孔神经的后支。具体来说,膝关节后外侧区域主要由坐骨神经和腓总神经的后关节支控制。胫神经的上下关节支则负责后内侧区域及髁间后部的感觉。闭孔神经后支会分出 1 条关节支,这条分支与股动脉和股静脉一同穿过收肌腱裂孔,最终支配腓窝区域的感觉。

2 TKA 区域阻滞麻醉技术

2.1 股神经阻滞(FNB)

股神经作为腰丛的最大分支,由 L2~4 脊神经前支组成,在腹股沟韧带下方分为前支和后支,支配股四头肌运动及膝关节前内侧皮肤感觉。股神经主干在股三角内与股动脉、股静脉伴行,超声下可清晰识别为高回声神经束带位于髂腰肌与髂筋膜之间^[8]。FNB 通过阻滞股神经及其分支(如隐神经),可以有效减轻膝关节前内侧区域的疼痛,但是单纯 FNB 对后膝关节及胫骨区域的镇痛效果有限,因此常联合其他神经阻滞。

有研究表明,FNB 可有效减轻 TKA 手术应激,显著降低术后阿片类药物用量,改善术后疼痛^[9]。FNB 与关节周围局部浸润结合能有效减轻术后疼痛,在促进膝关节功能的早期恢复和活动能力的提升方面优于 FNB 单用^[10]。一项大型荟萃分析得出,FNB 联合胫神经阻滞(TNB)在术后短时间内(6 h)具有良好的镇痛效果,且术后 24 h 吗啡用量最少^[11]。此外,XU 等^[12]将股神经与股动脉阻滞联合应用与单独 FNB 相比,研究结果表明,通过超声引导下的股神经联合股动脉阻滞,可显著缓解止血带反应,减少血管活性药物的使用,为患者提供满意的镇痛效果,从而促进早期下床活动,同时具有较高的安全性。FNB 曾是 TKA 患者术后镇痛的核心技术,近年来,由于其对股四头肌肌力的影响增加了术后跌倒风险^[13],现需结合患者解剖特征及手术需求,联合新兴阻滞策略以实现其最优疗效。

2.2 收肌管阻滞(ACB)

收肌管为大腿内侧的纤维肌性管道,其近端起自股三角顶点,远端止于收肌腱裂孔。该管道的顶壁由缝匠肌筋膜与股薄肌筋膜共同构成,管内走行隐神经及股动脉分支^[14]。隐神经作为纯感觉神经,支配膝关节前内侧区域的痛觉传导,

而股神经运动分支(如支配股四头肌的神经)则位于收肌管外,因此 ACB 通过精准阻滞隐神经,可实现选择性感觉阻滞,避免运动功能抑制。

ACB 通过阻滞隐神经等负责膝关节前内侧感觉的神经末梢,能提供有效的疼痛缓解,同时避免传统阻滞方法对股四头肌力量的显著影响。LAWRENCE 等^[15]研究表明,TKA 术后应用 ACB 的患者摔倒风险显著降低,住院时间因股四头肌力量的保留而明显缩短。部分学者认为,ACB 在疼痛控制和阿片类药物使用量上与 FNB 效果相当^[16]。关于 ACB 连续导管输注与单次注射的优劣,近期 meta 分析显示,连续 ACB 在术后 24~48 h 动态疼痛评分较单次阻滞降低 0.8~1.2 分,但 2 组术后 72 h 功能恢复情况比较无显著差异,值得注意的是,导管移位率较高可能削弱连续阻滞优势^[17]。但其镇痛效应主要集中在膝关节前内侧区域,对后部结构的疼痛管理仍需其他镇痛方式补充。有研究表明,ACB 联合腓动脉-膝关节后囊间隙阻滞(IPACK)或膝神经阻滞(GNB),可显著改善膝关节后侧的疼痛症状,增强患者的舒适度,减少阿片类药物的用量^[18]。此外,有研究表明,ACB 联合 IPACK 可显著降低 TKA 术后 3 个月慢性疼痛发生率,其机制可能与减少中枢敏化相关^[19]。

总的来说,ACB 不仅能为 TKA 患者有效缓解疼痛,同时可最大程度保留股四头肌的力量,有助于患者尽早恢复活动能力。由于收肌管内神经解剖结构的变异、患者个体差异及麻醉医生的操作熟练度等因素影响,ACB 的最佳局部麻醉(局麻)药容量、理想阻滞部位及单次与连续阻滞的优劣等问题仍存在较大争议^[20],未来需要进一步研究与探讨。

2.3 IPACK 阻滞

近年来,IPACK 作为多模式镇痛的重要组成部分,被广泛用于 TKA 的围手术期管理,其靶点位于腓动脉与膝关节后囊之间的间隙,该区域包含膝关节后方的感觉神经分支,主要包括胫神经的终末支和隐神经的关节分支^[21]。超声引导下,局麻药通过精准注射至腓动脉后外侧与股骨后髁之间的筋膜平面,可阻断支配膝关节后侧区域的神经末梢,从而有效缓解后膝疼痛,弥补了传统 FNB 及 ACB 仅阻滞前内侧膝部疼痛的不足。

ZHAO 等^[22]研究表明,IPACK 与 ACB 联合应用已成为 TKA 围术期镇痛的主流趋势,相较于单一 ACB 或局部浸润镇痛,联合方案可显著降低术后 24 h 静息痛评分,以及减少阿片类药物用量,尤其在缓解膝关节后方疼痛方面效果突出。有研究表明,IPACK 阻滞能使药液扩散至腓丛神经,从而在保留下肢运动功能的前提下,为膝关节提供全面的镇痛效果^[23]。IPACK 阻滞凭借其精准的后膝镇痛和运动保留特性,已成为 TKA 多模式镇痛的核心技术之一,但其临

床应用中需优化操作流程并解决解剖变异带来的挑战。

2.4 髂筋膜间隙阻滞(FICB) 髂筋膜间隙作为腹股沟韧带下方的潜在解剖间隙,其解剖界限具有明确的特征性:前界由髂筋膜构成,后壁则覆盖髂腰肌及股神经。其间走行着支配膝关节前内侧区域的主要感觉神经丛,包括股神经主干、股外侧皮神经及闭孔神经发出的股骨分支,共同构成膝关节前侧及内侧感觉传导的神经解剖学基础。通过在此间隙注射局部麻醉药,可同时阻滞上述神经,为膝关节置换术提供有效的前侧镇痛,同时避免运动神经(如支配股四头肌的神经)的过度阻滞,从而保留术后早期活动能力^[24]。传统 FICB 多采用腹股沟下入路,但研究显示改良高位髂筋膜阻滞通过更靠近头侧的穿刺点,可扩大局麻药在髂筋膜间隙的扩散范围,从而覆盖股神经、闭孔神经及股外侧皮神经的分支^[25]。

近年来,随着止血带在膝关节置换术中的应用,为了减轻止血带反应,FICB 在 TKA 中的应用逐渐增多。秦福恩等^[26]研究表明,与单纯全麻相比,联合 FICB 可降低止血带放松后血清丙二醛和乳酸水平,减轻机体缺血再灌注损伤,稳定血流动力学,发挥良好的镇痛效果,促进患者早期康复。此外,一项随机对照试验表明,改良高位 FICB 联合右美托咪定使 TKA 患者术后 24 h 静息疼痛评分显著降低,明显减少吗啡用量^[25]。

2.5 GNB GNB 通过阻断膝关节区域的上外侧、上内侧和下内侧膝神经来阻止疼痛传导,主要用于缓解膝骨关节炎慢性疼痛和膝关节术后急性疼痛^[27],可显著降低术后早期疼痛评分,尤其在术后 24 h 内效果显著^[28]。DUNDAR 等^[29]研究显示,与 IPACK 阻滞相比,GNB 镇痛效果与之相当,且 GNB 组患者术后早期活动能力更好,阿片类药物使用量更低,更有利于患者早期康复。GNB 仅阻滞感觉神经,不影响股四头肌功能,有利于术后早期活动及康复训练,其常与 ACB、局部浸润或全身镇痛方案结合,形成互补效应,进一步降低疼痛评分及阿片类药物依赖^[30]。有研究表明,与关节周围浸润比较,GNB 患者 TKA 术后 12 h 静息状态下镇痛效果无显著差异,且减少了局麻药中毒的风险^[31]。以上研究表明,GNB 能为 TKA 术后患者提供满意镇痛,减少患者阿片类药物使用,同时有利于患者术后早期康复,提升患者远期生活质量。

2.6 腓丛神经阻滞(PPB) 腓丛神经是膝关节后侧区域的重要感觉神经支配来源,其解剖结构涉及多个神经分支的交联。有研究表明,腓丛由胫神经、腓总神经的分支及闭孔神经后支的延伸组成,分布于膝关节后囊、腓肌及周围软组织^[32]。解剖学研究发现,在

收肌管远端注射染料可通过收肌腱裂孔扩散至腓窝,覆盖支配膝关节后部感觉的腓丛神经^[33]。因此,PPB 能有效缓解 TKA 患者膝关节后方的疼痛。有研究证实,PPB 通过选择性阻滞感觉神经,避免对运动神经的广泛影响,从而保留小腿肌肉功能(如踝关节背屈和跖屈),显著减少术后阿片类药物的使用,有利于术后早期活动和康复^[34]。此外 PPB 与 ACB 联合应用可覆盖膝关节前侧和后侧的感觉神经,形成全膝镇痛,在为患者提供满意镇痛效果的同时极大地保留下肢肌力,促进患者早期康复,缩短了住院时间^[32]。SA-KAI^[35]等研究分析,与 TNB 相比,PPB 在术后早期康复目标(如疼痛控制、关节活动度)的达成上表现出非劣效性,且不影响下肢肌力。目前,PPB 在 TKA 中的应用逐渐从单一阻滞转向多模式联合方案,其核心优势在于平衡镇痛效果与运动功能保留,促进早期康复并减少阿片类药物依赖。未来需进一步优化局麻药剂量,并开展长期的疗效评估。

3 小结与展望

TKA 作为终末期膝关节疾病的有效治疗手段,其围手术期疼痛管理直接影响患者康复质量与远期预后。近年来,随着加速康复外科理念的发展,以区域神经阻滞技术为核心的多模式镇痛策略广泛应用于 TKA 术后的疼痛管理。FNB 曾是 TKA 术后镇痛的“金标准”,但其对股四头肌肌力的影响限制了患者早期康复,相比之下,ACB 通过靶向阻滞隐神经提供镇痛,可极大保留股四头肌肌力,显著减少跌倒风险并加速早期康复,但 ACB 对后膝的覆盖有限,需联合其他阻滞技术以实现全面镇痛。目前,ACB 联合 IPACK 是临床上的主流趋势。此外,PPB 及 GNB 由于镇痛效果良好且对肌力影响小,在临床中的应用也逐渐广泛。

超声引导下区域神经阻滞正朝着精准化及个体化方向发展。未来需通过高质量 RCT 明确不同联合方案的优劣,并探索阻滞技术与快速康复路径的深度整合,结合患者解剖特征、疼痛敏感度及手术方式制定个体化阻滞方案,以进一步优化 TKA 围手术期镇痛方案。

参考文献

- [1] KOGA M, MAEDA A, MORIOKA S. Description of pain associated with persistent postoperative pain after total knee arthroplasty[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):15217.
- [2] FEREMBACH B, PINA C O, FATA NAHHAS O, et al. Total knee arthroplasty and persistent pain: a neuropathic perspective on peroneal and saphenous nerve compression [J]. *Int Orthop*, 2025, 49(4):835-844.
- [3] HEITKAMP H, HEUBNER D, ROSENBERGER D C, et al. Systematic reviews and quality assessment of patient-

- reported outcome measures for physical function in comparative effectiveness studies regarding acute postoperative pain after total knee arthroplasty-Do we need to start all over again? [J]. *Eur J Pain*, 2024, 28(9):1415-1430.
- [4] JONES M R, KRAMER M E, BEUTLER S S, et al. The association between potential opioid-related adverse drug events and outcomes in total knee arthroplasty: a retrospective study[J]. *Adv Ther*, 2020, 37(1):200-212.
- [5] BURCKETT-ST L D, PENG P, GIRON ARANGO L, et al. The nerves of the adductor canal and the innervation of the knee; an anatomic study[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2016, 41(3):321-327.
- [6] CHOI W J, HWANG S J, SONG J G, et al. Radiofrequency treatment relieves chronic knee osteoarthritis pain: a double-blind randomized controlled trial[J]. *Pain*, 2011, 152(3):481-487.
- [7] JOHNSTON D F, SONDEKOPPAM R V, UPPAL V, et al. Hybrid blocks for total knee arthroplasty: a technical description[J]. *Clin J Pain*, 2018, 34(3):222-230.
- [8] DURAN E, KAYA F, PEHLIVAN B, et al. Determination of the optimal position of the lower extremity for femoral nerve block with ultrasonographic measurements: a prospective volunteer-based study[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2024, 28(8):3066-3072.
- [9] KAÇMAZ M, TURHAN Z Y. The effect of femoral nerve block and adductor canal block methods on patient satisfaction in unilateral knee arthroplasty: randomized non-inferiority trial[J]. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 2021, 12(1):2151459321996632.
- [10] ASO K, IZUMI M, SUGIMURA N, et al. Additional benefit of local infiltration of analgesia to femoral nerve block in total knee arthroplasty: double-blind randomized control study[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(7):2368-2374.
- [11] QIN L, YOU D, ZHAO G Q, et al. A comparison of analgesic techniques for total knee arthroplasty: a network meta-analysis[J]. *J Clin Anesth*, 2021, 71(1):110257.
- [12] 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(1):111039.
- [13] OSMAN B M, TIEU T G, CACERES Y G, et al. Current trends and future directions for outpatient total joint arthroplasty: a review of the anesthesia choices and analgesic options[J]. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*, 2023, 7(9):919-921.
- [14] E L Y, JOUDI K, RAMANUJAM V. Ultrasound evaluation of subsartorial spread following adductor canal block: a case series[J]. *Cureus*, 2024, 16(5):e60849.
- [15] LAWRENCE K W, LINK L, LAVIN P, et al. Characterizing patient factors, perioperative interventions, and outcomes associated with inpatients falls after total knee arthroplasty[J]. *Knee Surg Relat Res*, 2024, 36(1):11-15.
- [16] HASABO E A, ASSAR A, MAHMOUD M M, et al. Adductor canal block versus femoral nerve block for pain control after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Madr)*, 2022, 101(34):e30110.
- [17] LANSDOWN A, LIM J, LAMOND C, et al. Letter to the editor regarding "Analgesic benefits of single-shot versus continuous adductor canal block for total knee arthroplasty: a systemic review and meta-analysis of randomized trials"[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2023, 48(7):385.
- [18] KNECHT S, TAMINE L, FAURE N, et al. Effectiveness of adductor canal block combined with posterior capsular infiltration on pain and return to walking after total knee arthroplasty: comparative analysis with femoral and popliteal sciatic nerves blocks[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2025, 111(5):104082.
- [19] YIN W Q, LUO D, XU W M, et al. Effect of adductor canal block combined with infiltration between the popliteal artery and posterior capsular of the knee on chronic pain after total knee arthroplasty: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *BMC Anesthesiol*, 2024, 24(1):320.
- [20] 李雪, 张增臻, 刘吉松, 等. 超声引导膝神经阻滞对全膝关节置换患者术后疼痛的影响[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2024, 62(10):68-75.
- [21] GOVENDER-DAVIES S, DAVIES L, PILLAY-ADDINALL S. A cadaveric study investigating the spread of injectate following an interspace between the popliteal artery and the capsule of the posterior knee block in a neonatal sample: a pilot study[J]. *Anat Cell Biol*, 2024, 57(2):229-237.
- [22] ZHAO C C, WANG Q R, CAI L J, et al. Adductor canal block combined with IPACK block for postoperative analgesia after total knee arthroplasty: a retrospective cohort study[J]. *HSS J*, 2025, 21(1):73-80.
- [23] ECCLES C J, SWIERGOSZ A M, SMITH A F, et al. Decreased opioid consumption and length of stay using an IPACK and adductor canal nerve block following total knee arthroplasty[J]. *J Knee Surg*, 2021, 34(7):705-711.
- [24] KEFELI ÇELİK H, TULGAR S, GULER S, et al. Evaluation of postoperative analgesic efficacy of Ultrasound-Guided suprainguinal fascia iliaca block in knee arthroplasty: prospective, randomized, feasibility study [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(18):6076.
- [25] CHEN A, DUAN W Q, HAO R J I, et al. Ultrasound-guided dexmedetomidine combination with modified high fascia iliaca compartment block for arthroscopic knee surgery: what is the optimal dose of dexmedetomidine? [J]. *BMC Anesthesiol*, 2023, 23(1):400-403.