

# 超声引导下腘动脉与膝关节后囊间隙阻滞用于全膝关节置换术后镇痛的研究进展

曾燕 胡建 许敏 杨静

全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)是膝关节骨性关节炎终末期治疗的最有效方式<sup>[1]</sup>。术后约有 30%~60%的患者存在中、重度疼痛,严重影响患者术后功能锻炼及康复<sup>[2]</sup>。在加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)理念下,区域阻滞是 TKA 术后镇痛的主要方式。

膝关节前部和内侧的神经支配主要来源于股神经分支,膝关节后部的神经支配来源于坐骨神经分支。针对膝关节前内侧镇痛,股三角阻滞(femoral triangle block, FTB)、收肌管阻滞(adductor canal block, ACB)为主要的神经阻滞方式,二者在不影响股四头肌肌力的情况下阻滞隐神经和股内侧皮神经<sup>[3-6]</sup>。膝关节后方镇痛的区域麻醉方式有坐骨神经阻滞(sciatic nerve block, SNB)、选择性胫神经阻滞及关节周围浸润(periarthicular injections, PAI)。SNB 对膝关节后方镇痛效果确切,但会导致膝以下肌力下降,阻碍患者术后康复运动<sup>[7]</sup>。选择性胫神经阻滞曾被认为是 SNB 的替代方式,但是有研究<sup>[8]</sup>表明,局部麻醉药会沿胫神经向近心端扩散从而阻滞腓总神经。PAI 是由外科医师将局部麻醉药液注射到膝关节周围,操作时局部麻醉药可能无法扩散到位置较深的膝关节后方,导致镇痛效果欠佳,且注射局部麻醉药为非可视化操作,可能损伤关节周围组织,也存在关节感染风险<sup>[9-10]</sup>。近年来,腘动脉与膝后囊间隙(infiltration between popliteal artery and capsule of knee, IPACK)阻滞作为新的膝关节后方镇痛方式,因其对膝关节后方镇痛效果确切且几乎无胫神经及腓总神经阻滞风险,得到广泛关注<sup>[11]</sup>。本文即对 IPACK 阻滞的临床研究进展描述如下。

## IPACK 阻滞的解剖基础及操作

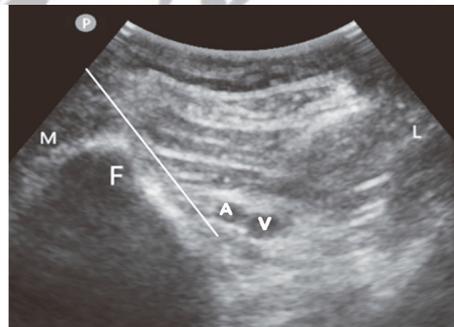
**IPACK 阻滞的解剖基础** 膝关节后部感觉主要由腘窝神经丛支配,但由于人体解剖差异等各种因素的影响,腘窝神经丛的组成还没有统一意见。研究<sup>[12-14]</sup>认为,腘窝神经丛以胫神经分支和闭孔神经后支为主。而 Kampitak 等<sup>[15]</sup>研究表明,腘窝的神经丛主要由胫神经的分支组成,在其尸体解剖中并未发现闭孔神经分支的存在。Tran 等<sup>[16]</sup>通过解剖研究表明,分布于膝关节后囊的感觉神经来源于胫神经上下支、腓总神经或者坐骨神经前后支及闭孔神经后支。

IPACK 阻滞目标位置在胫神经和腓总神经深部,超声引导下于腘动脉及膝关节后囊之间注射局部麻醉药,可见局

部麻醉药在此部位扩散,包绕胫神经和腓总神经的小分支(腘窝神经丛),对膝关节后方起到镇痛效果。由于操作远离重要的神经及血管组织,保证了操作的安全性。

**IPACK 阻滞操作** 超声引导下 IPACK 阻滞操作简单,易于学习,且因其可视化,操作时不易损伤血管、神经及周围组织,局部麻醉药误入周围血管的风险低,因此安全性高。目前 IPACK 阻滞主要有两种入路<sup>[17]</sup>:

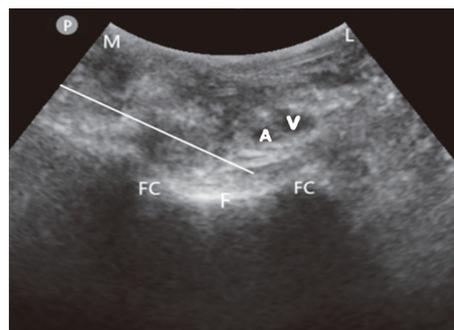
(1)近端入路(图 1)。超声探头横向放置在前内侧大腿上,高于髌骨基部一横指,并将穿刺针插入到前内侧至后外侧方向的平面内,进针以到达腘动脉和股骨干远端之间的间隙,注射局部麻醉药。



注: M, 内侧; L, 外侧; A, 腘动脉; V, 腘静脉; F, 股骨; 白色线, 神经穿刺针

图 1 IPACK 阻滞近端入路超声图

(2)远端入路(图 2)。超声探头放置在股骨髓的水平。将穿刺针从内侧向外侧插入平面内,至髌间窝达腘动脉与膝关节后囊之间的间隙,注射局部麻醉药。



注: M, 内侧; L, 外侧; A, 腘动脉; V, 腘静脉; F, 股骨; FC, 股骨髓; 白色线, 神经穿刺针

图 2 IPACK 阻滞远端入路超声图

DOI: 10.12089/jca.2021.02.024

基金项目: 国家自然科学基金(81772130)

作者单位: 610041 成都市, 四川大学华西医院麻醉科

通信作者: 杨静, Email: hxyangjing@qq.com

不同入路 IPACK 阻滞溶液扩散范围 Niesen 等<sup>[18]</sup>采用远端入路技术在 10 具尸体上进行 IPACK 阻滞,其中 3 个标本显示注射的有色乳胶溶液可扩散到胫神经,3 个标本显示溶液与腓总神经接触,10 个标本中坐骨神经均未接触到乳胶溶液。Tran 等<sup>[17]</sup>在 14 具尸体标本中进行超声引导下的 IPACK 阻滞,其中 7 个标本采用近端入路,另外 7 个标本采用远端入路,注射 10 ml 亚甲蓝溶液。结果两种方式溶液在腓窝中扩散平均面积相似,膝关节后囊分支都被广泛染色。而近端入路溶液更多往前内侧扩散,远端入路染料更多往前外侧扩散。这也表明,IPACK 阻滞可能缓解膝关节前部和后部的疼痛。胫神经下支和腓总神经后支在远端入路中更可能被染色,所以研究者更推荐远端入路。有尸体研究<sup>[15]</sup>采用远端入路,观察到极少量的亚甲蓝溶液扩散到胫神经,未见溶液扩散到腓总神经,同时采用此入路对 15 例患者进行临床观察,所有患者的疼痛都得到很好的缓解,阻滞 30 min 后所有患者均未出现胫神经和腓总神经运动及感觉阻滞。Kampitak 等<sup>[19]</sup>研究表明,采用近端入路行 IPACK 阻滞的患者中,3% 治疗后出现腓总神经运动功能完全阻滞,9.1% 出现腓总神经感觉功能完全阻滞,而采用远端入路者未观察到影响腓总神经的感觉和运动功能的患者。

以上尸体研究中,分别使用了乳胶溶液以及亚甲蓝溶液,两种溶液粘度较局部麻醉药大,在腓窝的扩散范围可能会减小,而尸体组织阻力小,可能更有利于溶液的扩散。这两种溶液比较,乳胶溶液粘度高于亚甲蓝溶液。所以,虽然是同一个入路,乳胶溶液扩散范围可能小于亚甲蓝溶液。但两种溶液的尸体研究都推荐 IPACK 阻滞行远端入路,减少坐骨神经及腓总神经被阻滞的可能。

### IPACK 阻滞用于 TKA 术后镇痛效果

IPACK 阻滞一般联合作用于膝关节前方镇痛的神经阻滞运用于 TKA 术后镇痛,作用于膝关节前方镇痛的神经阻滞包括股神经阻滞(femoral nerve block, FNB)、ACB 以及 PAI。

IPACK 阻滞联合 ACB Sankineani 等<sup>[20]</sup>将 ACB 联合 IPACK 阻滞,对 120 例患者进行前瞻性非随机对照试验,结果表明,与单纯应用 ACB 比较,IPACK 阻滞联合 ACB 的患者术后 VAS 疼痛评分更低,膝关节活动度更大,每日行走距离更长。李敏等<sup>[21]</sup>研究表明,IPACK 阻滞联合 ACB 患者比单纯使用 ACB 患者纳布啡使用量减少,下床最多活动步数及最大膝关节活动度升高。Kandarian 等<sup>[22]</sup>对 80 例单侧 TKA 患者的研究表明,持续 ACB 联合 IPACK 阻滞患者术后当天的最低疼痛评分明显低于单纯持续 ACB 患者,IPACK 阻滞为减少术后阿片类药物使用提供了新的方式。

IPACK 阻滞联合 ACB 和 PAI 有研究<sup>[23]</sup>报道 3 例行单侧 TKA 的患者,在缝皮之前由外科医师给予 PAI,在麻醉后恢复室由麻醉科医师行 IPACK 阻滞和 ACB。最终观察到此 3 例患者首次需要使用镇痛药物的平均时间为 15.9 h,术后 24 h 总疼痛评分为 2.7 分,且这些患者术后活动及康复锻炼未受影响。Kim 等<sup>[24]</sup>研究表明,与单纯 PAI 比较,

IPACK 阻滞联合 ACB 和 PAI 的患者术后第 1 天的活动时 VAS 疼痛评分明显降低,且阿片类药物使用量更少,患者满意度更高。IPACK 阻滞弥补了 ACB 对膝关节后方镇痛的不足,PAI 进一步加强膝关节术后的镇痛。IPACK 阻滞联合 ACB 和 PAI 有望成为 TKA 术后多模式镇痛的主要组成部分。

IPACK 阻滞联合 FNB 股神经支配膝关节前侧和内侧,FNB 用于 TKA 术后镇痛具有较好效果,但是股神经阻滞会影响股四头肌肌力,影响术后早期下床活动及康复锻炼。Thobhani 等<sup>[11]</sup>研究表明,持续 FNB 联合 IPACK 阻滞会显著减少 TKA 术后阿片类药物的消耗量,但是与行 IPACK 阻滞联合 ACB 比较,FNB 联合 IPACK 阻滞的患者术后第 1 天的行走距离更短,住院时间更长。Klement 等<sup>[25]</sup>将持续 ACB 联合 IPACK 阻滞和 FNB 联合 PAI 进行比较,结果表明采用持续 ACB 联合 IPACK 阻滞的患者术后总住院时间更短,阿片类药物使用量更少,建议使用持续 ACB 联合 IPACK 阻滞代替 FNB 联合 PAI 作为 TKA 首选的主要术后镇痛方法。

持续 IPACK 阻滞 目前尚无持续 IPACK 阻滞的研究。但 Zhang 等<sup>[26]</sup>研究表明,在多模式镇痛背景下,单次与持续 ACB 镇痛效果无明显差异,持续神经阻滞需要局部留置导管,会使患者下床康复活动不便,并且存在导管脱落、感染风险增加等问题。对于持续 IPACK 阻滞的风险与获益还需要进一步的研究评价。

### IPACK 阻滞的局部麻醉药物种类及剂量

IPACK 阻滞目前应用的局部麻醉药有罗哌卡因、布比卡因、左布比卡因。临床较多应用罗哌卡因,原因是其持续作用时间较长,且低浓度时即可达到感觉运动分离。选用罗哌卡因浓度有 0.2%、0.25%、0.375%,容量有 15、20、25、30 ml 等。IPACK 阻滞使用局部麻醉药的最佳浓度及剂量目前无定论,故需要进一步研究来探索。现将 IPACK 阻滞联合其他神经阻滞的局部麻醉药浓度及剂量进行总结(表 1)。

### IPACK 阻滞的局限性

IPACK 阻滞作为一种膝关节镇痛辅助方式,不能单独用于膝关节术后镇痛。而且,IPACK 阻滞操作部位离手术切口部位较近,有增加关节感染风险,故在实施过程中要严格注意无菌原则。此外,IPACK 阻滞在 TKA 术后多模式镇痛方案中是否具有益处也存在争议。Patterson 等<sup>[27]</sup>研究表明,虽然 IPACK 阻滞联合持续 ACB 的患者在 PACU 静息状态 VAS 疼痛评分低于单纯持续 ACB 的患者,但在术后第 1 天静息或活动时的疼痛评分、阿片类药物使用量、行走距离上并没有明显差异,术后不良反应和住院时间之间也没有明显差异。

### 小 结

作为 TKA 术后多模式镇痛的重要组成部分,超声引导下 IPACK 阻滞对膝关节后部镇痛效果确切,能有效缓解

表 1 IPACK 阻滞联合其他神经阻滞的局部麻醉药浓度及剂量

| 阻滞类型  | 研究类型        | 麻醉方式         | 手术        | IPACK 阻滞的局部麻醉药浓度及剂量                 |
|---|-------------|--------------|-----------|-------------------------------------|
| IPACK 阻滞+ACB (n=60)<br>ACB (n=60) <sup>[20]</sup>   | 非随机<br>对照研究 | 全身<br>麻醉     | 单侧<br>TKA | 0.2%罗哌卡因 15 ml                      |
| IPACK 阻滞+ACB (n=30)<br>ACB (n=30) <sup>[21]</sup>   | 随机对照<br>研究  | 椎管内<br>麻醉    | 单侧<br>TKA | 0.33%罗哌卡因 15 ml                     |
| IPACK 阻滞+ACB+PAI (n=43)<br>PAI (n=43) <sup>[24]</sup>   | 随机对照<br>研究  | 椎管内<br>麻醉    | 单侧<br>TKA | 0.25%布比卡因 25 ml                     |
| 近端入路 IPACK 阻滞+持续 ACB (n=33)<br>远端入路 IPACK 阻滞+持续 ACB (n=33)<br>TNB+持续 ACB (n=32) <sup>[19]</sup> | 随机对照<br>研究  | 椎管内<br>麻醉    | 单侧<br>TKA | 0.25%左旋布比卡因<br>20 ml+1:200 000 肾上腺素 |
| IPACK 阻滞+持续 ACB (n=35)<br>持续 ACB (n=34) <sup>[27]</sup>   | 随机对照<br>研究  | 全麻/椎管内<br>麻醉 | 单侧<br>TKA | 0.25%罗哌卡因<br>20 ml+肾上腺素 60 μg       |
| IPACK 阻滞+ACB+PAI (n=3) <sup>[23]</sup>  | 观察性研究       | 椎管内<br>麻醉    | 单侧<br>TKA | 0.25%罗哌卡因 20 ml                     |
| IPACK 阻滞+持续 ACB (n=48)<br>持续 ACB (n=32) <sup>[22]</sup>   | 病例对照<br>研究  | 全麻/椎管内<br>麻醉 | 单侧<br>TKA | 0.2% 罗哌卡因 20 ml                     |
| 持续 ACB+IPACK 阻滞 (n=23)<br>持续 FNB+IPACK 阻滞 (n=22) <sup>[11]</sup>                                | 病例对照<br>研究  | 全麻/椎管内<br>麻醉 | 单侧 TKA    | 0.25%罗哌卡因 30 ml                     |
| 持续 FNB (n=61)<br>IPACK 阻滞+持续 ACB (n=118)<br>FNB+PAI (n=146) <sup>[25]</sup>                     | 病例对照<br>研究  | 椎管内<br>麻醉    | 单侧<br>TKA | 0.2%罗哌卡因<br>20 ml+1:400 000 肾上腺素    |

TKA 术后疼痛,促进患者早期膝关节的活动及康复锻炼,缩短患者住院时间,特别有利于 TKA 的 ERAS 推广。超声引导下 IPACK 阻滞操作简单、可视化、易于学习,操作部位远离重要血管神经,安全性高。对于 IPACK 阻滞的最佳入路,局部麻醉药物的浓度及剂量需要进一步研究,使其更完善地应用于临床。

参 考 文 献

[1] Lewis GN, Rice DA, McNair PJ, et al. Predictors of persistent pain after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*, 2015, 114(4): 551-561.  
 [2] Rice DA, Kluger MT, McNair PJ, et al. Persistent postoperative pain after total knee arthroplasty: a prospective cohort study of potential risk factors. *Br J Anaesth*, 2018, 121(4): 804-812.  
 [3] 辛玲, 冯艺. 收肌管阻滞用于全膝关节置换术后镇痛的研究进展. *临床麻醉学杂志*, 2016, 32(6): 613-615.  
 [4] 唐帅, 申新华, 黄伟, 等. 隐神经穿出收肌管定位在超声引导下收肌管阻滞中的应用. *临床麻醉学杂志*, 2018, 34(2): 114-117.

[5] Bendtsen TF, Moriggl B, Chan V, et al. The optimal analgesic block for total knee arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*, 2016, 41(6): 711-719.  
 [6] Wong WY, Bjørn S, Strid JM, et al. Defining the Location of the adductor canal using ultrasound. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(2): 241-245.  
 [7] Ma LP, Qi YM, Zhao DX. Comparison of local infiltration analgesia and sciatic nerve block for pain control after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*, 2017, 12(1): 85.  
 [8] Silverman ER, Vydyanathan A, Gritsenko K, et al. The anatomic relationship of the tibial nerve to the common peroneal nerve in the popliteal fossa: implications for selective tibial nerve block in total knee arthroplasty. *Pain Res Manag*, 2017, 2017: 7250181.  
 [9] Fenten M, Bakker S, Scheffer GJ, et al. Femoral nerve catheter vs local infiltration for analgesia in fast track total knee arthroplasty: short-term and long-term outcomes. *Br J Anaesth*, 2018, 121(4): 850-858.  
 [10] Terkawi AS, Mavridis D, Sessler DI, et al. Pain management

- modalities after total knee arthroplasty: a network meta-analysis of 170 randomized controlled trials. *Anesthesiology*, 2017, 126(5): 923-937.
- [ 11 ] Thobhani S, Scalercio L, Elliott CE, et al. Novel regional techniques for total knee arthroplasty promote reduced hospital length of stay: an analysis of 106 patients. *Ochsner J*, 2017, 17(3): 233-238.
- [ 12 ] Orduña Valls JM, Vallejo R, López Pais P, et al. Anatomic and ultrasonographic evaluation of the knee sensory innervation: a cadaveric study to determine anatomic targets in the treatment of chronic knee pain. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(1): 90-98.
- [ 13 ] Runge C, Moriggl B, Børglum J, et al. The spread of ultrasound-guided injectate from the adductor canal to the genicular branch of the posterior obturator nerve and the popliteal plexus: a cadaveric study. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(6): 725-730.
- [ 14 ] Franco CD, Buvanendran A, Petersohn JD, et al. Innervation of the anterior capsule of the human knee: implications for radiofrequency ablation. *Reg Anesth Pain Med*, 2015, 40(4): 363-368.
- [ 15 ] Kampitak W, Tansatit T, Tanavalee A, et al. Optimal location of local anesthetic injection in the interspace between the popliteal artery and posterior capsule of the knee (iPACK) for posterior knee pain after total knee arthroplasty: an anatomical and clinical study. *Korean J Anesthesiol*, 2019, 72(5): 486-494.
- [ 16 ] Tran J, Peng P, Gofeld M, et al. Anatomical study of the innervation of posterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, 44(2): 234-238.
- [ 17 ] Tran J, Giron Arango L, Peng P, et al. Evaluation of the iPACK block injectate spread: a cadaveric study. *Reg Anesth Pain Med*, 2019.
- [ 18 ] Niesen AD, Harris DJ, Johnson CS, et al. Interspace between popliteal artery and posterior capsule of the knee (IPACK) injectate spread: a cadaver study. *J Ultrasound Med*, 2019, 38(3): 741-745.
- [ 19 ] Kampitak W, Tanavalee A, Ngarmukos S, et al. Motor-sparing effect of iPACK (interspace between the popliteal artery and capsule of the posterior knee) block versus tibial nerve block after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*, 2020, 45(4): 267-276.
- [ 20 ] Sankineani SR, Reddy A, Eachempati KK, et al. Comparison of adductor canal block and IPACK block (interspace between the popliteal artery and the capsule of the posterior knee) with adductor canal block alone after total knee arthroplasty: a prospective control trial on pain and knee function in immediate postoperative period. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2018, 28(7): 1391-1395.
- [ 21 ] 李敏, 陈鹭, 吴黄辉, 等. 收肌管联合 IPACK 阻滞用于全膝关节置换术后多模式镇痛的效果. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(5): 574-577.
- [ 22 ] Kandarian B, Indelli PF, Sinha S, et al. Implementation of the IPACK (Infiltration between the popliteal artery and capsule of the knee) block into a multimodal analgesic pathway for total knee replacement. *Korean J Anesthesiol*, 2019, 72(3): 238-244.
- [ 23 ] Jinadu S, Pai P, Lai Y. Ambulatory knee replacements with IPACK block. *J Clin Anesth*, 2020, 60: 55-56.
- [ 24 ] Kim DH, Beathe JC, Lin Y, et al. Addition of infiltration between the popliteal artery and the capsule of the posterior knee and adductor canal block to periarticular injection enhances postoperative pain control in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Anesth Analg*, 2019, 129(2): 526-535.
- [ 25 ] Klement MR, Bullock WM, Nickel BT, et al. Continuous adductor canal blockade facilitates increased home discharge and decreased opioid consumption after total knee arthroplasty. *Knee*, 2019, 26(3): 679-686.
- [ 26 ] Zhang Y, Tan Z, Liao R, et al. The prolonged analgesic efficacy of an ultrasound-guided single-shot adductor canal block in patients undergoing total knee arthroplasty. *Orthopedics*, 2018, 41(5): e607-e614.
- [ 27 ] Patterson ME, Vitter J, Bland K, et al. The effect of the IPACK block on pain after primary TKA: a double-blinded, prospective, randomized trial. *J Arthroplasty*, 2020, 35(6S): S173-S177.

(收稿日期:2020-04-14)