

· 荟萃分析 ·

全膝置换股骨髓外与髓内定位截骨的荟萃分析[△]

唐海, 荆琳, 何名江, 张洪美*

(中国中医科学院望京医院, 北京 100102)

摘要: [目的] 系统评价在全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 中, 股骨髓外 (extramedullary, EM) 定位与传统髓内 (intramedullary, IM) 定位截骨的临床结果。[方法] 检索中国知网、万方、维普、中国生物医学文献数据库、PubMed、Embase、Cochrane Library 和 Web of Science 数据库, 收集所有 TKA 中应用 EM 和 IM 截骨技术的对照研究, 采用 Stata 15.0 软件进行荟萃分析。[结果] 8 项随机对照研究纳入本研究, 共计 804 例患者, 其中, EM 法 404 例, IM 法 400 例。荟萃分析结果显示: EM 组术后股骨假体冠状位角度显著优于 IM 组 ($RR=0.184$, $95\%CI$ 0.07~0.45, $P<0.001$), EM 组的失血量显著少于 IM 组 ($MD=-161.24$, $95\%CI$: -233.93~-88.55, $P=0.016$)。两组下肢冠状位对线 ($RR=1.2$, $95\%CI$ 0.28~5.21, $P=0.809$)、股骨假体矢状面角度 ($RR=0.18$, $95\%CI$ 0.07~0.45, $P=0.541$)、手术时间 ($MD=-0.74$, $95\%CI$ -4.04~-2.57, $P=0.665$) 的差异均无统计学意义。[结论] 在 TKA 中, EM 定位在股骨假体冠状位角度方面比 IM 定位更准确, 术后失血量更少, 在下肢冠状位对线、股骨假体矢状面角度和手术时间方面, 两者具有一致性。

关键词: 全膝关节置换术, 股骨, 髓外定位, 髓内定位, 荟萃分析

中图分类号: R687.4 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 03-0238-06

Extramedullary versus intramedullary localizations for femoral osteotomy in total knee arthroplasty: a meta-analysis // TANG Hai, JING Lin, HE Ming-jiang, ZHANG Hong-mei. Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China

Abstract: [Objective] To systematically evaluate the clinical consequences of the extramedullary (EM) localizations versus the intramedullary (IM) counterpart for femoral osteotomy in primary total knee arthroplasty (TKA). [Methods] The controlled studies on EM and IM for femoral osteotomy in TKA were searched from data bases, including CNKI, Wanfang, VIP, Chinese Biomedical Literature Database, PubMed, Embase, Cochrane Library and Web of Science databases. A meta-analysis was performed using Stata 15.0 software. [Results] Eight randomized controlled studies were included in this study, with a total of 804 patients, including 404 cases in the EM group and 400 cased in the IM group. As results of the meta-analysis, The EM group was significantly superior to the IM group in terms of coronal angle of femoral prosthesis ($RR=0.184$, $95\%CI$ 0.07~0.45, $P<0.001$), and the blood loss ($MD=-161.24$, $95\%CI$ -233.93~-88.55, $P=0.016$). However, there were no significant differences in terms of coronal alignment of lower limbs ($RR=1.2$, $95\%CI$ 0.28~5.21, $P=0.809$), sagittal angle of femoral prosthesis ($RR=0.18$, $95\%CI$ 0.07~0.45, $P=0.541$), operative time ($MD=-0.74$, $95\%CI$ -4.04~-2.57, $P=0.665$) between the two groups. [Conclusion] EM localization for femoral osteotomy in TKA get more accurate coronal angle of femur prosthesis with less blood loss over the IM localization, while the two techniques are similar in terms of coronal position alignment of lower limb, sagittal angle of femur prosthesis and operation time.

Key words: total knee arthroplasty, femur, extramedullary localization, intramedullary localization, meta-analysis

全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 是缓解终末期膝骨关节炎疼痛并改善关节功能的有效治疗方法^[1]。术中假体的位置以及下肢力线不仅是决定膝关节负荷及功能的重要因素^[2], 同时影响假体生存时间, 而理想的假体位置能够重建下肢机械轴。在

股骨侧定位截骨方面, 较早研究发现髓内 (intramedullary, IM) 定位截骨比髓外 (extramedullary, EM) 定位截骨更加方便, 在股骨远端截骨上更准确^[3], 因此, 临床医生多采用 IM 定位截骨。但 IM 定位截骨不总是准确的, 严重的股骨侧弯患者采用 IM 定位截

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.03.08

[△]基金项目:首都临床诊疗技术研究及转化应用项目(编号:Z201100005520058;Z191100006619023)

作者简介:唐海,在读研究生,研究方向:骨关节疾病的基础与临床研究,(电话)17862968781,(电子信箱)1307374366@qq.com

*通信作者:张洪美,(电话)010-84739145,(电子信箱)wangjingzhm@sina.com

骨技术对术后下肢力线有不利影响, IM 定位股骨开髓点的选择及髓内杆插入方向都对股骨截骨的角度有着一定的影响。在这种情况下, EM 定位截骨在 TKA 中的应用能实现准确的股骨远端切除术, 并优化下肢和股骨假体的对齐^[4], 同时, 避免股骨开髓, 能够减少围术期出血量并降低脂肪栓塞的风险^[5]。

目前, 随着人工智能的发展, EM 定位截骨技术发展迅速, 但对于两种定位截骨方式的对比, 目前国内缺乏相关荟萃分析, 本研究对 TKA 中股骨两种定位截骨相关随机对照研究进行荟萃分析, 以评估 TKA 中 IM 与 EM 定位截骨在假体位置和下肢力线方面的准确性, 同时还对比了两种定位截骨方式的手术时间及术后失血量, 为临床外科医生在 TKA 中选择何种定位截骨方式提供依据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 研究对象: 诊断为膝骨关节炎并行 TKA 患者; (2) 干预类型: 股骨 EM 和 IM 定位截骨; (3) 研究类型: 随机对照研究; (4) 结局指标: 下肢冠状位对线、股骨假体冠状位角度、股骨假体矢状位角度、术后失血量、手术时间。

排除标准: (1) 非临床试验, 生物力学实验、动物实验、综述; (2) 无法提取完整试验数据或未明确描述术后并发症发生情况的文献; (3) 同一作者重复发表的论文; (4) 质量较低的文献。

1.2 检索策略

检索电子数据库, 包括中国知网 (CNKI)、万方 (Wanfang)、维普 (VIP)、中国生物医学文献数据库 (CBM)、Pubmed、Embase、Web of Science、Cochrane Library, 检索年限为建库至 2023 年 05 月, 采用主题词加自由词组合的方式进行检索, 中文检索词: 膝关节置换、股骨、髓内、髓外。英文检索词: total knee replacement, total knee arthroplasty, femur, intramedullary, extramedullary, 并手工检索以扩大检索范围。

1.3 文献筛选数据提取与评估

由两位评价员独立进行文献筛选, 将检索出的所有文献导入 EndNote 文献管理软件, 剔除重复文献后浏览标题及摘要进行初筛, 剩余文献根据纳入及排除标准仔细阅读全文后再做判断。当意见不统一时, 共同讨论达成一致, 必要时可请上级人员进行专业指导。由两位评价员采用 Cochrane 手册对所纳入的研究质量进行独立评价, 按文献随机序列产生、分配隐

藏、盲法及是否描述撤出或退出予以评分, 对于分歧通过协商达成共识。

数据提取获得了以下基本信息: 第一作者姓名、出版年份、样本量、研究设计和结果。主要数据是下肢冠状位对线、股骨假体冠状位角度和股骨假体矢状位角度、术后失血量和手术时间。其中下肢冠状位对线为术后下肢正位片中连接股骨头中心、膝关节中心、踝关节中心的线, 代表术后下肢力线; 股骨假体冠状位角度为术后下肢正位片中冠状面上股骨假体的远端切线和股骨机械轴的内侧夹角, 代表假体内翻-外翻角度; 股骨假体矢状位角度为术后下肢侧位片中矢状位上股骨假体前髁背面切线和股骨机械轴的夹角, 代表假体屈伸角度。

1.4 统计学方法

本研究采用 Stata 15.0 进行数据分析。二分类变量采用相对危险度 (relative risk, RR)、连续型变量采用均数差 (mean deviation, MD) 作为效应量, 以各效应量的 95% 置信区间 (confidence interval, CI) 表示结果。采用标准卡方检验对纳入研究进行异质性分析, 若 $P \geq 0.1$ 、 $I^2 \leq 50\%$, 表明各研究之间无统计学异质性, 以固定效应模型合并效应量; 反之则用随机效应模型合并效应量。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 检索结果

计算机检索数据库获得文献 373 篇, 手工检索相关研究的参考文献补充 0 篇, 共计 373 篇。采用 EndNote 软件对文献进行筛选, 剔除重复文献 168 篇, 初筛后剩余 32 篇, 仔细阅读全文后, 发现有 13 篇未采用随机分配, 8 篇结局指标不一致, 3 篇文献仅临床试验注册, 结果未发表, 最终纳入文献 8 篇^[5-12]。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入研究基本特征

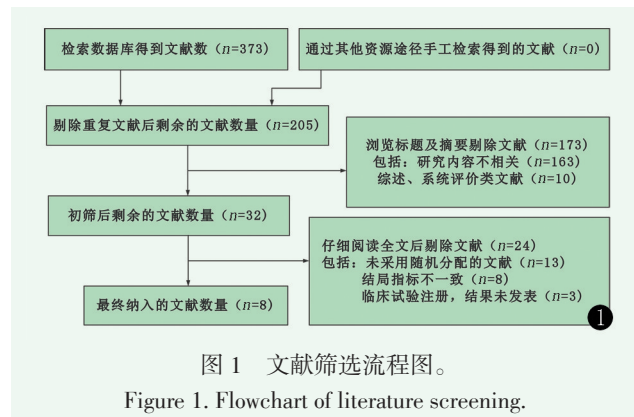
本研究中 EM 定位法股骨截骨纳入膝关节 404 例, IM 定位法股骨截骨 400 例。所有文献中未报道不良事件, 有 1 篇^[10] 出现术中骨折 1 例, 未提及性别比例。各随机对照研究的基本特征和相关的临床结局指标见表 1。

2.3 荟萃分析结果

2.3.1 下肢冠状位对线

2 篇文献^[8, 11] 报告了下肢冠状位对线结果, 经过异质性检验, $I^2 = 76.4\% > 50\%$, 且 Q 检验的 $P = 0.039$, 提示文献之间存在较强的异质性, 选择随机效应模型

进行荟萃分析。结果显示，两组下股冠状对线差异无统计学意义 ($RR=1.2, 95\%CI 0.28\sim 5.21, P=0.809$)。



2.3.2 股骨假体冠状位角度

4 篇文献^[9, 11, 12, 13]报告了股骨假体冠状位角度，经过异质性检验， $I^2=48.0\% < 50\%$ ，且 Q 检验的 $P=0.124 > 0.1$ ，各研究之间的异质性较低，选择

固定效应模型进行荟萃分析，结果显示 EM 组的股骨假体冠状位角度优于 IM 组 ($RR=0.184, 95\%CI 0.075\sim 0.450, P < 0.01$)。

2.3.3 股骨假体矢状位角度

2 篇文献^[9, 11]报道了股骨假体矢状位角度，经过异质性检验， $I^2=58.5\% > 50\%$ ，且 Q 检验的 $P=0.121 > 0.1$ ，各研究之间存在较强的异质性，选择随机效应模型进行荟萃分析。结果显示，股骨假体矢状面角度的差异无统计学意义 ($RR=0.18, 95\%CI 0.07\sim 0.45, P=0.541$)。

2.3.4 术后失血量

5 篇文献^[5, 9-12]报道了术后失血量，经过异质性检验， $I^2=74.3\% > 50\%$ ，且 Q 检验的 $P < 0.1$ ，提示各研究之间存在较强的异质性，选择随机效应模型进行荟萃分析，结果显示，EM 组的术后失血量显著少于 IM 组 ($MD=-161.24, 95\%CI -233.93\sim -88.55, P=0.016$)。

表 1 纳入研究的基本特征

Table 1 Basic characteristics of the included literatures

作者 (年份)	国家	膝关节 (EM) / (IM)	年龄 (EM) / (IM)	性别 (女:男) (EM) / (IM)	膝关节假体	髓外系统	结局指标
张洪美 2017 ^[6]	中国	30/30	68.8/65	3.3 : 1/2.3 : 1	Gemini (link)	对皮肤进行标记	④⑤
李旭祥 2020 ^[7]	中国	58/52	68.3/69.6	6.3 : 1/7.7 : 1	medial Pirot	个性化截骨导板	⑤
Engh 1990 ^[8]	美国	32/40	70.9/67.5	2.2 : 1/3.3 : 1	Depuy	HDisc-peg 黏贴到皮肤进行标记	①
Baldini 2008 ^[9]	意大利	50/50	71/70	2 : 1/1.7 : 1	PS (Zimmer)	术前模板数据	②③④⑤
Jeon 2012 ^[10]	韩国	39/40	70.1/69.2	未提及	PS (Stryker)	对皮肤进行标记	④
Jung 2013 ^[11]	韩国	56/50	70.4/68.5	6 : 1/5.3 : 1	PS (Stryker)	带有 IFD 测量的机械轴标记	①②③④⑤
Ikawa 2017 ^[12]	日本	121/120	74/74.1	7.1 : 1/5.3 : 1	Vanguard RP or PS	基于加速度计的便携导航装置	②④⑤
Bonanzinga 2018 ^[13]	意大利	18/18	71/72	4 : 5/2 : 1	Attune. Depuy, Warsaw	基于惯性传感器的电磁系统	②

注：①下股冠状对线；②股骨假体冠状位角度；③股骨假体矢状位角度；④术后失血量；⑤手术时间。

2.3.5 手术时间

5 篇文献^[6-7, 9, 11-12]报道了手术时间，经过异质性检验， $I^2=83.9\% > 50\%$ ，且 Q 检验的 $P < 0.1$ ，各研究之间存在较强的异质性，选择随机效应模型进行荟萃分析，结果显示，两组手术时间的差异无统计学意义 ($MD=-0.74, 95\%CI -4.04\sim -2.57, P=0.665$)。

2.4 敏感性分析及发表偏倚

2.4.1 敏感性分析

结局指标下肢冠状位对线、股骨假体矢状面角度、术后失血量、手术时间所纳入各项研究异质性较大，采用 Stata 15.0 软件进行敏感性分析，发现剔

除任意一篇文献后，合并结果均具有统计学意义，提示结果较稳健。

2.4.2 发表偏倚风险评估

本荟萃分析的主要结局指标最多纳入 4 项研究，研究个数较少，不适宜采用漏斗图或其他检验方法评估发表偏倚。

3 讨论

本荟萃分析比较了采用 EM 和 IM 定位截骨行 TKA 的相关指标，结果显示 EM 组在股骨假体冠状面角度上优于 IM 组，在术后失血量方面低于 EM

组, 两组在下肢冠状位对线、股骨假体矢状位角度和手术时间方面无显著差异。

TKA 术后准确的下肢对齐和假体位置影响假体生存率^[14]。有研究发现, 股骨假体外翻 $>3^\circ$ 时, TKA 术后 10 年的翻修率更高^[15], Engh 等^[8]认为与 IM 组相比, EM 组的关节线方向超出所需正常范围的百分比更高 (21.3% vs 11.2%)。在以往研究中, EM 定位方法多通过体表髌前上棘或股骨头中点处投影来定位^[6, 8, 10], 但此种定位方式存在一定偏差, 股骨头中心是由股骨头附近的解剖结构间接确定, 由于术中大量软组织覆盖和止血带等影响, 增加了定位难度, 容易产生定位不准确的情况。Yoshino 等^[16]研究发现采用髌前上棘作为骨盆轴定位是不准确的。

随着技术发展, 先进的 EM 定位系统以及新的截骨器械的发明, EM 定位截骨准确性明显提高。Baldini 等^[9]通过改进 EM 定位截骨方式, 采用术前模板测量进行校准截骨, 结果发现两种定位截骨方式术后股骨假体冠状位与机械轴夹角在 3° 以内的比例相似 (IM 组 90%, EM 组 94%)。Jung 等^[8]进一步改进 EM 定位截骨技术, 采用机械轴标记系统, IM 组下肢力线可接受程度为 84%, EM 组则高达 91%。研究发现计算机辅助和便携式导航系统, 均可降低股骨假体冠状面和矢状面对齐的异常值, 提供更准确的假体和肢体对齐^[17-19]。Marchand 等^[20]测量了 330 例使用手术机器人 EM 定位截骨行 TKA 手术患者, 发现术后冠状位下肢力线均纠正至中立位 $\pm 2^\circ$ 范围内。随着人工智能技术蓬勃发展, TKA 术式也会更加微创化、精准化^[21, 22], 在实现 EM 定位截骨的基础上, 一定程度减少手术时间, 降低手术风险。

IM 定位截骨并不总是能保证假体在 TKA 中位置的准确性。当面临同侧长茎全髌关节置换术、股骨干畸形 (先天性或创伤后)、股骨髓腔宽和内固定物残留等情况时, IM 定位截骨可能面临髓内杆无法顺利插入和定位误差过大等问题, 均会影响 IM 定位截骨的准确性, 尤其股骨严重侧弓对 IM 定位截骨术后下肢对齐会产生不良影响。在这种情况下, EM 定位截骨系统在 TKA 手术中, 能够优化下肢和股骨假体的对齐, 提高假体矢状面和冠状面准确性^[23]。

当前, 如何降低 TKA 创伤已成为临床外科医生的关注重点。有研究发现依赖 IM 股骨截骨可能导致不良事件的发生, 增加失血、血栓、骨折、感染等风险^[24]。陈佳晖等^[25]研究发现, EM 定位较 IM

定位能够减少术中出血量和术后引流量。尽管大多数临床外科医生在 TKA 中多采用堵塞 IM 定位开髓孔的方法来降低术后失血量, 而 EM 定位截骨无需开髓, 很大程度上避免股骨开髓所带来的手术创伤, 进而减少围手术期失血量, 利于快速康复^[26, 27]。本研究结果显示采用 EM 定位的患者术后失血量显著少于 IM 定位。因此, 作者认为 TKA 术中 EM 技术是一种能够减少术后失血量, 降低异体输血率的有利方法^[28, 29]。

本研究也存在一些不足之处, 包括: (1) 目前相关研究较少, 纳入研究文献量少, 导致文献存在一定的异质性和发表偏倚; (2) 未对两组间的功能结果进行有效的统计比较; (3) 对于两组术后血栓发生率等并发症缺乏足够文献报道, 因此未进行相关统计比较。后期应纳入更多拥有长期随访的高质量随机、双盲临床试验来评估两种定位截骨方式。

在 TKA 中使用 EM 定位截骨可以获得与 IM 定位截骨相同满意的力线, 尤其在股骨假体冠状面对齐上, EM 定位优于 IM 定位。EM 定位截骨的使用可降低术中失血量, 且手术时间与 IM 相似。

参考文献

- [1] Muertizha M, Cai XT, Ji BC, et al. Factors contributing to 1-year dissatisfaction after total knee arthroplasty: a nomogram prediction model [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1): 367. DOI: 10.1186/s13018-022-03205-2.
 - [2] Williams D, Metcalfe A, Madete J, et al. The relationship between alignment, function and loading in total knee replacement: In-vivo analysis of a unique patient population [J]. *J Biomech*, 2020, 112: 110042. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2020.110042.
 - [3] Meding JB, Berend ME, Ritter MA, et al. Intramedullary vs extramedullary femoral alignment guides: a 15-year follow-up of survivorship [J]. *J Arthroplasty*, 2011, 26 (4): 591-595. DOI: 10.1016/j.arth.2010.05.008.
 - [4] Wang Q, Zhang XF, Shi TS, et al. The accuracy of an extramedullary femoral cutting system in total knee arthroplasty in patients with severe coronal femoral bowing: a radiographic study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1): 257. DOI: 10.1186/s13018-022-03140-2.
 - [5] Ku MC, Chen WJ, Lo CS, et al. Femoral component alignment with a new extramedullary femoral cutting guide technique [J]. *Indian J Orthop*, 2019, 53 (2): 276-281. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_119_17.
 - [6] 张洪美, 何名江, 单鹏程, 等. 全膝关节置换术股骨髓外定位截骨器的研制与临床应用 [J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37 (11): 651-659. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.11.002.
- Zhang HM, He MJ, Shan PC, et al. Development and application of

- extramedullary femoral osteotomy module in total knee arthroplasty [J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 37 (11) : 651-659. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.11.002.
- [7] 李旭祥, 张惠康, 魏波, 等. 基于 MRI 和三维 CT 个性化截骨导板在内轴型膝关节假体置换中的应用 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24 (30) : 4835-4840. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2807. Li XX, Zhang HK, Wei B. Application of personalized osteotomy guide plate in medial pivot knee prosthesis replacement based on MRI and three dimensional CT [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 24 (30) : 4835-4840. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2807.
- [8] Engh GA, Petersen TL. Comparative experience with intramedullary and extramedullary alignment in total knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 1990, 5 (1) : 1-8. DOI: 10.1016/s0883-5403 (06) 80002-1.
- [9] Baldini A, Adravanti P. Less invasive TKA: extramedullary femoral reference without navigation [J]. Clin Orthop Relat Res, 2008, 466 (11) : 2694-2700. DOI: 10.1007/s11999-008-0435-9.
- [10] Jeon SH, Kim JH, Lee JM, et al. Efficacy of extramedullary femoral component alignment guide system for blood saving after total knee arthroplasty [J]. Knee Surg Relat Res, 2012, 24 (2) : 99-103. DOI: 10.5792/ksrr.2012.24.2.99.
- [11] Jung WH, Chun CW, Lee JH, et al. The accuracy of the extramedullary and intramedullary femoral alignment system in total knee arthroplasty for varus osteoarthritic knee [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21 (3) : 629-635. DOI: 10.1007/s00167-012-1994-6.
- [12] Ikawa T, Takemura S, Kim M, et al. Usefulness of an accelerometer-based portable navigation system in total knee arthroplasty [J]. Bone Joint J, 2017, 99-B (8) : 1047-1052. DOI: 10.1302/0301-620X.99B8.BJJ-2016-0596.R3.
- [13] Bonanzinga T, Tanzi P, Pia Neri M, et al. Evaluation of blood loss and implant alignment after total knee arthroplasty with inertial based extramedullary femoral cutting guide [J]. Joints, 2018, 6 (3) : 161-166. DOI: 10.1055/s-0038-1673404.
- [14] Lei K, Liu LM, Yang PF, et al. Robotics versus personalized 3D preoperative planning in total knee arthroplasty: a propensity score-matched analysis [J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17 (1) : 227. DOI: 10.1186/s13018-022-03115-3.
- [15] Luyckx T, Moreels R, Geernaert H, et al. Valgus alignment of the femoral component is associated with higher revision rates 10 years after TKA [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2023. epub ahead of print. DOI: 10.1007/s00167-023-07448-2.
- [16] Yoshino S, Kawahara S, Hara T, et al. Anterior superior iliac spine is not always reliable as a pelvic reference axis: 3D study of pelvic axis [J]. J Orthop Sci, 2023, 28 (3) : 677-682. DOI: 10.1016/j.jos.2022.01.011.
- [17] Ueyama H, Minoda Y, Sugama R, et al. An accelerometer-based portable navigation system improved prosthetic alignment after total knee arthroplasty in 3D measurements [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27 (5) : 1580-1586. DOI: 10.1007/s00167-018-5082-4.
- [18] Minoda Y, Hayakawa K, Hagio K, et al. Usefulness of an accelerometer-based portable navigation system for total knee arthroplasty: a multicenter prospective randomized controlled trial [J]. J Bone Joint Surg Am, 2020, 102 (22) : 1993-2000. DOI: 10.2106/JBJS.20.00387.
- [19] 康健, 冯晓雷, 付志厚, 等. 两种导航辅助全膝关节置换的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (10) : 876-880. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.03. Kang J, Feng XL, Fu ZH, et al. Comparison of two navigations used as assistance in total knee arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (10) : 876-880. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.03.
- [20] Marchand RC, Sodhi N, Khlopas A, et al. Coronal correction for severe deformity using robotic assisted total knee arthroplasty [J]. J Knee Surg, 2018, 31 (1) : 2-5. DOI: 10.1055/s-0037-1608840.
- [21] 刘元捷, 李旭. iASSIST 智能辅助导航系统在全膝关节置换中的研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (4) : 328-331. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.04.09. Liu YJ, Li X. Application of Zimmer iASSIST navigation system in total knee arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (4) : 328-331. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.04.09.
- [22] 张子安, 张海宁, 李海燕, 等. 机器人辅助技术在全膝关节置换手术中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (11) : 937-941. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.11.15. Zhang ZA, Zhang HN, Li HY, et al. Application of robotic assisted technique in total knee arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (11) : 937-941. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.11.15.
- [23] Wang QJ, Zhang XF, Shi TS, et al. The accuracy of an extramedullary femoral cutting system in total knee arthroplasty in patients with severe coronal femoral bowing: aradiographic study [J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17 (1) : 257. DOI: 10.1186/s13018-022-03140-2.
- [24] Wang KP, Yuan WH, An JD, et al. Sealing the intramedullary femoral canal for blood loss in total knee arthroplasty: A Meta-analysis of randomized controlled trials [J]. J Knee Surg, 2021, 34 (2) : 208-215. DOI: 10.1055/s-0039-1694025.
- [25] 陈佳晖, 李彪, 杨毅, 等. 全膝关节置换术两种股骨假体定位的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (1) : 73-76. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.01.14. Chen JH, Li B, Yang Y, et al. Comparison of two kinds of femoral component positioning in total knee arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (1) : 73-76. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.01.14.
- [26] Chen JW, Kuo FC, Kuo SJ, et al. Avoidance of intramedullary violation in computer assisted total knee arthroplasty lowers the incidence of periprosthetic joint infection compared with conventional total knee arthroplasty: a propensity score matching analysis of 5342 cases [J]. Knee, 2022, 35: 164-174. DOI: 10.1016/j.knee.2022.03.004.

- a rotary cutter for treating Kümmell's disease with intravertebral vacuum cleft [J]. *Pain Physician*, 2021, 24 (4) : E477-e482. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.131.
- [37] Becker S, Chavanne A, Spitaler R, et al. Assessment of different screw augmentation techniques and screw designs in osteoporotic spines [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17 (11) : 1462-1469. DOI: 10.1007/s00586-008-0769-8.
- [38] 赵吉鹏, 孙传, 向学强, 等. 骨水泥强化椎弓根螺钉联合椎体成形术治疗 III 型 Kümmell 病 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34 (2) : 170-174. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.02.015.
- Zhao JP, Sun C, Xiang XQ, et al. Cement augmented pedicle screw combined with vertebroplasty for the treatment of Kümmell's disease with type III [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 34 (2) : 170-174. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.02.015.
- [39] Huang YS, Ge CY, Feng H, et al. Bone cement-augmented short-segment pedicle screw fixation for Kümmell disease with spinal canal stenosis [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24: 928-935. DOI: 10.12659/MSM.905804.
- [40] Cheng H, Wang GD, Li T, et al. Radiographic and clinical out-
- comes of surgical treatment of Kümmell's disease with thoracolumbar kyphosis: a minimal two-year follow-up [J]. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2021, 22 (1) : 761. DOI: 10.21203/rs.3.rs-273357/v1.
- [41] Wang B, Wang Y, Zhang H, et al. A novel bone cement screw system combined with vertebroplasty for the treatment of Kümmell disease with bone deficiency at the vertebral anterior border: a minimum 3-year follow-up study [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 201: 106434. DOI: 10.1016/J.CLINNEURO.2020.106434.
- [42] Dong C, Wei H, Zhu Y, et al. Application of titanium alloy 3d-printed artificial vertebral body for stage III Kümmell's disease complicated by neurological deficits [J]. *Clin Interv Aging*, 2020, 15: 2265-2276. DOI: 10.2147/CIA.S283809.
- [43] Gan DH, Fang MZ, Xue HP, et al. Clinical observations of kümmell disease treatment through percutaneous fixation combined with vertebroplasty [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (5) : 1505-1512. DOI: 10.1111/os.12935.
- (收稿:2022-11-09 修回:2023-06-29)
(同行评议专家: 王丹, 郭继东, 王华东)
(本文编辑: 宁桦)

(上接 242 页)

- [27] Bono OJ, Olcott CW, Carangelo R, et al. Femoral intramedullary alignment in total knee arthroplasty: indications, results, pitfalls, alternatives, and controversies [J]. *J Knee Surg*, 2020, 33 (1) : 12-14. DOI: 10.1055/s-0038-1676070.
- [28] Jagadeesh N, Parameshwar A, Kumar H, et al. Accelerometer-based handheld navigation instrumentation in total knee arthroplasty decrease blood loss compared to conventional instrumentation: a prospective comparative study [J]. *Cureus*, 2022, 14 (12) : e32589.
- DOI: 10.7759/cureus.32589.
- [29] Ku MC, Chen WJ, Lo CS, et al. Femoral component alignment with a new extramedullary femoral cutting guide technique [J]. *Indian J Orthop*, 2019, 53 (2) : 276-281. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_119_17.
- (收稿:2023-03-15 修回:2023-07-31)
(同行评议专家: 付国建, 李杰, 郑志永, 尹纪光)
(本文编辑: 宁桦)