

· 病例报告 ·

一例人工智能三维规划系统辅助全膝关节置换术

宋平^{1,2} 吴东² 刘星宇^{3,4} 孔祥朋^{1,2} 郭人文² 陈继营² 柴伟² 唐佩福²

随着我国老龄化社会的到来,膝关节骨关节炎的发病率逐年增加,全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)已成为骨科手术中普及率最高的术式之一^[1],最大程度恢复膝关节功能,实现假体遗忘和长期使用是病人和关节外科医生的共同追求。假体旋转、尺寸匹配及下肢力线是术后关节舒适度和远期寿命的重要影响因素^[2-5]。个体间解剖结构及磨损情况存在固有差异,没有统一的截骨角度,Andrews等^[6]回顾性分析了788例连续TKA病例,股骨远端均固定外翻6°截骨,术后有14%的病人下肢力线不正(机械轴 $>3^\circ$ 或 $<-3^\circ$),而TKA手术截骨角度和厚度的偏差可能导致手术灾难性的结果,因此,为实现术后下肢良好对线,TKA术前有进行个性化的规划,帮助术者选取合适型号的假体并施行个性化手术^[6-7]。

中国人民解放军总医院第一医学中心骨科于2020年7月收治1例膝关节骨关节炎病人,术前通过人工智能TKA手术三维规划系统(AI KNEE,北京长木谷),精准规划假体大小、位置及角度,术中根据规划顺利完成手术,现报告如下。

临床资料

病人,女,63岁,主因双膝疼痛16年,左膝加重10年入院。专科查体:痛性跛行步态,左膝内翻,局部可见因外用中药引起的斑片状色素沉着,范围约10 cm×20 cm,软组织不肿胀,局部皮温不高。左膝关节内、外侧间隙有明显压痛,髌骨固定,活动度差,内外侧无移动,屈伸时仅有微动,浮髌试验阴性,膝关节内外翻试验阴性,前后抽屉试验阴性。左膝关节活动度为0°~90°。X线检查示双膝关节退行性改变,骨质增生,关节间隙狭窄。

术前采集病人下肢全长X线和膝关节CT影像。下肢全长X线拍摄要求病人膝关节完全伸直位,双足并拢,脚尖向前,双侧髌骨朝前(如有旋转只需要髌骨朝前),图像为JPEG或DICOM格式。膝关节CT拍摄要求病人膝关节完全伸直位,双侧髌骨朝前,层厚:1 mm,无间隙、无重叠,扫描范围为双侧膝关节中心上下20 cm,横向切片1:1节距,使用螺旋

(螺旋)扫描,矩阵:512×512, KVP:120~140 kV, MA:200~250 Ma,图像为DICOM格式。去除病人个人信息并签署知情同意后,数据导入AI KNEE系统,快速智能生成并自动分割病人膝关节三维骨性解剖结构。软件自动识别解剖结构标志并测量膝关节关键参数:下肢力线内翻角为11.2°,股骨外翻角为6°,股骨外旋角为2.9°。使用ATTUNE-PS固定平台假体(强生公司,美国),AI KNEE系统据此智能生成手术方案,股骨侧为ATTUNE-PS假体4N号,胫骨侧选用ATTUNE-FB假体3号。

术中常规膝关节工具辅助完成手术,截骨角度与厚度根据AI KNEE手术方案执行(图1),股骨远端外翻6°,截骨厚度9 mm;后髌外旋3°,截骨厚度8 mm;胫骨侧后倾3°,截骨厚度9.5 mm(图2)。手术仅用时45 min,所用假体型号、截骨角度与术前规划完全一致,内外侧间隙及屈伸间隙平衡,髌骨轨迹及关节活动度良好,术后复查X线片示假体位置良好,下肢力线恢复至中立位(图3)。

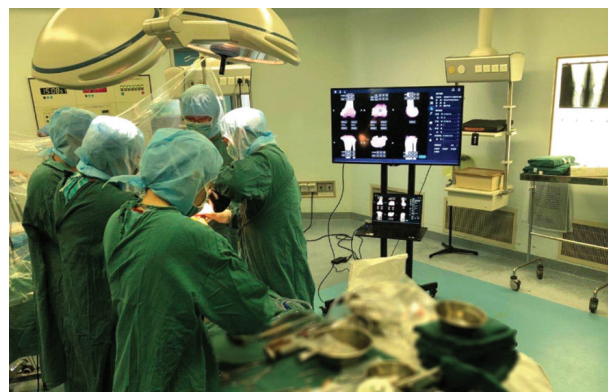


图1 术中参考人工智能三维规划

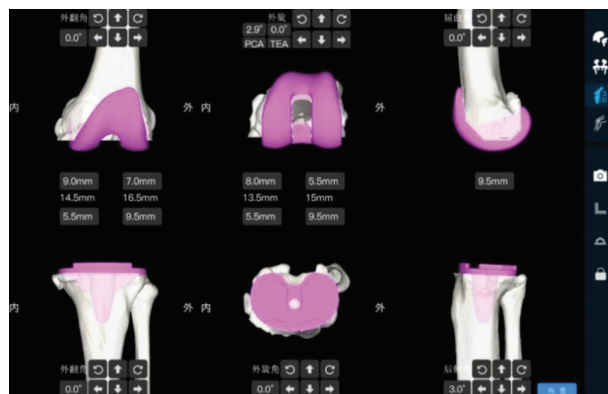


图2 术前规划界面

DOI:10.3969/j.issn.1674-8573.2021.03.017

基金项目:解放军总医院大数据项目(2019MBD-041);北京市自然科学基金(L182063)

作者单位:1. 解放军医学院,北京 100853;2. 中国人民解放军总医院第一医学中心骨科,北京 100853;3. 清华大学生命科学院,北京 100084;4. 北京长木谷医疗科技有限公司,北京 100080

通信作者:柴伟, E-mail: chawei301@163.com;唐佩福, E-mail: pftang301@126.com

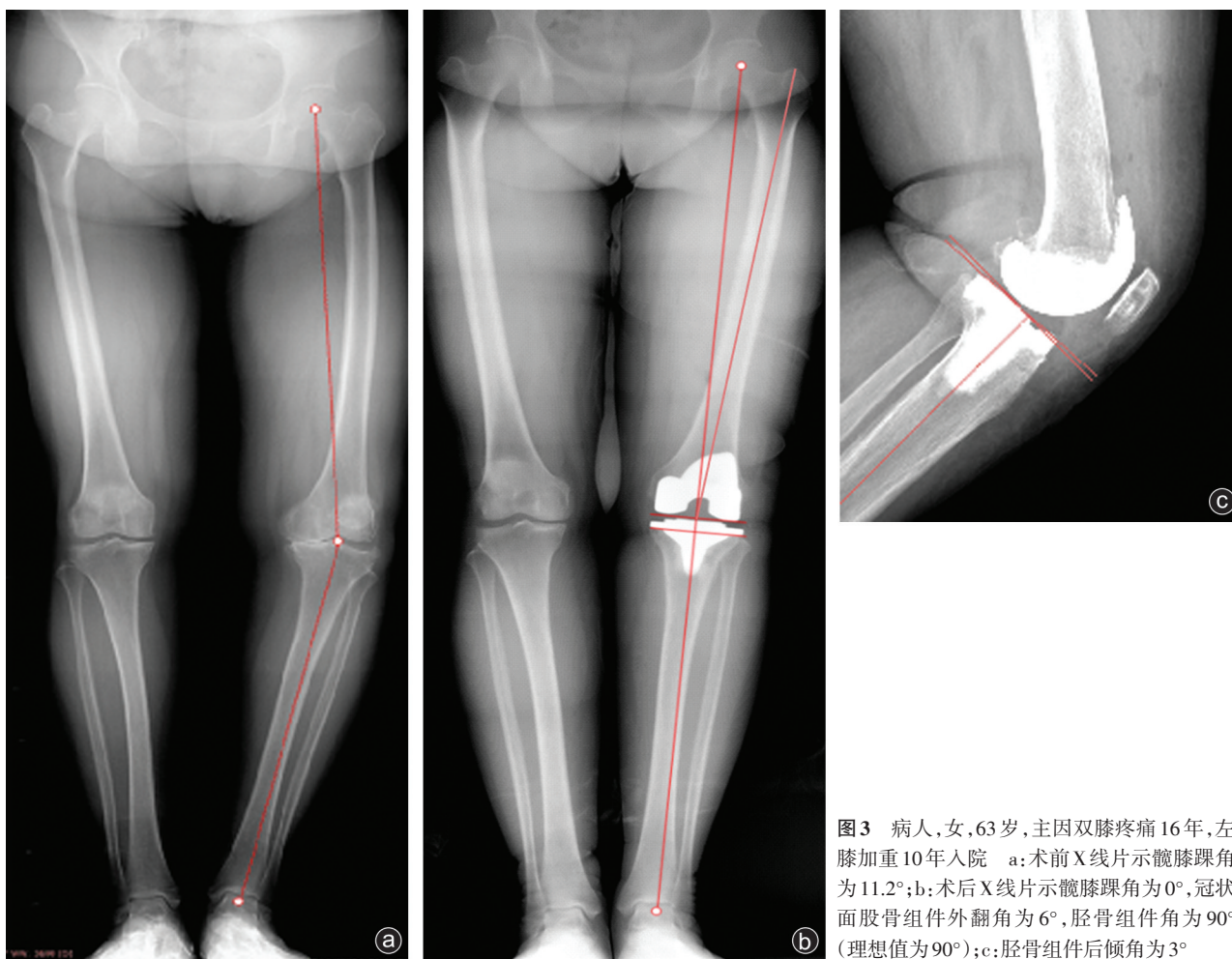


图3 病人,女,63岁,主因双膝疼痛16年,左膝加重10年入院 a:术前X线片示髌膝踝角为11.2°;b:术后X线片示髌膝踝角为0°,冠状面股骨组件外翻角为6°,胫骨组件角为90°(理想值为90°);c:胫骨组件后倾角为3°

讨 论

现有膝关节术前规划方式分为两类,二维模板测量法和三维手工规划法。二维模板测量法通过影像学测量下肢全长X线片或CT影像,获取下肢力线及膝关节角度,为术中截骨提供假体大小、截骨角度等参考,但因X线摄片过程中存在放大率不准确、投照角度不固定等不足,加之病人膝关节常存在屈曲挛缩畸形等情况,无法保证膝关节X线正位、侧位片为标准的正侧位X线片,常存在有扭转、重叠等情况发生,导致X线片无法准确反映病人膝关节的实际情况,测量结果的误差较大,在假体型号预测方面的准确性较低^[8-9]。CT影像测量需要全程手工标定,操作繁琐,要求规划者具有丰富的临床经验,规划可重复性低,尤其对于复杂膝关节疾病手术而言,可提供的参考作用较小,手术效果较依赖术者手术经验。近年来,为解决二维术前规划软件存在的问题,三维术前规划软件应运而生,具有代表性的有Zed-Knee^[10](LEXI公司,日本)、Knee-Plan^{®[11]}(Symbios公司,瑞典),然而这些软件需手动对膝关节CT图像进行逐层分割,操作较二维术前规划软件更加复杂,且关键的解剖标志点以及膝关节机械力线的标注均由手工完成,对规划者要求较高,具有一定的学习曲线^[10],难以有效满足临床需要。由于

我国膝关节手术的平均术前住院天数仅为6 d^[12],加之此类型软件均为国外研发,在国内无准入许可,价格昂贵,采购困难,也无法得到大范围推广。

本次手术首次使用基于人工智能的TKA手术三维规划系统进行术前规划,该系统可根据病人术前CT图像,运用像素级分割网络,基于循环神经网络的边缘平滑技术对骨骼骨块进行精准分割。采用力学运动模拟技术以及包含注意力机制的神经网络,精确地对骨骼关键解剖点位进行识别,识别精度接近毫米级且具有较高的鲁棒性(robustness)。在假体放置方面,该系统将监督学习和基于强化学习的无监督学习相结合,依据假体设计理念及病人股骨、胫骨的解剖结构特点,准确、快速、个性化地放置膝关节假体,计算最适角度,个性化制定病人三维术前规划,以最大限度恢复病人股骨旋转及下肢力线,提高病人术后满意度。

在本病例中,术前规划的假体大小、角度和位置均与术中实际应用完全一致,与传统三维术前规划相比,该系统的优势体现在术前规划由人工智能在3 min内自动生成,随着病例规划-反馈-学习的数据积累过程以及算法的不断改进,可以持续进行自我完善,不受限于操作者的专业水平,快速、准确地给出人工智能解决方案。针对一些股骨严重畸形或残留内固定等影响髓内导向器使用的病例,在术前规划方案

的基础上可以进一步设计病人特异性截骨导航器械,或借助骨科机器人,精准辅助完成TKA手术^[13]。

参 考 文 献

- [1] Donaldson J, Joyner J, Tudor F. Current controversies of alignment in total knee replacements[J]. *Open Orthop J*, 2015, 9: 489-494.
- [2] Molcnik A, Naranda J, Dolinar D. Patient-matched instruments versus standard instrumentation in total knee arthroplasty: a prospective randomized study[J]. *Wien Klin Wochenschr*, 2015, 127 Suppl 5: S235-S240.
- [3] Daniilidis K, Tibesku CO. Frontal plane alignment after total knee arthroplasty using patient-specific instruments[J]. *Int Orthop*, 2013, 37(1): 45-50.
- [4] Deakin AH, Sarungi M. A comparison of variable angle versus fixed angle distal femoral resection in primary total knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29(6): 1133-1137.
- [5] Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1991, 73(5): 709-714.
- [6] Andrews SN, Beeler DM, Parke EA, et al. Fixed distal femoral cut of 6° valgus in total knee arthroplasty: a radiographic review of 788 consecutive cases[J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(4): 755-759.
- [7] Pietsch M, Djahani O, Hohegger M, et al. Patient-specific total knee arthroplasty: the importance of planning by the surgeon[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(10): 2220-2226.
- [8] Del Gaizo D, Soileau ES, Lachiewicz PF. Value of preoperative templating for primary total knee arthroplasty[J]. *J Knee Surg*, 2009, 22(4): 284-293.
- [9] Trickett RW, Hodgson P, Forster MC, et al. The reliability and accuracy of digital templating in total knee replacement[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2009, 91(7): 903-906.
- [10] Wako Y, Nakamura J, Miura M, et al. Interobserver and intraobserver reliability of three-dimensional preoperative planning software in total hip arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33(2): 601-607.
- [11] Sariali E, Mauprivez R, Khiami F, et al. Accuracy of the preoperative planning for cementless total hip arthroplasty. A randomised comparison between three-dimensional computerised planning and conventional templating[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2012, 98(2): 151-158.
- [12] 吴鸣, 尚希福, 崔俊才, 等. 超早期规范化物理治疗对缩短全膝关节置换术平均住院日的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(7): 802-807.
- [13] Mattei L, Pellegrino P, Calò M, et al. Patient specific instrumentation in total knee arthroplasty: a state of the art[J]. *Ann Transl Med*, 2016, 4(7): 126.

(收稿日期: 2020-11-25)

(本文编辑: 陈姗姗)

引用格式

宋平, 吴东, 刘星宇, 等. 一例人工智能三维规划系统辅助全膝关节置换术[J]. *骨科*, 2021, 12(3): 281-283. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.03.017.