

· 综 述 ·

保留前后交叉韧带的全膝关节置换研究进展

刘冠杰, 陈印忠, 徐 栋, 李 明*

(山东第一医科大学第二附属医院关节与运动医学科, 山东泰安 271000)

摘要: 全膝关节置换术作为终末期骨性关节炎的重要手术方法取得了很好的长期效果以及假体生存率。目前临床上常用的膝关节假体以后交叉韧带保留型 (cruciate retaining, CR) 以及后稳定型 (posterior stabilized, PS) 为主。无论是后交叉韧带保留型还是后稳定型假体, 在置入时都需切除前交叉韧带。前交叉韧带是膝关节本体感受器的重要存在部位, 前交叉韧带的切除会造成膝关节的本体感觉以及运动力学的改变, 使得患者的主观感受不是特别满意。作为能最大程度模拟自然膝关节运动力学的保留前后交叉韧带型 (bicruciate-retaining, BCR) 假体, 最近重新引起人们的关注。

关键词: 膝关节置换, 保留后交叉韧带假体, 后稳定假体, 保留双交叉韧带假体

中图分类号: R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) -06-0529-05

Research progress in bicruciate-retaining total knee arthroplasty // LIU Guan-jie, CHEN Yin-zhong, XU Dong, LI Ming. Department of Joint Surgery and Sports Medicine, The Second Affiliated Hospital, Shandong First Medical University, Tai'an 271000, China

Abstract: Total knee replacement (TKA), an important surgical technique for end-stage osteoarthritis, has achieved good long-term results and prosthesis survival rate. Currently, cruciate retaining (CR) and posterior stabilized (PS) prostheses are the main types of TKA commonly used in clinical practice. However, the anterior cruciate ligament (ACL) must be removed during the implantation of both CR and PS prostheses in TKA. ACL is an important location of knee proprioception receptors. The removal of ACL will lead to changes in knee proprioception and motion mechanics, cause the subjective feelings inefficient. The bicruciate-retaining (BCR) knee can best simulate natural knee motion mechanics, has attracted renewed attention recently.

Key words: total knee arthroplasty, cruciate retaining knee, posterior stabilized knee, bicruciate retaining knee

全膝关节置换术是治疗膝关节终末期骨性关节炎的重要手术治疗方法,能有效根除病痛,极大提高患者的生活质量^[1]。大多数接受膝关节置换的患者年龄较大,随着手术技术的日臻进步以及假体设计的改进,膝关节置换的患者年轻化,对膝关节的功能要求也更高^[2]。2000年,Robertson等^[3,4]发表了大型的问卷调查,问“你对你的膝关节置换术有多满意?”,发现未行翻修治疗的患者中有17%对自己的膝关节不满意或不确定,而已经接受翻修治疗的患者中不满意率上升到了41%。这种不满可能是因为交叉韧带的切除或者替代的假体设计会影响术后关节周围肌肉的力臂、关节内韧带的紧张度以及破坏膝关节本体感受器等,从而造成膝关节置换术后步态异常,感觉不满意^[5]。因此,骨科医师希望假体让患者有更自然的膝关节感觉,来恢复膝关节高水平活动能力,以提高术后的满意度。目前临床上常用的膝关节假体以后交

叉韧带保留型 (cruciate retaining, CR) 以及后稳定型 (posterior stabilized, PS) 为主,并且取得了优良的临床效果。无论是CR还是PS,都需要牺牲前交叉韧带或者是前后交叉韧带。由于交叉韧带在膝关节的运动中发挥了非常重要的作用,所以交叉韧带切除会导致膝关节的运动力学改变并影响其稳定性,使关节的本体感受下降^[6]。CR假体虽然保留了后交叉韧带,但是前交叉韧带被切除,PS假体则需要同时切除前后交叉韧带,这会影响膝关节的本体感觉以及术后步态等,造成患者的主观感受较差。因此,为了能够模拟正常膝关节的运动力学,保留前后交叉韧带型 (bicruciate-retaining, BCR) 假体应运而生,以期提高膝关节置换术后患者的主观满意度。BCR假体完整保留了前后交叉韧带,理论上能提升膝关节置换术后关节的本体感觉并且改善膝关节运动力学,提高术后膝关节的功能和稳定性^[7,8],在临床随访中取得了不

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.10

作者简介:刘冠杰,住院医师,研究方向:骨科,(电话)13605388100,(电子信箱)wfyxylgj@foxmail.com

*通信作者:李明,(电子信箱)18660870608@163.com

错的效果，现将保留前后交叉韧带的膝关节置换做一综述。

1 BCR 假体的历史以及发展现状

BCR 膝关节假体很早就应用于临床中，假体的设计初衷是为了保留更多的膝关节生理活动度。20 世纪 60 年代 Gunson^[9] 设计的轮轨假体被认为是 BCR 假体的雏形，这种假体股骨侧是两个单独的半球形假体，与之匹配的胫骨假体是两个单独的骨水泥型假体，类似于现在的内外侧双单髁置换。1972 年 Townley^[10] 报道了他设计的解剖型全膝关节假体，也是第一款真正意义上的现代保留前后交叉韧带的膝关节假体。胫骨假体呈马蹄形、双叶状，尽可能得薄以保留更多的骨量以及韧带的完整性。1975 年 Cloutier^[11-13] 设计了一款非限制性全解剖表面置换假体，假体股骨侧髌骨翼的几何形状复制了正常的解剖结构，非对称的股骨髁设计中间有一道很深的滑车沟槽以更好地重建髌骨轨迹，胫骨侧假体由两个碳增强聚乙烯构成的近乎平坦的关节面置于“U”形的平台中构成。这款假体在术后 10 年的随访中获得了良好的效果。2020 年 Takao^[14] 报道一款新型 BCR 假体 Journey II XR，股骨侧假体为内大外小的仿生非对称性的关节面，膝关节线有仿生理的 3° 向内倾斜角，胫骨侧假体呈内侧凹外侧凸的设计，这在之前的假体中是不存在的。

2 BCR 假体的优缺点

前交叉韧带是限制胫骨前移位的主要结构。在正常的膝关节运动中，前交叉韧带在膝关节完全伸展时是绷紧的，并向外旋转胫骨；当膝关节从屈曲位向伸直位移动时，胫骨平台在股骨髁上先下降后上升，运动不对称，同时向外旋转。前交叉韧带在伸膝最后阶段紧张，拉动胫骨外旋。通过胫骨外旋，在膝关节由屈曲到完全伸直的过程有如旋紧螺丝钉的过程，这被称为“锁扣现象”，膝关节屈曲时则解锁，这共同被称为“螺旋-旋回”机制，有利于增强膝关节稳定性^[15]。

目前膝关节常见的假体设计包括后 CR、PS、后交叉韧带替代型 (cruciate substituting, CS)、前交叉韧带替代后交叉韧带保留型 (ACL substituting cruciate retaining, ASCR) 等，都是牺牲前交叉韧带的设计。尽管 CS、PS、ASCR 假体的设计理念希望通过

突出的立柱来代替部分前交叉韧带功能，但是有研究表明凸轮-立柱结构的设计是在应力下的机械连接，会增加许多并发症，比如股骨髁骨折、髌骨弹响，另外也是聚乙烯衬垫磨损和疲劳失效的潜在原因^[16, 17]。因此保留前后交叉韧带的假体设计似乎就成了最佳选择。因为前交叉韧带的保留不但能完整保留膝关节在屈伸过程中的“螺旋-旋回”机制，还可以保留前交叉韧带内的本体感受器，从而使得膝关节置换术后的关节稳定性大大提高^[18-21]。

尽管 BCR 假体的优点很明显，可以保留前后交叉韧带，改善术后膝关节的本体感觉及运动力学，但是随着保留前后交叉韧带的膝关节置换技术的发展，有些问题逐渐出现。首先，由于前交叉韧带的保留，胫骨髁间骨岛必须要保留，因此留给胫骨假体固定的面积十分有限，可能会造成胫骨假体早期不稳定甚至松动。于是有学者做了进一步的设计改进，将胫骨平台假体分内外两部分置入，同时保留前后交叉韧带，获得了良好的临床效果。但是由于内外侧胫骨平台缺乏中间连接，所以早期容易发生胫骨假体松动^[22]；其次，“U”形胫骨平台的设计中，连接胫骨平台内外侧假体的中间连接在重压之下可能发生断裂，为了避免此种情况发生就把假体设计的较厚。将假体设计增厚之后出现的另一个问题就是术中胫骨截骨量较多，髁间骨岛的骨折以及前后交叉韧带的失效等一系列问题接踵而来，可能导致术中改用交叉韧带牺牲型的假体^[23]。因此，胫骨侧假体的锚定还是目前制约保留前后交叉韧带的全膝关节置换技术发展的关键性因素^[24]。另外 BCR 假体的置入也是非常具有挑战性的技术，术者学习曲线长，初学者对韧带的平衡、关节线高度的精确重建都比交叉韧带牺牲型假体难。因为前交叉韧带的保留会造成关节显露困难，操作视野受限，增加手术难度，可能造成假体置入位置差导致术后早期假体松动等^[25, 26]。Bellemans^[27] 指出，胫骨假体必须小心放置，以避免前外侧假体外悬而引起失效，而且术中需恢复关节线的高度以确保最佳的前后交叉韧带功能和膝关节运动力学；股骨侧假体置入时必须避免股骨假体撞击髁间中央骨块，否则易造成胫骨中央髁间骨岛骨折、前交叉韧带失效等。

3 BCR 假体的适应证与禁忌证

全膝关节置换术的手术适应证为：老年全膝关节炎患者，疼痛严重，经正规保守治疗无效，且功能明显受限时可考虑行膝关节置换术。手术禁忌证包

括：全身或局部的任何活动性感染；关节主要运动肌瘫痪或破坏等。目前关于保留前后交叉韧带的膝关节置换的适应证及禁忌证并没有统一的标准及相关研究或者共识：（1）年龄方面：尽管认为BCR假体适用于年轻和活动量大的患者，但回顾文献显示BCR假体的适用年龄范围很广，只有极少数研究将患者年龄限制在60岁以内；（2）体重方面：据报道体重指数可能跟关节置换术后的假体生存以及并发症有关^[28]。然而Lutzner^[29]报道并未发现体重指数跟临床效果和假体生存时间有直接的关系。但是仍不推荐将过度肥胖患者作为手术目标人群；（3）膝关节内外翻畸形方面：在关于膝关节畸形的相对禁忌报道中，多数人认为膝关节内外翻 $<10^\circ$ 是可以接受的标准。然而Baumann^[30]和Pritchett^[31, 32]分别提到膝关节内翻 10° 和 15° 和外翻 10° 和 20° 的严格限制。Cloutier^[12]报道有高达 20° 的外翻畸形以及高达 30° 的内翻畸形患者接受BCR假体，但术后10年的随访结果良好；（4）膝关节屈曲挛缩畸形方面：关于屈曲挛缩畸形，大家认为是一个相对禁忌证，比较公认的是轻度屈曲挛缩畸形适合采用BCR假体，但是并没有文献具体的对屈曲挛缩畸形的程度作出要求。Christensen^[25]将BCR假体适应证限制为“轻微”屈曲挛缩，但是Lavoie^[33]和Pritchett^[34]对于屈曲挛缩的限制很少。Cloutier^[13]对于屈曲挛缩畸形没有明确限制。然而并没有关于这些病例系统的回顾研究。DeFaoite^[35]在2020年的一项调查研究中指出：大多数医师认为BCR假体的相对禁忌为：膝关节感染的，年龄过大（ >80 岁）的，体重过大（ $BMI >34.9 \text{ kg/m}^2$ ）的，膝关节内外翻畸形超过 10° 的，以及屈曲挛缩畸形超过 10° 的。

4 BCR假体的临床效果

Cracchiolo^[36]在1979年报道了保留前后交叉韧带的膝关节置换的中期随访效果，包括119例多中心型膝关节以及92例几何型膝关节，在平均3.5年的随访中失败率分别为11%和16%，尽管失败率低于最佳，但都获得了良好的临床效果。Cloutier等^[11]报道了第一代BCR假体的良好临床效果，假体的10年及22年生存率分别达到了95%以及82%，但是有38%的患者存在膝关节活动度受限以及疼痛等问题。1985年Townly^[10]在一项基于膝关节疼痛缓解、活动度以及活动水平的11年长期随访研究中报道有89%的优良率，优良的标准是患者膝关节活动度 $>90^\circ$ ，疼

痛及活动受限轻微或者没有。1990年Buechel等^[37]在一项长期随访中，报道低接触应力、可移动平台膝关节假体的6、12年的总生存率分别为100%、90.9%。相比之下，后交叉韧带保留假体的6年生存率为97.9%，旋转平台假体的10年生存率为97.5%。在1996年和2011年Pritchett^[31, 38]分别做了2次对照研究，患者分两期分别接受BCR假体和CR假体的膝关节置换，发现70%的患者觉得使用BCR假体侧感觉更好。2011他们报道评估440例接受膝关节置换的患者，每侧使用不同的假体，包括BCR假体、PS假体、CR假体、MP假体（内轴膝关节）4种，在平均6.8年的随访中，不同类型的膝关节假体在平均疼痛评分、活动范围、膝关节评分或功能评分方面没有显著差异，但患者更倾向于选择BCR假体；BCR假体与CR假体相比，73.6%的人选择BCR假体；BCR假体与PS假体相比，89.1%选择BCR假体，BCR假体与MP假体相比无差异。Alnachoukati等^[39]在2018年报道的关于146例Vanguard XP BCR假体的随访中，94%的患者感觉可以或者很满意，只有6%的患者感觉不满意或者非常不满意。146例中，有2例（1.4%）翻修，1例（0.7%）再次手术。

5 总结与展望

随着接受膝关节置换患者的年轻化，对膝关节的运动能力要求也越来越高。使用前交叉韧带牺牲型假体会影响膝关节步态及自然运动力学的问题逐渐显现。保留前后交叉韧带的假体设计能使患者在高活动水平下最大程度模拟或者保留自然膝关节的运动力学。以往由于对假体设计和胫骨假体固定的担忧，以及潜在的手术技术的困难，保留前后交叉韧带的膝关节置换术在一段时间内有所停滞。最近随着越来越多的关于BCR假体的优良临床结果报道，使得保留前后交叉韧带的膝关节置换术再次引起人们的关注。虽然不确定BCR假体未来能否成为膝关节置换的常规假体，但是BCR假体能更加接近或者模拟膝关节自然运动力学的特点使得其再次成为研究热点^[40]。随着对全膝关节置换术以及数字骨科的不断研究，计算机导航全膝关节置换术逐渐应用于临床中。相信在计算机导航下未来能实现更精确地截骨以平衡韧带张力，重建膝关节线，使得BCR假体成为未来膝关节置换中的一个重要选择。

参考文献

- [1] Liddle AD, Pegg EC, Pandit H. Knee replacement for osteoarthritis [J]. *Maturitas*, 2013, 75 (2) : 131-136.
- [2] Skinner HB. Pathokinesiology and total joint arthroplasty [J]. *Clin Orthop*, 1993, 288 (288) : 78-86.
- [3] Robertsson O, Dunbar M, Pehrsson T, et al. Patient satisfaction after knee arthroplasty: a report on 27, 372 knees operated on between 1981 and 1995 in Sweden [J]. *Acta Orthop Scand*, 2000, 71 (3) : 262-267.
- [4] Dunbar MJ, Richardson G, Robertsson O. I can't get no satisfaction after my total knee replacement: rhymes and reasons [J]. *Bone Joint J*, 2013, 95-B (11 Suppl A) : 148-152.
- [5] 杨植栋, 冯宗权, 陈坚锋, 等. 保留后交叉韧带与否在全膝关节置换术中的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (9) : 826-829.
- [6] 王旭, 顾湘杰. 前交叉韧带本体感觉与膝关节功能 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2002, 9 (4) : 398-400.
- [7] Cherian JJ, Kapadia BH, Banerjee S, et al. Bicruciate-retaining total knee arthroplasty: a review [J]. *J Knee Surg*, 2014, 27 (3) : 199-205.
- [8] Komistek RD, Allain J, Anderson DT, et al. In vivo kinematics for subjects with and without an anterior cruciate ligament [J]. *Clin Orthop*, 2002, 404 (404) : 315-325.
- [9] Gunston FH. Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic simulation of normal knee movement [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1971, 53 (2) : 272-277.
- [10] Townley CO. The anatomic total knee resurfacing arthroplasty [J]. *Clin Orthop*, 1985, 192 (192) : 82-96.
- [11] Cloutier JM. Results of total knee arthroplasty with a non-constrained prosthesis [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65 (7) : 906-919.
- [12] Cloutier JM. Long-term results after nonconstrained total knee arthroplasty [J]. *Clin Orthop*, 1991, 273 (273) : 63-65.
- [13] Cloutier JM, Sabouret P, Deghrar A. Total knee arthroplasty with retention of both cruciate ligaments. A nine to eleven-year follow-up study [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1999, 81 (5) : 697-702.
- [14] Kaneko T, Mochizuki Y, Hada M, et al. Greater postoperative relatively medial loose gap at 90 degrees of flexion for varus knees improves patient-reported outcome measurements in anatomical bicruciate retaining total knee arthroplasty [J]. *Knee*, 2020, 27 (5) : 1645-1659.
- [15] Bull AMJ, Kessler O, Alam M, et al. Changes in knee kinematics reflect the articular geometry after arthroplasty [J]. *Clin Orthop*, 2008, 466 (10) : 2491-2499.
- [16] Puloski SK, Mccalden RW, Macdonald SJ, et al. Tibial post wear in posterior stabilized total knee arthroplasty. An unrecognized source of polyethylene debris [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83 (3) : 390-397.
- [17] Li G, Papannagari R, Most E, et al. Anterior tibial post impingement in a posterior stabilized total knee arthroplasty [J]. *J Orthop Res*, 2005, 23 (3) : 536-541.
- [18] Stiehl JB, Dennis DA, Komistek RD, et al. In vivo kinematic comparison of posterior cruciate ligament retention or sacrifice with a mobile bearing total knee arthroplasty [J]. *Am J Knee Surg*, 2000, 13 (1) : 13-18.
- [19] Stiehl JB, Komistek RD, Cloutier JM, et al. The cruciate ligaments in total knee arthroplasty: a kinematic analysis of 2 total knee arthroplasties [J]. *J Arthroplasty*, 2000, 15 (5) : 545-550.
- [20] Moro-Oka TA, Muenchinger M, Canciani JP, et al. Comparing in vivo kinematics of anterior cruciate-retaining and posterior cruciate-retaining total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, 2007, 15 (1) : 93-99.
- [21] Banks SA, Markovich GD, Hodge WA. In vivo kinematics of cruciate-retaining and -substituting knee arthroplasties [J]. *J Arthroplasty*, 1997, 12 (3) : 297-304.
- [22] Fuchs S, Tibesku CO, Genkinger M, et al. Proprioception with bicruciate-retaining prostheses retaining cruciate ligaments [J]. *Clin Orthop*, 2003, 406 (406) : 148-154.
- [23] Ranawat CS. The bi-cruciate retaining TKA: "a thing of beauty is a joy forever" -AFFIRMS [J]. *Orthop Proceed*, 2015, 97-B (Suppl_1) : 69-75.
- [24] Saxena V, Anari JB, Ruutiainen AT, et al. Tibial component considerations in bicruciate-retaining total knee arthroplasty: a 3D MRI evaluation of proximal tibial anatomy [J]. *Knee*, 2016, 23 (4) : 593-599.
- [25] Christensen JC, Brother SJ, Stoddard GJ, et al. Higher frequency of reoperation with a new bicruciate-retaining total knee arthroplasty [J]. *Clin Orthop*, 2017, 475 (1) : 62-69.
- [26] Jenny JY, Jenny G. Preservation of anterior cruciate ligament in total knee arthroplasty [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1998, 118 (3) : 145-148.
- [27] Bellemans J. Bicruciate-substituting and bicruciate-replacing arthroplasty of the knee: technique and results [J]. *Knee*, 2010, 17 (2) : 487-500.
- [28] McElroy MJ, Pivec R, Issa K, et al. The effects of obesity and morbid obesity on outcomes in TKA [J]. *J Knee Surg*, 2013, 26 (2) : 83-88.
- [29] Lutzner J, Lange T, Schmitt J, et al. The S2k Guideline: indications for knee endoprosthesis: evidence and consent-based indications for total knee arthroplasty [J]. *Der Orthop*, 2018, 47 (9) : 777-781.
- [30] Baumann F, Bahadin O, Krutsch W, et al. Proprioception after bicruciate-retaining total knee arthroplasty is comparable to unicompartmental knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, 2017, 25 (6) : 1697-704.
- [31] Pritchett JW. Anterior cruciate-retaining total knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 1996, 11 (2) : 194-197.
- [32] Pritchett JW. A comparison of the noise generated from different types of knee prostheses [J]. *J Knee Surg*, 2013, 26 (2) : 101-104.
- [33] Lavoie F, Al-Shakfa F, Moore JR, et al. Postoperative stiffening after bicruciate-retaining total knee arthroplasty [J]. *J Knee Surg*, 2018, 31 (5) : 453-458.
- [34] Pritchett JW. Patient preferences in knee prostheses [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86 (7) : 979-982.

- [13] Sonenblum SE, Sprigle SH, Cathcart JM, et al. 3D anatomy and deformation of the seated buttocks [J]. *J Tissue Viability*, 2015, 24 (2): 51-61.
- [14] 董瑶, 宋玲, 刘均娥. 心血管手术患者术中压力性损伤的研究进展 [J]. *护理学杂志*, 2019, 34 (24): 15-18.
- [15] 从金霞. 术中改良体位护理对长时间侧卧位患者压疮形成的影响 [J]. *实用临床医药杂志*, 2017, 21 (10): 91-93, 100.
- [16] 刘江辉, 王维平, 王科科, 等. 两种间歇性压力对兔后肢压力性溃疡形成的影响 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2009, 23 (8): 959-963.
- [17] 陈丽娟, 孟美芬, 程雨虹, 等. 不同侧卧位角度对压力性损伤预防效果的系统评价 [J]. *当代护士 (下旬刊)*, 2021, 28 (5): 7-11.
- [18] Welch-Phillips A, Gibbons D, Ahern DP, et al. What is finite element analysis [J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33 (8): 323-324.
- [19] 任鹏鹏, 张启栋. 膝活动平台内侧单髁置换术后生物力学的研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (4): 329-332.
- [20] 郑利钦, 林梓凌, 何祥鑫, 等. 有限元法分析不同侧方跌倒角度下股骨颈骨折裂纹扩展的断裂力学特征 [J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23 (8): 1203-1207.
- [21] 苏少亭, 周红海, 梁栋, 等. 腰椎关节突关节的生物力学研究进展 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27 (5): 474-479.
- [22] Elsner JJ, Gefen A. Is obesity a risk factor for deep tissue injury in patients with spinal cord injury [J]. *J Biomech*, 2008, 41 (16): 3322-3331.
- [23] Salcido R, Lee A, Ahn C. Heel pressure ulcers: purple heel and deep tissue injury [J]. *Adv Skin Wound Care*, 2011, 24 (8): 374-380.
- [24] Sari Y, Minematsu T, Huang L, et al. Establishment of a novel rat model for deep tissue injury deterioration [J]. *Int Wound J*, 2015, 12 (2): 202 - 209.
- [25] 李简玲, 邓敏娉, 卢婉娴. 两种不同角度侧卧在 ICU 斜坡卧位患者中的应用及效果评价 [J]. *当代医学*, 2017, 23 (19): 190-191.

(收稿: 2023-01-18 修回: 2023-02-08)

(同行评议专家: 王 磊 崔丙军 孙海涛)

(本文编辑: 宁 桦)

(上接 532 页)

- [35] De Faoite D, Ries C, Foster M, et al. Indications for bi-cruciate retaining total knee replacement: An international survey of 346 knee surgeons [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (6): e0234616.
- [36] Cracchiolo A 3rd, Benson M, Finerman GA, et al. A prospective comparative clinical analysis of the first-generation knee replacements: polycentric vs. geometric knee arthroplasty [J]. *Clin Orthop*, 1979, 145 (145): 37-46.
- [37] Buechel FF, Pappas MJ. Long-term survivorship analysis of cruciate-sparing versus cruciate-sacrificing knee prostheses using meniscal bearings [J]. *Clin Orthop*, 1990, 260 (260): 162-169.
- [38] Pritchett JW. Patients prefer a bicruciate-retaining or the medial pivot total knee prosthesis [J]. *J Arthroplasty*, 2011, 26 (2): 224-228.
- [39] Alnachoukati OK, Emerson RH, Diaz E, et al. Modern day bicruciate-retaining total knee arthroplasty: a short-term review of 146 knees [J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33 (8): 2485-2490.
- [40] Tsai TY, Liow MHL, Li G, et al. Bi-cruciate retaining total knee arthroplasty does not restore native tibiofemoral articular contact kinematics during gait [J]. *J Orthop Res*, 2019, 37 (9): 1929-1937.

(收稿: 2021-09-04 修回: 2022-06-29)

(同行评议专家: 张喜善 段德宇)

(本文编辑: 宁 桦)