

· 综述 ·

## 胫骨高位截骨术研究进展

周羿辰, 孙长英\*

(长治医学院附属和平医院骨科, 长治 046000)

**【摘要】** 胫骨高位截骨术(HTO)是治疗膝关节骨关节炎有效的手术方式之一,它主要通过改变下肢力线,将应力转移至外侧间室,从而降低内侧间室压力,缓解膝关节疼痛不适,保留膝关节原有结构,临床疗效肯定。本文综述了 HTO 手术适应证、禁忌证、矫形机制、手术技术、固定方式以及术后康复和生存率的研究进展。

**【关键词】** 骨关节炎;膝内翻;膝关节;截骨术

**【中图分类号】** R687.4

**【文献标志码】** A

**【DOI】** 10.11915/j.issn.1671-5403.2019.05.081

## Research progress in high tibial osteotomy

ZHOU Yi-Chen, SUN Chang-Ying\*

(Department of Orthopaedics, Heping Hospital Affiliated to Changzhi Medical College, Changzhi 046000, China)

**【Abstract】** High tibial osteotomy (HTO) is one of the effective surgical options for knee osteoarthritis. It mainly transfers stress to the lateral compartment by changing the force line of the lower limbs, thus reducing the pressure of the medial compartment, alleviating pain and discomfort of the knee joint, and retaining the original structure of the knee joint. Its clinical efficacy is ascertained. This article reviewed the research progress of HTO in the respects of indications, contraindications, orthopedic mechanism, surgical techniques, fixation methods, post-operative rehabilitation, and survival rate.

**【Key words】** osteoarthritis; genu varum; knee joint; osteotomy

*Corresponding author: SUN Chang-Ying, E-mail: sunchangyingxy@163.com*

胫骨高位截骨术(high tibial osteotomy, HTO)由 Coventry<sup>[1]</sup>开始推广,发展至今已有 50 多年历史。它主要将下肢力线轴转移至外侧间室,从而减轻内侧间室负荷,延缓膝关节使用寿命<sup>[2,3]</sup>。研究表明下肢力线纠正后关节腔内也可出现再生现象,包括关节软骨再生<sup>[4]</sup>。我国膝关节骨关节炎患者病变多以内侧间室为主<sup>[5]</sup>,常用治疗方式包括口服及关节腔注射药物、关节镜清理术、软骨移植术、髌骨切除术、腓骨截骨术(fibula osteotomy, FO)、HTO、单髁置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)、全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)和关节融合术<sup>[6]</sup>。Spahn 等<sup>[7]</sup>的 Meta 分析结果表明,HTO 相比 UKA,其术后 12 年生存率差异无统计学意义。而 Nwachukwu 等<sup>[8]</sup>的研究结果表明 HTO 的临床疗效等同 UKA,但患者术后膝关节活动度较 UKA 术后大,年轻及轻度膝关节内侧间室骨关节炎患者可首选 HTO,因为它不仅保留膝关节的本体感

觉,而且能达到术后膝关节活动最大化。FO 的原理为骨质疏松致胫骨平台内外侧受力不均,表现为膝关节力线改变及膝内翻畸形,通过截断腓骨改善力线,可缓解关节炎引起的膝关节疼痛<sup>[9]</sup>。相比 HTO,FO 虽创伤少、恢复快、无需植入人工假体,但其远期临床疗效有待探讨。本文主要综述 HTO 手术适应证、矫形机制、手术技术、固定方式、术后康复及生存率等方面的研究进展。

### 1 HTO 手术患者的选择

随着学者对 HTO 的不断认识,其手术适应证和禁忌证也在不断变化<sup>[10]</sup>。手术适应证包括以下方面。(1)下肢全长负重位 X 线示:膝关节内翻畸形 $>5^\circ$ ,同时伴膝关节骨关节炎症状<sup>[11,12]</sup>;(2)骨关节炎发生在内侧间室,外侧间室完好,保守治疗 $>6$ 个月无效;(3)膝关节内翻角度 $<20^\circ$ ,关节活动度 $>90^\circ$ ,屈曲挛缩 $<20^\circ$ ;(4)可耐受手术且术后

4~6周可行患肢功能锻炼(非负重情况下)。

手术禁忌证包括:(1)多间室病变;(2)患类风湿及炎症性关节炎;(3)关节炎分级较高;(4)内翻畸形角度 $>20^{\circ}$ ,关节活动度 $<90^{\circ}$ ,屈曲挛缩 $>20^{\circ}$ ;(5)膝关节周围韧带稳定性差;(6)下肢肌力不正常。临床实践提示HTO适用年龄为男性 $<65$ 岁,女性 $<55$ 岁。但也有学者认为HTO适用患者的年龄仍不明确<sup>[13]</sup>,因此应个体化分析。吸烟、长期饮酒、肥胖、高龄、骨质疏松、感染、糖尿病等因素被认为会增加截骨后骨不愈合发生<sup>[14,15]</sup>。Miller等<sup>[16]</sup>的研究表明体质量指数与截骨延迟愈合有较高相关性。尽管内侧间室软骨破坏严重及外侧间室软骨轻度破坏是手术禁忌证,但Niemeyer等<sup>[12]</sup>认为内侧间室软骨缺损程度并不影响手术效果。Aryee等<sup>[17]</sup>建议对有影响截骨愈合高危因素的患者应植骨。

## 2 矫形机制

股骨和胫骨解剖轴与骨干中线一致,股骨的机械轴自股骨头中心至膝关节中心,胫骨的机械轴与解剖轴基本一致。胫骨与股骨干解剖轴成角 $5^{\circ}\sim 7^{\circ}$ ,机械轴成角 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ,下肢力线通过胫骨平台外侧30%~40%<sup>[18,19]</sup>。当下肢力线 $>$ 正常值 $10^{\circ}$ 时,便会出现单间室膝关节骨关节炎症状<sup>[20]</sup>。因此HTO成功的关键是调整下肢轴线,Fujisawa等<sup>[19]</sup>发现通过手术将下肢力线调整至外侧间室30%~40%处,术后临床效果较满意,但最佳位置为下肢力线调整至外侧平台62%处,此处被命名为Fujisawa点。胫骨和股骨解剖轴矫正至外翻 $6^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 可取得较好的临床效果。过度矫正或矫正不足都会导致膝关节骨关节炎复发,因此术前对角度精准设计至关重要。

## 3 手术技术

HTO术式分为内侧开放楔形截骨术(open-wedge high tibial osteotomy, OWHTO)与外侧闭合楔形截骨术(close-wedge high tibial osteotomy, CWHTO),两种术式各有优缺点。这两种术式经过不断发展,技术逐渐多样化,包括3D打印截骨切模辅助HTO,关节镜联合HTO,双平面截骨,腓骨截骨联合HTO,计算机导航辅助下HTO等。研究表明,根据患者胫骨三维CT图像设计出导板,在3D打印导板辅助下截骨更精确,临床效果更明显<sup>[21]</sup>。HTO术前通过膝关节镜检查关节软骨破坏情况并进行一定的清理,术后临床效果好<sup>[22]</sup>。但也有学者认为关节镜下判断关节炎等级及软骨破坏情况,往往会低估其破坏程度。

早期CWHTO为保膝治疗的最佳方式。它是经胫骨外侧楔形截骨、截骨面闭合来纠正下肢力线。优点为:(1)截骨后骨面接触和稳定性好,角度不易丢失;(2)截骨后无需植骨;(3)愈合速度快,允许患者术后早期下地负重;(4)对胫骨后倾角影响较小,术后髌骨低位发生率低。缺点:(1)可矫正的膝内翻角度有限且不易控制,可能需多次截骨矫形;手术操作难度较大,截骨角度难以控制;(2)腓总神经损伤风险极高;(3)为完成手术对外侧组织破坏较多;(4)存在骨量丢失,下肢长度变短。由于CWHTO的缺点较多,OWHTO则成为临床应用最广泛、研究最多的一种矫形方式。它的优点包括:(1)一次截骨就可以随意调整截骨角度;(2)神经、血管及外侧胫腓关节损伤风险较小;(3)对下肢长度无影响,术后对关节置换影响较小;(4)手术技术难度相对较低。缺点:(1)可能需要植骨;(2)容易导致后倾角增大,引起术后髌骨低位;(3)术后下地负重时间较晚,不利于关节功能恢复;(4)术后矫正角度容易丢失。

根据截骨平面不同,截骨术又可分为结节上截骨和结节下截骨。结节上截骨面位置较高,截骨面为松质骨,血供丰富,术后相对于结节下更利于骨折愈合。但此种术式可能会导致髌骨低位<sup>[23]</sup>,胫骨结节向远端移位及髌韧带表面受损后可形成瘢痕收缩,进一步发展还会引起膝关节前方疼痛、膝关节活动受限和髌股关节炎等,这都会增加需行TKA患者的手术难度<sup>[24]</sup>。由于以上缺陷,术者逐渐开始尝试经胫骨结节下截骨,这样既可避免胫骨干骺端损伤,又能使胫骨结节仍然连在近端胫骨上,截骨后不会改变髌骨位置,髌骨高度也不会发生明显变化<sup>[25]</sup>。Sen等<sup>[26]</sup>对胫骨结节上和结节下截骨疗效的对比研究表明结节下截骨临床疗效令人满意。对于内侧间室骨关节炎和内翻膝,胫骨结节下截骨比胫骨结节上截骨更好,并且对于将来行TKA影响更小<sup>[27]</sup>。

## 4 内固定方法

HTO手术成功的另一关键因素是坚强的内固定。内固定种类多样,其中Puddu钢板和Aescula钢板体型小,需破坏的软组织较少,但韧性较差,易造成骨折延迟愈合和不愈合,固定失败则导致胫骨后倾角增大,患者下地负重时间延长<sup>[28,29]</sup>。而内固定钢板Tomofix是在加压锁定钢板基础上发展起来的,不仅能维持稳定,而且有很好的韧性,运用该钢板可保证患者术后早期负重。它是T型结构,近端4孔是3个横向锁定孔和1个结合孔,远端4孔是

纵向锁定孔。近端孔内的横向锁定螺钉不进入外侧间室关节间隙,而是偏向外侧以支撑外侧颌。

刘培来等<sup>[30]</sup>认为 OWHTO 术后是否需要植骨取决于内侧撑开角度的大小。Aryee 等<sup>[17]</sup>认为截骨后撑开高度>10 mm 时需植骨。但 Zorzi 等<sup>[31]</sup>研究发现 OWHTO 是否植骨不影响术后临床效果。因为植骨同样存在一定风险,异体骨植入可能发生排异反应及感染,自体骨移植则会导致取骨处损伤及长期疼痛。因此,术中矫形后是否需要植骨,要根据撑开角度、患者体质量及是否存在高危因素来决定。

### 5 术后康复和生存率

影响 HTO 术后生存率的因素包括:(1)患者的适当选择;(2)手术技术的精准把握;(3)可靠的内固定。明确手术适应证、熟练掌握 HTO 手术技术及选择最佳内固定材料前提下,可以保证生存率>80%。HTO 失败患者可改行 TKA。文献研究表明 HTO 术后行 TKA 与直接行 TKA 相比,手术难度增加,但术后临床效果无明显差别。也有学者认为 HTO 是争取时间的手术,它推迟了行 TKA 的时间,TKA 才是患者最终的结局。患者 HTO 术后应常规抗凝、消肿、镇痛。术后第一天开始功能锻炼,膝关节自由屈伸活动,同时借助助步器下地活动,患肢负重 15~20 kg,后逐渐增加负重量,两周后可完全负重。Luites 等<sup>[32]</sup>的研究表明运用 Tomofix 固定时,CWHTO 和 OWHTO 术后患者负重量无明显差别。

综上所述,随着内固定材料不断更新、手术适应证和手术技术的不断成熟,HTO 术不断发展,它不仅可有效缓解患者膝关节骨关节炎,还能保留患者膝关节及本体感觉,未来应用将更广泛。

#### 【参考文献】

[1] Coventry MB. Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee[J]. J Bone Joint Surg Am, 2001, 83(9): 1426.

[2] Coventry MB. Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1973, 55(1): 23-48.

[3] Akamatsu Y, Koshino T, Saito T, et al. Changes in osteosclerosis of the osteoarthritic knee after high tibial osteotomy[J]. Clin Orthop Relat Res, 1997, 334(334): 207-214. DOI: 10.1097/000 03086-199701000-00027.

[4] Jung WH, Takeuchi R, Chun CW, et al. Second-look arthroscopic assessment of cartilage regeneration after medial open-wedge high tibial osteotomy[J]. Arthroscopy, 2014, 30(1): 72-79. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.10.008.

[5] 陈伟, 陈百成, 王飞, 等. 应用不同方法治疗膝关节骨性关节炎的对比研究[J]. 河北医科大学学报, 2015, 36(5): 600-

602. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2015.05.036.

Chen W, Chen BC, Wang F, et al. Comparative study of different treatment methods of knee osteoarthritis[J]. J Hebei Med Univ, 2015, 36(5): 600-602. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2015.05.036.

[6] 董晨, 苏云星. 膝关节骨关节炎的手术治疗[J]. 中国药物与临床, 2017, 17(3): 368-370.

Dong C, Su YX. Surgical treatment of knee osteoarthritis[J]. Chin Rem Clin, 2017, 17(3): 368-370.

[7] Spahn G, Hofmann GO, von Engelhardt LV, et al. The impact of a high tibial valgus osteotomy and unicondylar medial arthroplasty on the treatment for knee osteoarthritis: a meta-analysis[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(1): 96-112. DOI: 10.1007/s00167-011-1751-2.

[8] Nwachukwu BU, McCormick FM, Schairer WW, et al. Unicompartamental knee arthroplasty versus high tibial osteotomy: united states practice patterns for the surgical treatment of unicompartmental arthritis[J]. J Arthroplasty, 2014, 29(8): 1586-1589. DOI: 10.1016/j.arth.2014.04.002.

[9] 张英泽, 李存祥, 李冀东, 等. 不均匀沉降在膝关节退变及内翻过程中机制的研究[J]. 河北医科大学学报, 2014, 35(2): 218-219. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2014.02.037.

Zhang YZ, Li CX, Li JD, et al. Study on the mechanism of uneven settlement in knee joint degeneration and varus[J]. J Hebei Med Univ, 2014, 35(2): 218-219. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2014.02.037.

[10] Amendola A, Bonasia DE. Results of high tibial osteotomy: review of the literature[J]. Int Orthop, 2010, 34(2): 155-160. DOI: 10.1007/s00264-009-0889-8.

[11] Bonnin M, Chambat P. Current status of valgus angle, tibial head closing wedge osteotomy in media gonarthrosis[J]. Orthopade, 2004, 33(2): 135-142. DOI: 10.1007/S00132-003-0586-Z.

[12] Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, et al. Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthrosis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings[J]. Arthroscopy, 2010, 26(12): 1607-1616. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.05.006.

[13] Billings A, Scott DF, Camargo MP, et al. High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion: long-term follow-up[J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82(1): 70-79.

[14] Runkel M, Rommens PM. Pseudoarthrosis[J]. Unfallchirurg, 2000, 103(1): 51-63.

[15] Rodriguez-Merchan EC, Forriol F. Nonunion: general principles and experimental data[J]. Clin Orthop Relat Res, 2004, 419: 4-12.

[16] Miller BS, Downie B, McDonough EB, et al. Complications after medial open-wedge high tibial osteotomy[J]. Arthroscopy, 2009, 25(6): 639-646. DOI: 10.1016/j.arthro.2008.12.020.

[17] Aryee S, Imhoff AB, Rose T, et al. Do we need synthetic osteotomy

- augmentation materials for open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Biomaterials*, 2008, 29(26): 3497-3502. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2008.05.027.
- [18] Tetsworth K, Paley D. Malalignment and degenerative arthropathy [J]. *Orthop Clin North Am*, 1994, 25(3): 367-377.
- [19] Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee; an arthroscopic study of 54 knee joints [J]. *Orthop Clin North Am*, 1979, 10(3): 585-608.
- [20] Iorio R, Healy WL. Unicompartmental arthritis of the knee [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2003, 85(7): 1351-1364.
- [21] 时剑辉, 吕伟, 王岩, 等. 3D打印截骨切模辅助胫骨高位截骨术治疗伴有骨关节炎的膝内翻畸形 [J]. *中国卫生标准管理*, 2018, 9(2): 56-57. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9316.2018.02.029.
- Shi JH, Lyu W, Wang Y, *et al.* The high tibial osteotomy aided by three-dimensional (3D) printing cutting block for correction of genu varum with osteoarthritis [J]. *Chin Health Stand Manage*, 2018, 9(2): 56-57. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9316.2018.02.029.
- [22] Müller M, Strecker W. Arthroscopy prior to osteotomy around the knee [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2008, 128(11): 1217-1221. DOI: 10.1007/s00402-007-0398-4.
- [23] Adili A, Bhandari M, Giffin R, *et al.* Valgus high tibial osteotomy. Comparison between an Ilizarov and a Coventry wedge technique for the treatment of medial compartment osteoarthritis of the knee [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2002, 10(3): 169-176. DOI: 10.1007/s00167-001-0250-2.
- [24] 刘娜, 王丙刚. 胫骨结节上与结节下截骨治疗膝单间室骨关节炎对比 [J]. *实用骨科杂志*, 2015, 21(11): 983-987. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2015.11.007.
- Liu N, Wang BG. Treatment of early unicompartmental knee osteoarthritis with varus by high tibial osteotomy: comparison between results of high tibial osteotomy above and below tibial tubercle [J]. *J Pract Orthop*, 2015, 21(11): 983-987. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2015.11.007.
- [25] Lee DC, Byun SJ. High tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Relat Res*, 2012, 24(2): 61-69. DOI: 10.5792/ksrr.2012.24.2.61.
- [26] Sen C, Kocaoglu M, Eralp L. The advantages of circular external fixation used in high tibial osteotomy (average 6 years follow-up) [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2003, 11(3): 139-144. DOI: 10.1007/s00167-003-0344-0.
- [27] Dugdale TW, Noyes F, Styer D. Preoperative planning for high tibial osteotomy: the effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1992, 274(274): 248-264. DOI: 10.1097/00003086-199201000-00025.
- [28] Asada S, Akagi M, Mori S, *et al.* Increase in posterior tibial slope would result in correction loss in frontal plane after medial open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20(3): 571-578. DOI: 10.1007/s00167-011-1610-1.
- [29] Schröter S, Gonser CE, Konstantinidis L, *et al.* High complication rate after biplanar open-wedge high tibial osteotomy stabilized with a new spacer plate (Position HTO plate) without bone substitute [J]. *Arthroscopy*, 2011, 27(5): 644-652. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.01.008.
- [30] 刘培来, 卢群山. 植骨在胫骨高位截骨术中的应用 [J]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2016, 10(5): 530-534. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2016.05.011.
- Liu PL, Lu QS. Application of bone grafting in high tibial osteotomy [J]. *Chin J Joint Surg (Electron Ed)*, 2016, 10(5): 530-534. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2016.05.011.
- [31] Zorzi AR, da Silva HG, Muszkat C, *et al.* Opening-wedge high tibial osteotomy with and without bone graft [J]. *Artif Organs*, 2011, 35(3): 301-307. DOI: 10.1111/j.1525-1594.2010.01058.x.
- [32] Luites JW, Brinkman JM, Wymenga AB, *et al.* Fixation stability of open- versus close-wedge high tibial osteotomy: a randomised clinical trial using radiostereometry [M]. *J Bone Joint Surg Br*, 2009, 91(11): 1459-1465. DOI: 10.1302/0301-620X.91B11.22614.

(编辑: 王彩霞)