

[26] Gardner MJ, Yacoubian S, Geller D, et al. The incidence of soft tissue injury in operative tibial plateau fractures: a magnetic resonance imaging analysis of 103 patients [J]. *J Orthop Trauma*, 2005, 19(2): 79-84.

[27] Ollivier M, Turati M, Munier M, et al. Balloon tibioplasty for reduction of depressed tibial plateau fractures: Preliminary radiographic and clinical results [J]. *International Orthopaedics (SICOT)*, 2016, 40(9): 1961-1966.

[28] Cuzzocrea F, Jannelli E, Ivone A, et al. Arthroscopic-Guided Balloon Tibioplasty in Schatzker III Tibial Plateau Fracture [J]. *Joints*, 2019, 6(4): 220-227.

[29] 曾广轩, 朱道信, 周建国. 关节镜辅助下球囊成形术在胫骨平台骨折的临床应用研究 [J]. *中国医学创新*, 2014, 11(5): 14-16.

[30] 谢秉局, 刘敏, 王伟良, 等. Schatzker II、III型胫骨平台骨折患者球囊复位成形术治疗的疗效分析 [J]. *浙江创伤外科*, 2018, 23(4): 797-799.

[31] 单贤贞, 周友龙, 王银海, 等. 关节镜辅助下球囊成形术在胫骨平台骨折患者中的应用效果及对肢体功能的影响研究 [J]. *中国内镜杂志*, 2018, 24(5): 58-62.

[32] Belaida D, Vendeuvre T, Bouchoucha A, et al. Utility of cement injection to stabilize split-depression tibial plateau fracture by minimally invasive methods: A finite element analysis [J]. *Clinical Biomechanics*, 2018(56): 27-35.

收稿日期: 2020-02-04

作者简介: 王栋(1981—), 男, 主治医师, 天津市第一中心医院骨科, 300192。

## 距下关节对下肢畸形的代偿作用

教由, 吕松岑\*

(哈尔滨医科大学附属第二医院骨科, 黑龙江 哈尔滨 150000)

文章编号: 1008-5572(2020)08-0720-03

中图分类号: R687.4

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文献标识码: A



全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)后假体生存率与下肢力线的精准重建密切相关, 正确评价下肢力线对下肢畸形的矫形手术是非常重要的。许多研究只评估冠状面髌-膝-踝中心轴对线, 由于距下关节(subtalar joint, STJ)也承担肢体的重量, 为了更好的测量下肢力线, 除了评估髌-膝-踝中心轴对线外, 也有必要评估 STJ 的对线<sup>[1-3]</sup>。STJ 是距骨与跟骨间的关节, 由距骨下面与跟骨上面的关节面构成, STJ 能够承受并传导人体重量且协调下肢关节运动, 是后足生物力学的中心和足部稳定的重要枢轴结构<sup>[4]</sup>。最近的很多研究着重讨论了 STJ 的代偿功能<sup>[5-7]</sup>, 结果显示 STJ 可有效代偿膝关节和踝关节的畸形<sup>[8-12]</sup>。当膝关节或踝关节畸形接受矫形手术治疗时, 了解 STJ 代偿的机制及手术后 STJ 对线的变化有助于手术计划的制定。在这篇综述中, 我们主要讨论了 STJ 在下肢畸形中的代偿作用。

### 1 STJ 对膝关节畸形的代偿作用

1.1 STJ 对膝关节骨关节炎所致畸形的代偿作用 Norton 等<sup>[9]</sup>发现, STJ 对线与膝关节畸形之间存在显著相关性(相关系数为-0.413,  $P < 0.01$ ), 而且这种相关性在内翻或者外翻  $\geq 10^\circ$  的较严重膝关节畸形中更明显(相关系数为-0.536,

$P < 0.01$ )。在膝内翻骨关节炎患者中, STJ 对线为代偿性外翻, 膝内翻角度每增加  $1^\circ$ , STJ 外翻增加  $0.49^\circ$  ( $P < 0.0001$ )。在膝外翻骨关节炎患者中, STJ 对线为代偿性内翻, 膝外翻角度每增加  $1^\circ$ , STJ 内翻增加  $0.43^\circ$  ( $P = 0.0012$ )。Gao 等<sup>[13]</sup>的研究也发现了, 膝关节外翻畸形或内翻畸形会导致踝关节发生倾斜, 继而影响后足的力线。一些研究支持这种 STJ 在膝内翻骨关节炎患者中的代偿作用<sup>[14-15]</sup>。

然而, 在 Mullaji 等<sup>[14]</sup>的报告中并未发现 STJ 对膝外翻骨关节炎有任何代偿作用。有关 STJ 的代偿作用在外翻膝关节炎畸形中的研究较少, 因此 STJ 在外翻膝关节炎畸形中是否有代偿作用仍存在争议。

### 1.2 STJ 对膝关节类风湿性关节炎所致畸形的代偿作用

Nakada 等<sup>[16]</sup>研究了在类风湿性关节炎(rheumatoid arthritis, RA)患者中 STJ 的代偿作用。在 Larsen  $\geq 4$  级的患者中股骨胫骨角(femorotibial angel, FTA)与胫骨跟骨角(tibio-calcaneal angel, TCA)呈中度相关( $r = 0.544, P = 0.0239$ ), 而在 Larsen  $\leq 3$  级, 即 STJ 损伤轻的患者中 FTA 与 TCA 的关系呈显著相关( $r = 0.705, P = 0.0049$ )。同样的结论在 Nishitani 等<sup>[17]</sup>的研究中也得到了证实, 在距骨损伤轻的 RA 患者

\* 本文通讯作者: 吕松岑

教由, 吕松岑. 距下关节对下肢畸形的代偿作用 [J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(8): 720-722.

中观察到了后足对膝关节畸形的代偿作用,而在距骨严重损伤的RA患者中未观察到后足对膝关节畸形的代偿作用。到目前为止,仅有少数文献报道了STJ对类风湿性关节炎所致膝关节畸形的代偿作用。STJ若没有受到严重破坏,可同时代偿RA患者的内翻畸形和外翻畸形。然而,被破坏的STJ不能代偿膝关节畸形,会产生与膝内翻或外翻畸形同步的内翻或外翻畸形。

## 2 STJ对膝关节畸形矫正术后的代偿作用

有实验发现膝关节内翻畸形矫正术后,不仅踝关节和后足的对线发生明显的代偿性改变,而且STJ也同时发生明显的代偿性变化<sup>[5,15,18]</sup>。2004年,Chandler等<sup>[8]</sup>首先描述了膝关节畸形接受全膝关节置换术后,STJ对线内翻或外翻角度发生改变,这显示了STJ对膝关节畸形矫正术后有代偿作用。然而,他们并没有清楚地解释它们之间的相互关系。

此后,有报告发现STJ代偿性的外翻在内翻膝关节接受全膝关节置换术后得到改善<sup>[5-6,14-15,19-20]</sup>。Takenaka等<sup>[19-20]</sup>用内翻外翻角(varus-valgus angle,VVA)评估STJ对线,VVA平均值为 $76.0^{\circ}$ <sup>[21]</sup>,在STJ外翻( $VVA \geq 76.0^{\circ}$ )接受TKA患者中VVA有明显的改善,术后3周由 $(80.5 \pm 3.1)^{\circ}$ 改善到 $(78.6 \pm 3.7)^{\circ}$ ,术后1年改善为 $(77.1 \pm 2.7)^{\circ}$ 。然而,在STJ内翻( $VVA < 76.0^{\circ}$ )接受TKA的患者中,术前、术后3周和术后1年VVA无明显改变,分别为 $(72.7 \pm 2.6)^{\circ}$ 、 $(72.3 \pm 3.3)^{\circ}$ 和 $(73.5 \pm 3.0)^{\circ}$ 。术前STJ内翻可能提示其已经失去了代偿能力,最终导致STJ僵直性的内翻,因此STJ在全膝关节置换术后仍保持内翻。Cho等<sup>[15]</sup>的另一份报告中提到,内翻 $\geq 10^{\circ}$ 的严重膝关节畸形患者术后后足外翻得到更明显改善,内翻角度由 $(13.9 \pm 3.7)^{\circ}$ 改善为 $(2.6 \pm 3.5)^{\circ}$ ,可使后足外翻角度由 $(6.5 \pm 3.8)^{\circ}$ 明显的改善为 $(2.5 \pm 4.1)^{\circ}$ 。Jeong等<sup>[5]</sup>也观察到类似的结果,术后机械轴角度(股骨头中心到胫骨髁间嵴的直线与胫骨髁间嵴到距骨顶的直线夹角)的变化与GD(地面与距骨顶切线形成的角度)、HA(胫骨轴线与跟骨轴线形成的角度)、HD(跟骨与地面接触点与胫骨轴的延长线间距离)变化的相关系数分别为0.7,-0.348和-0.418。Okamoto等<sup>[6]</sup>除了关注STJ对线外还关注于美国足踝外科协会(American orthopaedic foot and ankle society,AOFAS)踝-后足评分,他们评估了负重位足侧位X线片上跟骨倾斜角和距舟关节重叠比率作为STJ对线的指标。他们发现,跟骨倾斜角、距舟关节重叠比率和AOFAS踝后足评分在内翻 $\leq 6^{\circ}$ 的轻度膝关节畸形TKA术后有所改善,而在内翻 $> 6^{\circ}$ 的重度膝关节畸形TKA术后并没有改善。

相比之下,只有一份报告评估了膝外翻畸形患者行TKA后STJ的对线<sup>[14]</sup>,他们显示STJ对线在TKA术

前是外翻的,手术后仍然为外翻状态。然而,由于他们研究的患者数量仅为12例,因此还需要更大样本量的进一步研究。Choi等<sup>[18]</sup>在另一份报告中还评估了膝关节内翻畸形患者接受胫骨高位截骨术后STJ的对线情况,他们发现在术前、术后3个月、6个月、12个月,STJ外翻度数逐渐下降,分别为 $7.8^{\circ}$ 、 $4.0^{\circ}$ 、 $3.4^{\circ}$ 和 $2.3^{\circ}$ 。即使很严重的膝关节内翻畸形经全膝关节置换术或胫骨高位截骨术治疗后,STJ对线的代偿性外翻也有改善。然而,膝关节外翻畸形患者手术后STJ对线是否改变尚不明确。

## 3 STJ对踝关节畸形的代偿作用

有研究表明STJ可以代偿踝关节内翻畸形<sup>[7,10-11,22]</sup>。Hayashi等<sup>[10]</sup>研究表明STJ的倾斜角度在踝关节Takakura分期的各个阶段都呈外翻。此外,STJ的倾斜角度从1期到3a期逐渐增加,且在2、3a期差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),然后在3b、4期逐渐下降。这表明了STJ在早中期踝关节骨关节炎内翻畸形中是代偿性的外翻,但在骨关节炎的终末期可能失去了代偿作用。相反,Krähenbühl等<sup>[22]</sup>研究发现STJ对踝关节骨关节炎内翻畸形的代偿作用与踝关节骨关节炎的严重程度及距骨的倾斜程度无关。

STJ对踝关节骨关节炎外翻畸形的代偿能力可能很弱。Wang等<sup>[7]</sup>显示有53%的踝关节内翻畸形被STJ所代偿,然而被STJ代偿的踝关节外翻畸形只有38.6%。Krähenbühl等<sup>[22]</sup>未发现STJ对踝关节外翻畸形有任何代偿作用。根据负重位CT下扫描测量的距骨下垂直角和距骨下倾斜角显示,踝关节外翻畸形时STJ对线呈同步的外翻。

## 4 STJ对线在踝关节畸形术后的代偿作用

只有一项由Choi等<sup>[18]</sup>的研究评估了内翻踝关节畸形接受胫骨低位截骨术LTO后的后足对线情况,他们发现在严重踝关节OA患者接受LTO术后,后足对线会变为外翻,STJ并没有发挥代偿作用。然而,踝关节外翻畸形接受矫正术后STJ的对线情况还没有文献报道。

## 5 结论与展望

综上所述,距下关节对膝关节和踝关节畸形的代偿作用是不可忽视的,膝关节畸形矫正术前对距骨下关节的评估显的尤为重要。接受膝关节畸形治疗的患者,如果同时伴有一个僵直的距骨下关节,可能会因距骨下关节丧失了代偿作用,而致术后后足疼痛等并发症的发生,因此需要进一步的研究来证实这种推测。此外,距骨下关节对严重膝关节畸形的代偿而导致的后足疼痛,是否应在足部手术前进行膝关节的手术也需要进一步的探讨。且距骨下关节对膝关节畸形或踝关节畸形发生的代偿性改变是否对踝关节不稳有一定的影响也需进一步研究。相信随着更多临床研究的不断深

入,距骨下关节在下肢畸形中发生代偿的机制将更加完善。

参考文献:

[1] Jaffe WL, Dundon JM. Alignment and balance methods in total knee arthroplasty[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2018, 26(20): 709-716.

[2] Duggal N, Paci GM, Narain A, et al. A computer assessment of the effect of hindfoot alignment on mechanical axis deviation [J]. Comput Methods Programs Biomed, 2014, 113(1): 126-132.

[3] Vandekerckhove PT, Teeter MG, Naudie DD, et al. The Impact of coronal plane alignment on polyethylene wear and damage in total knee arthroplasty: A retrieval study [J]. J Arthroplasty, 2017, 32 (6): 2012-2016.

[4] Mittlmeier T. Update on subtalar joint instability[J]. Foot Ankle Clin, 2018, 23(3): 397-413.

[5] Jeong BO, Kim TY, Baek JH, et al. Following the correction of varus deformity of the knee through total knee arthroplasty, significant compensatory changes occur not only at the ankle and subtalar joint, but also at the foot[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26(11): 3230-3237.

[6] Okamoto Y, Otsuki S, Jotoku T, et al. Clinical usefulness of hindfoot assessment for total knee arthroplasty: persistent post-operative hindfoot pain and alignment in pre-existing severe knee deformity[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(8): 2632-2639.

[7] Wang B, Saltzman CL, Chalayon O. Does the subtalar joint compensate for ankle malalignment in end-stage ankle arthritis? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2015, 473(1): 318-325.

[8] Chandler JT. Evaluation of knee and hindfoot alignment before and after total knee arthroplasty: a prospective analysis [J]. J Arthroplasty, 2004, 19 (2): 211-216.

[9] Norton AA, Callaghan JJ, Amendola A, et al. Correlation of knee and hindfoot deformities in advanced knee OA: compensatory hindfoot alignment and where it occurs[J]. Clin Orthop Relat Res, 2015, 473(1): 166-174.

[10] Hayashi K, Tanaka Y, Kumai T, et al. Correlation of compensatory alignment of the subtalar joint to the progression of primary osteoarthritis of the ankle [J]. Foot Ankle Int, 2008, 29(4): 400-406.

[11] Lee WC, Moon JS, Lee HS. Alignment of ankle and hindfoot in early stage ankle osteoarthritis[J]. Foot Ankle Int, 2011, 32(7): 693-699.

[12] Desai SS, Shetty GM, Song HR, et al. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum [J]. Knee, 2007, 14(6): 452-457.

[13] Gao F, Ma J, Sun W, et al. The influence of knee malalignment on the ankle alignment in varus and valgus gonarthrosis based on radiographic measurement [J]. Eur J Radiol, 2016, 85(1): 228-232.

[14] Mullaji A. Persistent hindfoot valgus causes lateral deviation of weightbearing axis after total knee arthroplasty [J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(4): 1154-1160.

[15] Cho WS, Cho HS. Changes in hindfoot alignment after total knee arthroplasty in knee osteoarthritic patients with varus deformity [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(11): 3596-3604.

[16] Nakada I, Nakamura I, Juji T, et al. Correlation between knee and hindfoot alignment in patients with rheumatoid arthritis: The effects of subtalar joint destruction [J]. Mod Rheumatol, 2015, 25(5): 689-693.

[17] Nishitani K, Ito H, Shimozone Y, et al. Correlation in the coronal angle between knee and hindfoot was observed in patients with rheumatoid arthritis unless talocrural joint was destroyed [J]. Biomed Res Int, 2017(2017): 4051706

[18] Choi JY, Song SJ, Kim SJ, et al. Changes in hindfoot alignment after high or low tibial osteotomy [J]. Foot Ankle Int, 2018, 39(9): 1097-1105.

[19] Takenaka T, Ikoma K, Ohashi S, et al. Hindfoot alignment at one year after total knee arthroplasty [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016, 24(8): 2442-2446.

[20] Hara Y, Ikoma K, Arai Y, et al. Alteration of hindfoot alignment after total knee arthroplasty using a novel hindfoot alignment view [J]. J Arthroplasty, 2015, 30(1): 126-129.

[21] Ikoma K, Noguchi M, Nagasawa K, et al. A new radiographic view of the hindfoot [J]. J Foot Ankle Res, 2013, 6(1): 48.

[22] Krähenbühl N, Siegler L, Deforth M, et al. Subtalar joint alignment in ankle osteoarthritis [J]. Foot Ankle Surg, 2019, 25(2): 143-149.

收稿日期: 2019-06-01

作者简介: 敖由(1992—), 男, 研究生在读, 哈尔滨医科大学附属第二医院骨科, 150000。