

• 综 述 •

人工全膝关节置换术中屈曲间隙大于伸直间隙的研究进展

张伪松¹, 郝定均²

1. 西安医学院(西安 710068)

2. 西安交通大学医学院附属红会医院脊柱外科(西安 710054)

【摘要】 目的 对人工全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)中屈曲间隙大于伸直间隙的相关研究进展进行综述。方法 广泛查阅国内外有关膝关节屈伸间隙影响因素,以及TKA术中增加屈曲间隙后膝关节生物力学及运动学改变特点、临床效果等方面的研究文献,并进行总结分析。结果 TKA术中调整屈伸间隙关系是影响手术成败关键因素之一。目前大量生物力学、运动学及临床研究显示,TKA术中屈曲间隙适当大于伸直间隙可以改善术后膝关节活动度、提高患者满意度,同时不影响膝关节稳定性;但也有研究结果与之相反。因此,TKA术中对于屈伸间隙的调整尚存在争议。结论 TKA术中调整屈曲间隙至适当大于伸直间隙是一种新的关节间隙理论,其中远期临床效果、术中操作技巧以及相关并发症有待后续临床实践探索。

【关键词】 人工全膝关节置换术; 屈曲间隙; 伸直间隙; 关节活动度; 关节稳定性

Research progress of larger flexion gap than extension gap in total knee arthroplasty

ZHANG Weisong¹, HAO Dingjun²

1. Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi, 710068, P.R.China

2. Department of Spinal Surgery, Honghui Hospital Affiliated to Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi, 710054, P.R.China

Corresponding author: HAO Dingjun, Email: haodingjun@126.com

【Abstract】 Objective To summarize the progress of larger flexion gap than extension gap in total knee arthroplasty (TKA). **Methods** The domestic and foreign related literature about larger flexion gap than extension gap in TKA, and its impact factors, biomechanical and kinematic features, and clinical results were summarized. **Results** During TKA, to adjust the relations of flexion gap and extension gap is one of the key factors of successful operation. The biomechanical, kinematic, and clinical researches show that properly larger flexion gap than extension gap can improve both the postoperative knee range of motion and the satisfaction of patients, but does not affect the stability of the knee joint. However, there are also contrary findings. So adjustment of flexion gap and extension gap during TKA is still in dispute. **Conclusion** Larger flexion gap than extension gap in TKA is a new joint space theory, and long-term clinical efficacy, operation skills, and related complications still need further study.

【Key words】 Total knee arthroplasty; flexion gap; extension gap; range of motion; knee stability

目前,人工全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)已成为治疗终末期膝关节疾病的主要术式^[1],能有效缓解疼痛症状、改善患者生活质量,同时下肢畸形也得到纠正。但TKA术后仍存在关节活动受限的问题,研究表明影响术后关节活动度的主要因素有患者年龄^[2]、体质量指数^[3]、膝关节假体类型^[4]、Insall-Salvati指数^[5]、股骨后髁偏心

距^[6-7]、术前及术中患者膝关节活动度^[8]。重建相等的屈伸间隙一直被认为是TKA手术成功的重要因素之一,可以降低术后膝关节强直^[9]及不稳定^[2]等并发症的发生率。然而,有研究发现TKA术中轻度增加屈曲间隙,不仅不会影响膝关节的稳定性,还能获得更理想的膝关节活动度^[10-11]。现就近年国内外有关膝关节屈伸间隙影响因素、术中屈曲间隙大于伸直间隙的生物力学、运动学以及临床研究成果作一综述,为临床工作提供参考。

DOI: 10.7507/1002-1892.201611069

通信作者: 郝定均, Email: haodingjun@126.com

1 膝关节屈伸间隙影响因素

1.1 切除后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 对屈伸间隙的影响

TKA 主要包括保留 PCL 及切除 PCL 两种术式。其中, 术中切除 PCL 即可能导致屈曲间隙大于伸直间隙^[12-13]。Mihalko 等^[12]的研究表明, TKA 术中切除 PCL 后膝关节伸直间隙无明显变化; 但当膝关节屈曲 90°、胫骨远端无负重时, 屈曲间隙较术前增加 (5.26±1.9) mm, 胫骨远端负重时屈曲间隙增加 (6.4±2.5) mm。但该研究仅在膝关节屈曲 90° 位观察屈曲间隙变化情况, 屈曲角度继续增加后间隙变化情况未进行观察。另有研究也显示, TKA 术中 PCL 切除对于伸直间隙无影响, 但会显著增加屈曲间隙, 而且膝关节屈曲 110~140° 位时关节间隙增加幅度最大^[13-16]。但 Baldini 等^[17]的研究显示, TKA 术中切除 PCL 及后侧骨赘后, 屈伸间隙出现对称性增加, 屈曲间隙相对于伸直间隙无增加。

1.2 胫骨近端及股骨远端截骨倾斜角度对屈伸间隙的影响

除切除 PCL 会影响屈伸间隙外, 有研究显示增加胫骨后倾截骨角度也会增加屈曲间隙^[18-19]。Okazaki 等^[18]的研究显示, 当胫骨后倾截骨角度减少 5° 时, PCL 保留型 TKA 和后稳定型 TKA 中屈曲间隙分别减少 (1.9±0.6) mm 和 (1.2±0.4) mm; 当胫骨后倾截骨角度增加 5° 时, 屈曲间隙分别增加 (1.8±0.4) mm 和 (1.1±0.3) mm; 表明在 PCL 保留型 TKA 和后稳定型 TKA 中, 胫骨后倾截骨角度改变 5° 时, 屈曲间隙变化分别约为 2 mm 和 1 mm。但该研究未对伸直间隙变化进行观察。Takayama 等^[19]对 40 例 TKA 患者进行了前瞻性研究, 旨在分析胫骨后倾截骨角度和膝关节假体组件间隙间的相关性; 结果显示, 改变胫骨后倾截骨角度不影响术后膝关节屈曲角度, 但伸膝时关节松弛度降低、韧带张力紧张, 伸膝困难, 进而导致膝关节伸直受限。王晓峰等^[20]的研究显示, TKA 术中增加胫骨后倾截骨角度后, 膝关节屈曲时关节前后松弛度、内外翻松弛度和旋转松弛度均明显增大。他们分析出现该现象原因为, 增加胫骨平台后倾角度后, 膝关节屈曲时股骨和胫骨间的距离缩短, 即缩短了 PCL 和侧副韧带附着点间的距离, 进而导致韧带松弛。Nowakowski 等^[21]报道, 增加胫骨后倾截骨角度后, 膝关节屈伸间隙均显著增加, 但增加幅度不同, 其中伸直间隙内、外侧间隙对称性增加, 而

屈曲间隙外侧间隙增加幅度明显大于内侧间隙, 进而导致屈曲间隙内、外侧间隙不等, 形成梯形屈曲间隙。

与胫骨后倾截骨角度变化会影响屈伸间隙一致, 股骨截骨角度变化也会影响屈伸间隙。Tsukeoka 等^[22]采集了 15 例拟行 TKA 的患者下肢 CT 信息, 利用计算机系统建立下肢骨骼三维模型, 并模拟股骨远端截骨, 截骨倾斜角度误差设置为 -2、2、4°; 结果显示, 截骨后屈伸间隙改变不同, 股骨远端伸直方向 2° 截骨倾斜角度误差会导致屈曲间隙增加、伸直间隙减小, 屈曲间隙相对伸直间隙增加约 2 mm。虽然通过改变股骨远端截骨倾斜角度可以改变屈伸间隙相对差距, 但上述结果是三维模拟研究股骨远端截骨倾斜角度误差而得出的, 而非术中实际操作研究得出。由于股骨远端截骨为髓内定位, 所以 TKA 术中不再进行其他股骨远端截骨倾斜角度调整。

1.3 假体对屈伸间隙的影响

Minoda 等^[23]的研究表明, 膝关节屈曲 0~30° 时关节间隙明显增加, 至屈曲 30° 时关节间隙达最大, 屈曲 30~60° 及 60~90° 时膝关节间隙逐渐减小, 屈曲 90~145° 时关节间隙较前显著减小; 但值得注意的是, 屈曲 <120° 时屈曲间隙始终大于伸直间隙; 提示 TKA 术后膝关节屈曲时需要的关节间隙大于伸直时。Hananouchi 等^[24]研究显示, TKA 术中安装股骨假体组件前膝关节平均屈曲间隙为 27.4 mm、伸直间隙为 24.7 mm, 两间隙差值为 2.7 mm; 安装股骨假体组件后平均屈曲间隙为 17.6 mm、伸直间隙为 12.9 mm, 两间隙差值为 4.7 mm; 表明安装股骨假体组件后屈曲间隙相对于伸直间隙明显增加。根据该研究结论, 术中是否有必要进行特殊处理使屈曲间隙大于伸直间隙以提高临床疗效, 值得商榷。

2 生物力学及运动学研究

传统观点认为屈伸间隙平衡对于 TKA 获得满意疗效具有重要意义, 但有研究发现 TKA 术中屈伸间隙不等也能获得较好疗效^[10-11, 25-26]。为此, 学者们进行了相关生物力学及运动学研究。Jeffcote^[10]的生物力学研究发现: ① TKA 术中屈伸间隙相等时, 膝关节完全伸直后胫骨平台平均压力为 50 N, 屈曲 15~75° 时胫骨平台平均压力为 15.5 N, 较完全伸直时明显减小; 而膝关节屈曲 >90° 时胫骨平台平均压力呈指数增加, 且屈曲 150° 时胫骨平台平均压力达峰值 (175 N)。② 伸直间隙相对于屈曲

间隙增加 2 mm 时, 膝关节完全伸直时胫骨平台平均压力 (27 N) 较屈伸间隙相等时减小, 但当膝关节屈曲 15 ~ 150° 时胫骨平台平均压力与屈伸间隙相等时比较无显著差异。③ 屈曲间隙相对于伸直间隙增加 2 mm 时, 膝关节完全伸直时胫骨平台平均压力为 37 N, 当膝关节屈曲 <90° 时胫骨平台平均压力与以上两种情况无显著差异; 然而膝关节屈曲 >90° 时, 胫骨平台平均压力也呈指数增加, 至完全屈曲时达 107 N, 但与屈伸间隙相等时比较胫骨平台平均压力降低了 40%。该研究结果提示, 屈曲间隙或伸直间隙变化幅度 <2 mm 时, 在膝关节屈曲 15 ~ 100° 范围内对胫骨平台压力无明显影响, 但屈曲 >100° 时对胫骨平台压力有显著影响。该研究同时对屈伸间隙相等、伸直间隙相对于屈曲间隙增加 2 mm、屈曲间隙相对于伸直间隙增加 2 mm 3 种状态下, 内、外侧副韧带的张力进行了测量, 结果显示 3 种状态下内、外侧副韧带张力无明显差异。总结 Jeffcote^[10] 的研究结果, 表明在不影响膝关节稳定性前提下, 适当改变屈伸间隙可以降低胫骨平台压力 (关节内压力), 从而获得更大膝关节活动度。王晓峰等^[20] 参照 Martin 等^[27] 的方法, 将股骨假体从其正常位置向后移动 5 mm, 制备屈曲过紧 TKA 模型, 观察术后膝关节活动度; 发现与正常屈伸间隙平衡 TKA (130.3°) 及屈曲过紧基础上增加胫骨截骨倾斜角度的 TKA (131.1°) 相比, 屈曲过紧 TKA 术后膝关节最大屈曲活动度 (120.4°) 明显减小, 说明屈曲间隙减小、屈曲过紧会导致 TKA 术后膝关节活动范围减小。

但是 Bellemans 等^[6] 的运动学研究结果与上述研究结果相反, 他们强调足够的后髁偏心距的重要性, 他们研究显示 TKA 术后后髁偏心距较术前减小, 从而导致膝关节最大屈曲度也减小。然而增加后髁偏心距后, 在屈膝状态下屈曲间隙会减小、软组织张力相应增加, 减小后髁偏心距可以诱导胫骨和股骨碰撞。但也有学者研究发现, 后髁偏心距与术后膝关节活动范围无相关性^[7]。

3 临床疗效

研究表明, TKA 术中轻度增加屈曲间隙 (2.5 mm), 术后膝关节活动范围更大, 患者满意度更高^[11]。Ismailidis 等^[11] 根据 TKA 术中屈伸间隙处理方法不同将患者分为 2 组, 第 1 组患者屈曲间隙大于伸直间隙 2.5 mm, 第 2 组屈曲间隙等于伸直间隙。术后 1 年随访结果显示, 两组膝关节稳定性无显著差异, 但第 1 组术后膝关节活动度达 90 ~ 119°

以及 >120° 的患者显著多于第 2 组, 患者主观满意度调查量表得分也显著高于第 2 组, 表明增加屈曲间隙可以增加膝关节活动度, 提高患者满意度。Watanabe 等^[28] 报道, 关节间隙和膝关节屈曲度存在相关性, 临床间隙 (关节间隙与胫骨平台假体厚度差值) 在伸直位最小, 膝关节 0 ~ 10° 时临床间隙增加约 2 mm, 屈曲 90° 时屈曲间隙增加 2 mm, 此时临床间隙达最大值, 之后临床间隙随屈曲角度增加而减小, 提示要达到理想的膝关节屈曲角度, 需要保证足够的屈曲间隙。

但也有研究报道, TKA 术中增加屈曲间隙后, 临床疗效与 TKA 术中屈伸间隙平衡比较没有明显优势^[2,29], Minoda 等^[2] 发现屈伸间隙不平衡和术后膝关节屈曲角度无相关性; Higuchi 等^[29] 发现屈曲间隙和术后膝关节屈曲角度成正相关, 但是仅针对固定平台假体。但 Minoda 等^[2] 和 Higuchi 等^[29] 的研究旨在观察活动平台假体与固定平台假体对术后膝关节屈曲度的影响, 对术中膝关节间隙不平衡患者未进行重点观测, 因此研究得出的屈伸间隙不平衡对术后膝关节活动度的影响结论有待进一步验证。另外, 屈伸间隙不等是否引起术后伸直困难和屈曲不稳目前仍存在争议。Ismailidis 等^[11] 报道屈曲间隙增加组与屈伸间隙相等组患者术后屈曲挛缩畸形、膝关节过伸、抽屉试验及侧方应力试验方面均无显著差异。但 Song 等^[30] 和 Parratte 等^[31] 报道屈伸间隙不等是导致 TKA 术后膝关节不稳定的重要因素。

4 总结

TKA 术中准确调整屈伸间隙关系是获得理想临床效果的主要因素之一, 屈曲间隙大于伸直间隙是一种新的关节间隙理论。虽然有临床研究显示 TKA 术中屈曲间隙适当大于伸直间隙可以改善术后膝关节活动度、提高患者满意度, 同时也不影响膝关节稳定性。但相关研究随访时间较短, 总结患者例数有限。因此该技术中远期疗效、术中操作技巧以及相关并发症有待后续临床实践探索。

参考文献

- 1 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. *Acta Orthop Scand*, 2000, 71(3): 262-267.
- 2 Minoda Y, Iwaki H, Ikebuchi M, *et al.* Mobile-bearing prosthesis and intraoperative gap balancing are not predictors of superior knee flexion: a prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 23(7): 1986-1992.
- 3 Dennis DA, Komistek RD, Scuderi GR, *et al.* Factors affecting

- flexion after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2007, (464): 53-60.
- 4 Nicholis RL, Schirm AC, Jeffcote BO, *et al.* Tibiofemoral force following total knee arthroplasty: comparison of four prosthesis designs *in vitro*. *J Orthop Res*, 2007, 25(11): 1506-1512.
 - 5 Meneghini RM, Ritter MA, Pierson JL, *et al.* The effect of the Insall-Salvati ratio on outcome after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2006, 21(2): 116-120.
 - 6 Bellemans J, Banks S, Victor J, *et al.* Fluoroscopic analysis of the kinematics of deep flexion in total knee arthroplasty. Influence of posterior condylar offset. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2002, 84(1): 50-53.
 - 7 Ishii Y, Noguchi H, Takeda M, *et al.* Posterior condylar offset does not correlate with knee flexion after TKA. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(9): 2995-3001.
 - 8 Ritter MA, Hartly LD, Davis KE, *et al.* Predicting range of motion after total knee arthroplasty. Clustering, log-linear regression, and regression tree analysis. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2003, 85-A(7): 1278-1285.
 - 9 Gandhi R, de Beer J, Leone J, *et al.* Predictive risk factors for stiff knees in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2006, 21(1): 46-52.
 - 10 Jeffcote B. The variation in medial and lateral collateral ligament strain and tibiofemoral forces following changes in flexion and extension gaps in total knee replacement. A laboratory experiment using cadaver knees. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2007, 89(11): 1528-1533.
 - 11 Ismailidis P, Kuster MS, Jost B, *et al.* Clinical outcome of increased flexion gap after total knee arthroplasty. Can controlled gap imbalance improve knee flexion? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2016. [Epub ahead of print]
 - 12 Mihalko W, Krachow KA. Posterior cruciate ligament effects on the flexion space in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 1999, 360(360): 243-250.
 - 13 Schnurr C, Eysel P, König DP. Is the effect of a posterior cruciate ligament resection in total knee arthroplasty predictable? *Int Orthop*, 2011, 36(1): 83-88.
 - 14 Kadoya Y, Kobayashi A, Komatsu T, *et al.* Effects of posterior cruciate ligament resection on the tibiofemoral joint gap. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 391(391): 210-217.
 - 15 Mullaji A, Sharma A, Marawar S, *et al.* Quantification of effect of sequential posteromedial release on flexion and extension gaps: a computer-assisted study in cadaveric knees. *J Arthroplasty*, 2008, 24(5): 795-805.
 - 16 刘璞, 蔡谱, 吴厦. 全膝关节置换术中切除后交叉韧带和松解内侧副韧带浅层对关节间隙的影响. *解放军医学院学报*, 2015, 36(5): 454-457, 476.
 - 17 Baldini A, Scuderi GR, Aglietti P, *et al.* Flexion-extension gap changes during total knee arthroplasty: effect of posterior cruciate ligament and posterior osteophytes removal. *J Knee Surg*, 2004, 17(2): 69-72.
 - 18 Okazaki K, Tashiro Y, Mizu-uchi H, *et al.* Influence of the posterior tibial slope on the flexion gap in total knee arthroplasty. *Knee*, 2014, 21(4): 806-809.
 - 19 Takayama K, Matsumoto T, Muratsu H, *et al.* The influence of posterior tibial slope changes on joint gap and range of motion in unicompartmental knee arthroplasty. *Knee*, 2016, 23(3): 517-522.
 - 20 王晓峰, 陈百成, 师晨霞, 等. 增加胫骨平台后倾角度、后交叉韧带部分松解对全膝关节置换术后膝关节运动影响的实验研究. *中华外科杂志*, 2007, 45(12): 839-842.
 - 21 Nowakowski AM, Kamphausen M, Pagenstert G, *et al.* Influence of tibial slope on extension and flexion gaps in total knee arthroplasty: increasing the tibial slope affects both gaps. *Int Orthop*, 2014, 38(10): 2071-2077.
 - 22 Tsukeoka T, Tsuneizumi Y, Lee TH. The effect of a sagittal cutting error of the distal femur on the flexion-extension gap difference in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2013, 28(7): 1099-1102.
 - 23 Minoda Y, Nakagawa S, Sugama R, *et al.* Intraoperative assessment of midflexion laxity in total knee prosthesis. *Knee*, 2014, 21(4): 810-814.
 - 24 Hanaouchi T, Yamamoto K, Ando W, *et al.* The intraoperative gap difference (flexion gap minus extension gap) is altered by insertion of the trial femoral component. *Knee*, 2012, 19(5): 601-605.
 - 25 Meister BR, Micheal SP, Moyer RA, *et al.* Anatomy and kinematics of the lateral collateral ligament of the knee. *Am J Sports Med*, 2000, 28(6): 869-878.
 - 26 Harfe DT, Chuinard C, Espinoza LM, *et al.* Elongation patterns of the collateral ligaments of the human knee. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 1998, 13(3): 327-330.
 - 27 Martin JW, Whiteside LA. The influence of joint line position on knee stability after condylar knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 1990, (259): 146-156.
 - 28 Watanabe T, Muneta T, Sskiya I, *et al.* Intraoperative joint gaps affect postoperative range of motion in TKAs with posterior-stabilized prostheses. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(4): 1326-1333.
 - 29 Higuchi H, Hatayama K, Shimizu M, *et al.* Relationship between joint gap difference and range of motion in total knee arthroplasty: a prospective randomised study between different platforms. *Int Orthop*, 2009, 33(4): 997-1000.
 - 30 Song SJ, Detch RC, Maloney WJ, *et al.* Causes of instability after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2014, 29(2): 360-364.
 - 31 Parratte S, Pagnano MW. Instability after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2008, 90(1): 184-194.

收稿日期: 2016-11-12 修回日期: 2017-03-20

本文编辑: 刘丹