

# 膝骨关节炎患者膝关节失稳的研究进展

翟艳萍 安丙辰 郑洁皎

膝骨关节炎是导致老年人残障的最常见疾病之一。研究者认为,膝关节失稳所致的关节应力集中是骨关节炎发生发展的重要影响因素<sup>[1-2]</sup>。近年来越来越多的研究发现,检测膝关节动态失稳的指标——内翻延伸比疼痛、关节活动度降低及股四头肌肌力减弱等指标更能直接有效地反映患者的躯体功能状况<sup>[3]</sup>。为此,本综述将回顾检测膝关节动、静态稳定的主要方法和指标,并重点阐述膝关节冠状面失稳的动态检测指标——内翻延伸。

## 膝关节动、静态稳定性检测的常用方法和指标

目前测量膝关节稳定性的常用方法有自我评估法、体格检查、影像学检查、等速测试系统、KT1000/KT2000 测量仪、基于 2D/3D 图像配准技术的在体稳定性评价系统等。

### 一、自我评估法

询问患者过去 3 个月内任意时间是否出现过膝关节无力、扭转或打软腿<sup>[3-4]</sup>,并记录发生频率,分析这些症状出现的程度、频率等相关情况,并进行随访。本方法具有可靠、有效、敏感的特点,适用于评价髌股关节疼痛及关节炎等各种病理性或外伤原因引起的膝关节失稳,分级明确,有利于起始康复治疗量的制定;但缺乏对疼痛、肌肉力量、本体感觉等因素的考虑,缺乏对失稳程度的客观定量评价<sup>[5]</sup>。

### 二、临床体格检查

临床上常用 Lachman 实验、前后抽屉试验和侧方应力试验检查前后交叉韧带及内外侧副韧带是否出现异常,方便快捷。与抽屉试验相比,Lachman 试验对前交叉韧带损伤的诊断准确性更高,原因是抽屉试验是在膝关节屈曲 90°时进行的,此时附着于胫骨内侧的半月板紧贴股骨髁凸面,限制了胫骨前移。这些体格检查方法都不适用于损伤急性期的诊断,假阴性率高,易受主观因素影响,单一使用不能作为确诊的评定标准<sup>[6]</sup>。

KT1000/KT2000 测量仪是检查膝关节稳定性的定量测量仪器,原理是模仿膝关节屈曲 30°时的 Lachman 试验,通过量化前后交叉韧带松弛度来评价膝关节稳定性。有研究报道,KT1000 的诊断敏感性明显高于前抽屉试验和轴移试验<sup>[7]</sup>。但 Wiertsema 等<sup>[8]</sup>研究认为,Lachman 试验组中的测试信度及实验信度系数(ICC=1.0 和 0.77)高于 KT1000 实验组(ICC=0.47 和 0.14)。目前还没有文献明确其测试效果优于体格检查,临床应用较少。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.01.022

基金项目:上海市卫生计生系统重要薄弱学科建设计划(2015ZB0402);上海卫生系统重要疾病联合攻关重大项目(2013ZYJB0501);上海市卫生和计划生育委员会中医药科研基金(2014LP006A)

作者单位:200040 上海市,复旦大学附属华东医院康复科

通信作者:郑洁皎,Email:zjjess@163.com

### 三、影像学检查

下肢负重位全长 X 线片、CT、MRI 可以清楚地观察出下肢的解剖结构<sup>[9]</sup>,通过应力位摄片,可以作为静态评估膝关节稳定性的方法。不过其测量仪器的成本、学习技术的相关费用、潜在技术问题等都存在争议,准确性也受诸多因素影响,容易漏诊;而且它不足以评估患者日常生活活动能力受限的严重程度,且影像学表现的严重程度常与患者膝关节的临床症状不符<sup>[10]</sup>。

### 四、等速测试系统

主要用于四肢肌力的评定和训练,也可用于改善关节活动度。俞晓杰等<sup>[11]</sup>结合离心收缩测试评定膝骨关节炎患者的肌肉功能后发现,正常膝关节屈/伸肌肌力(H/Q)比值,即腘绳肌肌力与股四头肌肌力的比值对于保持膝关节稳定及防止运动中较弱肌群牵拉伤具有重要意义;而股四头肌动态控制率(腘绳肌离心力矩/股四头肌向心力矩)是反映伸膝过程中膝关节动态稳定性的良好指标<sup>[12]</sup>。等速离心收缩训练有利于改善关节稳定性<sup>[12]</sup>,等速持续被动运动尤其适合早期活动受限的关节<sup>[13]</sup>。另外,膝关节的本体感觉对维持其稳定也很重要<sup>[14]</sup>,可以使用关节位置重现法定量评价膝关节的本体感觉情况<sup>[15]</sup>。但等速运动不是生理性运动,其测量结果能否真正反映膝关节步行时的功能状况还存在争议。

基于 2D/3D 图像配准技术获取三维骨结构相对位置的方法可以在健康人体运动过程中获取膝关节动态稳定的相关参数,如韧带强度及胫股位置的变化情况,再进一步分析得出膝关节生理状态下骨结构运动学和稳定性的变化,实现对膝关节失稳的早期诊断<sup>[16]</sup>。随着三维步态分析系统的发展和进步、模拟方法的不断发展,这种方法越来越受到重视。近年来研究者越来越重视基于三维步态分析技术的动态检测指标,尤其是被认为是膝关节冠状面失稳的动态检测指标——内翻延伸<sup>[17]</sup>。

## 膝关节冠状面上动态稳定检测指标——内翻延伸

膝关节内翻延伸是一个发生于步态周期支撑相早期冠状面上异常的膝关节运动<sup>[18]</sup>。正常步行中常伴有轻度的膝关节内外翻活动,并随着膝关节屈伸角度的变化而有所不同。内翻延伸表现为支撑相膝关节负重时所造成的膝内翻加重,非负重阶段膝内翻角度减小或呈中立位,是可视化的、动态的膝关节冠状面上出现的异常移位<sup>[19]</sup>。内翻延伸代表了膝关节动态失稳和下肢动态力线异常,是神经肌肉受损或关节周围韧带等稳定机制异常的结果,是膝关节内侧间室应力集中的重要标志。

步态周期中膝关节的活动是屈曲运动伴随着旋转运动,冠状平面可能发生内翻运动。首次触地时胫骨相对于股骨在外旋的位置,随着膝关节屈曲观察到胫骨快速地向内侧旋转,随着首次触地时外旋角度增大,承重反应期内翻角度及内翻延伸的程度都呈增大趋势;内翻延伸的程度和首次触地至承重反应

期的横向旋转运动的幅度呈正相关<sup>[20]</sup>,根据内翻延伸的程度来控制旋转运动可以减小膝关节内侧间室负荷。通过计算机体层成像分析技术发现随着内翻畸形的增加,伴有内翻的膝关节伸直时常向外侧旋转<sup>[21]</sup>。通过冠状面上的步态观察,Chang 等<sup>[22]</sup>研究发现,伴有可视化内翻延伸的膝关节比对照组有更大的膝内翻角度和角速度(平均差异为 0.9° 和 6.65°/s),而且峰值膝内翻角速度与内翻延伸的关系更为密切,更适合作为观察动态内翻延伸的指标。膝内翻角度只能够捕捉到冠状平面上关节失稳的程度,但峰值膝内翻角速度却提供了运动的方向和速度。

目前定量测量内翻延伸的方法是观察步行中的髌-膝-踝角度,由专业人员鉴别和测量角度值,即冠状面大转子、膝关节结合线外侧点、外踝三个皮肤标记连线组成的角度。内翻延伸运动的大小被定义为从足跟触地到第一次膝关节内翻角度峰值出现时冠状平面上两个角度的差值<sup>[18]</sup>,代表了发生膝关节运动时冠状面上膝关节内翻程度和下肢力线的变化情况。正常步行时,下肢承受了相当于自身体重 3~5 倍的重量,下肢力线对活动中膝关节内外侧间室压力负荷的分布十分重要<sup>[23]</sup>。有报道指出,静态膝内翻角度在 0°~5° 时内翻延伸最大,而膝内翻角度大于 5° 后内翻延伸反而减小<sup>[19]</sup>,原因可能是膝内翻角度大于 5° 时绝大部分的身体负荷已经转移给内侧间室,不再有反应负荷由内外侧共同承担转移为以内侧承担为主的过程。此外在这个阶段,患者为了应对膝关节失稳,可能会出现关节周围软组织增生、挛缩,结果是内翻延伸的程度反而降低。还有研究<sup>[24]</sup>认为,评估内翻延伸对膝关节后外侧角损伤诊断的准确性至关重要。

内翻延伸作为膝骨关节炎(尤其是内侧间室)进展潜在的独立危险因素,也可以通过简单的步态观测活动进行评定,不需要影像学及昂贵的实验室设备进行步态分析,但即使是训练有素经验丰富的操作者也不可能多次重复放置皮肤标志于一点,这会严重影响内翻延伸的结果。另外,步态观测具有主观性,不能取代定量的步态分析。目前内翻延伸常用于关节间隙正常或内侧关节间隙减小的膝骨关节炎患者是否存在失稳,而 X 线片上显示外侧间隙减小的受试者常被纳入排除标准。

### 内翻延伸与膝骨关节炎

内翻延伸可以用作评价各种病理性或外伤性等原因引起的关节间隙和下肢力线的异常程度,也可以预测患者跌倒风险,同时又可避免放射性物质的伤害。研究表明,针对性治疗内翻延伸可以有效缓解疾病症状,延缓膝骨关节炎的发生和发展。

内翻延伸的存在和加重,与膝关节内收力矩一样,加剧了膝关节失稳以及负重活动时内侧间室的压力负荷。研究表明内翻延伸和膝关节内收力矩一样与关节软骨退变密切相关<sup>[18-19,25]</sup>。Chang 等<sup>[19]</sup>经 18 个月的随访并排除关节内翻这一干扰因素后发现,内翻延伸使膝骨关节炎进展的可能性增加了 4 倍(排除了年龄因素、性别因素、体质指数因素、疼痛因素,其中比数比为 3.96,95% 可信区间 2.11~7.43)。Chang 等<sup>[26]</sup>还发现,外翻延伸不如内翻延伸常见,但在某些人群中外翻延伸存在相对较高的概率,这也许可以解释不同人群中不同类型膝骨关节炎的发病率不一致的现象。Fukutani 等<sup>[27]</sup>研究结果提示,

内翻延伸和内侧膝骨关节炎的疼痛及僵硬症状有关,但与日常生活活动能力相关性较小。Grace 等<sup>[28]</sup>研究发现,内翻延伸和下肢静态力线均与支撑相的关节疼痛有关,减小内翻延伸(如调整步态)可以缓解膝关节疼痛症状。Bennell 等<sup>[29]</sup>研究认为,内翻延伸和肥胖是导致膝关节疼痛的重要影响因素,进行康复训练时治疗方案要有针对性,比如伴有内翻延伸而无肥胖的受试者进行神经肌肉训练法效果较好。

有研究认为,高位胫骨截骨术、全膝关节置换术等都可以使内翻延伸得到长时间改善。Deie 等<sup>[30]</sup>研究发现,内侧膝骨关节炎患者经高位胫骨截骨术可同时减小内翻延伸和膝关节内收力矩,但开放式高位胫骨截骨术术后内翻延伸得到改善维持的时间更长。全膝关节置换术也可以长时间改善内翻延伸和膝关节内收力矩,从而维持膝关节稳定<sup>[31]</sup>。Kim 等<sup>[32]</sup>针对前交叉韧带重建术后的患者研究发现,若术后没有出现内翻延伸或内侧膝骨关节炎,则进一步实施胫骨截骨术的必要性明显减低。Van 等<sup>[33]</sup>研究认为,前交叉韧带重建术后出现内翻延伸会增加膝关节失稳的风险,建议行胫骨截骨术。

足底外侧楔形矫形鞋垫或膝关节外翻矫形器对伴有内翻延伸的内侧膝骨关节炎也有作用,有利于减少内侧间室压力负荷,维持膝关节稳定<sup>[34]</sup>。

### 结语

综上所述,膝关节的稳定性虽然广受关注,但能够真正指导临床康复治疗且行之有效的检测手段较少。内翻延伸是从步态分析中获得的关于膝关节动态失稳的检测指标,操作简单,同时可以避免放射性物质的伤害。研究表明,膝关节内翻延伸与膝骨关节炎的症状密切相关,但内翻延伸是如何影响疾病进展的机制目前尚不完全清楚;有关干预内翻延伸的治疗措施尽管逐渐受到关注,但相关研究还较少见报道。因此,还有待于将来进一步探讨膝关节内翻延伸影响膝骨关节炎发生发展的相关机制,并着手开发降低内翻延伸的康复干预措施。

### 参考文献

- [1] Nguyen US, Felson DT, Niu J, et al. The impact of knee instability with and without buckling on balance confidence, fear of falling and physical function: the Multicenter Osteoarthritis Study [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2014, 22(4): 527-534. DOI: 10.1016/j.joca.2014.01.008.
- [2] Roos EM, Arden NK. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis [J]. *Nature Rev Rheumatol*, 2015, 12(2): 92-101. DOI: 10.1038/nr-rheum.2015.135.
- [3] Fitzgerald GK, Piva SR, Irrgang JJ. Reports of joint instability in knee osteoarthritis: its prevalence and relationship to physical function [J]. *Arthritis Rheum*, 2004, 51(6): 941-946. DOI: 10.1002/art.20825.
- [4] Van der Esch M, Knoop J, Van der Leeden M, et al. Self-reported knee instability and activity limitations in patients with knee osteoarthritis: results of the Amsterdam osteoarthritis cohort [J]. *Clin Rheumatol*, 2012, 31(10): 1505-1510. DOI: 10.1007/s10067-012-2025-1.
- [5] De Zwart AH, van der Esch M, Pijnappels MA, et al. Falls associated with muscle strength in patients with knee osteoarthritis and self-reported knee instability [J]. *J Rheumatol*, 2015, 42(7): 1218-1223. DOI: 10.3899/jrheum.140517.

- [6] Mulligan EP, Harwell JL, Robertson WJ. Reliability and diagnostic accuracy of the Lachman test performed in a prone position[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2011, 41(10):749-757. DOI:10.2519/jospt.2011.3761.
- [7] Arneja S, Leith J. Review article: Validity of the KT-1000 knee ligament arthrometer[J]. *J Orthop Surg*, 2009, 17(1):77-79. DOI:10.1177/230949900901700117.
- [8] Wiertsema SH, van Hooff HJ, Migchelsen LA, et al. Reliability of the KT1000 arthrometer and the Lachman test in patients with an ACL rupture[J]. *Knee*, 2008, 15(2):107-110. DOI:10.1016/j.knee.2008.01.003.
- [9] Sowers M, Karvonen-Gutierrez CA, Jacobson JA, et al. Associations of anatomical measures from MRI with radiographically defined knee osteoarthritis score, pain, and physical functioning[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(3):241-251. DOI:10.2106/JBJS.I.00667.
- [10] Szebenyi B, Hollander AP, Dieppe P, et al. Associations between pain, function, and radiographic features in osteoarthritis of the knee[J]. *Arthritis Rheum*, 2006, 54(1):230-235. DOI:10.1002/art.21534.
- [11] 俞晓杰, 吴毅, 胡永善, 等. 膝关节骨关节炎患者等长、等速向心和等速离心测试的比较观察[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28(7):469-472. DOI:10.3760/j.issn:0254-1424.2006.07.011.
- [12] Hole CD, Smit GH, Hammond J, et al. Dynamic control and conventional strength ratios of the quadriceps and hamstrings in subjects with anterior cruciate ligament deficiency[J]. *Ergonomics*, 2000, 43(10):1603-1609. DOI:10.1080/001401300750004023.
- [13] 徐军. 等速运动在康复评定与治疗中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28(8):570-575. DOI:10.3760/j.issn:0254-1424.2006.08.022.
- [14] Ordahan B, Kucuksen S, Tuncay I, et al. The effect of proprioception exercises on functional status in patients with anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2015, 28(3):531-537. DOI:10.3233/BMR-140553.
- [15] 郑光新, 赵晓鸥, 常智跃. 等速运动系统测试膝关节本体感觉功能的信度研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2013, 35(8):609-611. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.08.004.
- [16] 李凭跃, 尹庆水, 黄华扬, 等. 正常膝关节静态加载在体稳定性研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2011, 26(10):890-893.
- [17] 安丙辰, 戴尅戎. 影响膝骨关节炎发病及进展的生物力学因素[J]. *国际骨科学杂志*, 2012, 33(3):153-156. DOI:10.3969/j.issn.1673-7083.2012.03.001.
- [18] Kuroyanagi Y, Nagura T, Kiriya Y, et al. A quantitative assessment of varus thrust in patients with medial knee osteoarthritis[J]. *Knee*, 2012, 19(2):130-134. DOI:10.1016/j.knee.2010.12.007.
- [19] Chang A, Hayes K, Dunlop D, et al. Thrust during ambulation and the progression of knee osteoarthritis[J]. *Arthritis Rheum*, 2004, 50(12):3897-3903. DOI:10.1002/art.20657.
- [20] Fukaya T, Mutsuzaki H, Wadano Y. Kinematic analysis of knee varus and rotation movements at the initial stance phase with severe osteoarthritis of the knee[J]. *Knee*, 2015, 22(3):213-216. DOI:10.1016/j.knee.2015.02.012.
- [21] Matsui Y, Kadoya Y, Uehara K, et al. Rotational deformity in varus osteoarthritis of the knee: analysis with computed tomography[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, (433):147-151.
- [22] Chang AH, Chmiel JS, Moio KC, et al. Varus thrust and knee frontal plane dynamic motion in persons with knee osteoarthritis[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2013, 21(11):1668-1673. DOI:10.1016/j.joca.2013.08.007.
- [23] Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis[J]. *Clin Geriatr Med*, 2010, 26(3):355-369. DOI:10.1016/j.cger.2010.03.001.
- [24] LaPrade RF, Wentorf F. Diagnosis and treatment of posterolateral knee injuries[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2002, (402):110-121.
- [25] Kean CO, Hinman RS, Bowles KA, et al. Comparison of peak knee adduction moment and knee adduction moment impulse in distinguishing between severities of knee osteoarthritis[J]. *Clin Biomech*, 2012, 27(5):520-523. DOI:10.1016/j.clinbiomech.2011.12.007.
- [26] Chang A, Hochberg M, Song J, et al. Frequency of varus and valgus thrust and factors associated with thrust presence in persons with or at higher risk of developing knee osteoarthritis[J]. *Arthritis Rheum*, 2010, 62(5):1403-1411. DOI:10.1002/art.27377.
- [27] Fukutani N, Iijima H, Fukumoto T, et al. Association of varus thrust with pain and stiffness and activities of daily living in patients with medial knee osteoarthritis[J]. *Phys Ther*, 2016, 96(2):167-175. DOI:10.2522/ptj.20140441.
- [28] Lo GH, Harvey WF, McAlindon TE. Associations of varus thrust and alignment with pain in knee osteoarthritis[J]. *Arthritis Rheum*, 2012, 64(7):2252-2259. DOI:10.1002/art.34422.
- [29] Bennell KL, Dobson F, Roos EM, et al. Influence of biomechanical characteristics on pain and function outcomes from exercise in medial knee osteoarthritis and varus malalignment: exploratory analyses from a randomized controlled trial[J]. *Arthritis Care Res*, 2015, 67(9):1281-1288. DOI:10.1002/acr.22558.
- [30] Deie M, Hosono T, Shimada N, et al. Differences between opening versus closing high tibial osteotomy on clinical outcomes and gait analysis[J]. *Knee*, 2014, 21(6):1046-1051. DOI:10.1016/j.knee.2014.04.007.
- [31] Shimada N, Deie M, Hirata K, et al. Courses of change in knee adduction moment and lateral thrust differ up to 1 year after TKA[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(8):2506-2511. DOI:10.1007/s00167-015-3688-3.
- [32] Kim SJ, Moon HK, Chun YM, et al. Is correctional osteotomy crucial in primary varus knees undergoing anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(5):1421-1426. DOI:10.1007/s11999-010-1584-1.
- [33] Van de Pol GJ, Arnold MP, Verdonschot N, et al. Varus alignment leads to increased forces in the anterior cruciate ligament[J]. *Am J Sports Med*, 2009, 37(3):481-487. DOI:10.1177/0363546508326715.
- [34] Krohn K. Footwear alterations and bracing as treatments for knee osteoarthritis[J]. *Curr Opin Rheumatol*, 2005, 17(5):653-656. DOI:10.1097/01.bor.0000175460.75675.d3.

(修回日期:2016-12-13)

(本文编辑:汪玲)