

·综述·

步态分析在膝关节骨性关节炎中的应用进展*

杨静怡^{1,2} 何红晨^{1,2} 宗慧燕^{1,2} 杨霖^{1,2} 姜俊良^{1,2} 何竞^{1,2,3}

膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis,KOA)是中老年人的常见病和多发病,其疼痛、关节活动度、肌力及生物力学异常引起的步态异常是导致患者平地行走、上下楼梯等日常步行能力受限的主要原因。随着老年化社会进程加快,KOA的发病率呈逐年递增趋势^[1-2]。有流行病学调查了中国6个城市(上海、成都、广州、哈尔滨、西安、石家庄)40岁以上的中老年人KOA的患病率高达15.6%^[3]。随着现代测量技术的发展,步态分析作为生物力学的一个特殊分支,能够对运动学和动力学情况进行客观动态的定量分析及适时的干预。近年来,步态分析在KOA患者中的应用越来越受到国内外学者重视,结合最新的研究结果和本课题组经验,本文就该问题进行综合阐述。

1 步态分析在KOA诊断中的应用

目前,步态分析已经广泛运用于骨骼肌肉系统疾病的诊断、评定和治疗,甚至某些疾病的临床特征,例如关节疼痛、僵硬和肌肉功能障碍^[4-5]。现阶段对于KOA的诊断都是以影像学 and 症状学为主要依据^[6]。影像学的诊断标准主要依据X线片上膝关节间隙是否变窄、关节边缘是否骨质增生、软骨下骨是否硬化和囊性变进行诊断及严重程度的分级。症状学的诊断标准主要依据膝关节是否有疼痛、发僵、肿胀、关节活动度受限及功能障碍进行诊断。然而这两种诊断方法均不能反映KOA患者下肢生物力学的改变及由此引起的异常步态。以生物力学为原理的三维步态分析技术作为一种客观科学的评估方式,正好弥补了影像学 and 症状学诊断的不足。

步态分析在KOA诊断中的应用主要体现在对KOA患者的严重程度分级诊断方面。Tas^[7]通过临床对比发现,步态分析检查在评价骨关节炎的时间-空间参数有良好的稳定性,尤其是在步宽、跨步长和步行速度等参数更为明显。Elbaz等^[8]对2911例KOA患者进行了步态分析检查,发现步态分析和KOA患者的Kellgren-Lawrence评级有明显相关性,提出基于步态分析对KOA患者的严重程度进行诊断分级。Elbaz等首先通过对KOA患者的三维步态分析时空参数进

行分级,然后用量表SF-36和WOMAC进行临床验证,并与影像学分级、疼痛、功能等进行比较分析,发现可以将KOA按照严重程度分为4级^[8]。也有学者根据影像学结合患者对疼痛严重程度的感受陈述对KOA严重程度进行分级^[9]。不仅如此,Asay^[10]采用双向随机模型研究后认为步态分析在KOA疼痛程度等相关诊断分级中有重要的价值。

但是,目前临床指南并没有提及步态分析在KOA的诊断作用,近期Ormetti和Brostrom等^[11-12]发表的系统评价在很大程度上解释了其原因,认为主要是目前研究中步态分析所涉及参数的有效性和该检查手段本身的稳定性存在不足,有待进一步的研究证据提供支持。

2 步态分析在KOA功能评定中的应用

2.1 步态分析用于评估KOA患者的关节功能

传统的康复评定方法不能对KOA的患者的关节功能和步行能力进行客观量化的评估,步态分析正好弥补了这一短板。有研究者发现,可以通过步态分析的时空参数对KOA患者进行功能分级^[13-14]。根据步态分析所得的时空参数(步速、步频、步长等)可以判断步行的速度和节律,根据运动学和动力学参数(关节活动度、力矩、功率等)可以判断关节功能、步行的稳定性、流畅性、对称性和协调性。Tas等^[15]通过三维步态分析系统比较正常人和不同严重程度的KOA患者的时空参数。该研究将80例诊断为双侧KOA的患者按Kellgren-Lawrence radiologic量表分为严重程度不同的3级:第一阶段29例,第二阶段28例,第三阶段23例。对照组为30例健康人群。其研究结果发现处于第一和第二阶段的KOA患者和对照组的时空参数无显著性差异,第三阶段患者的步频、步速、步长和跨步长与其他三组均有显著性降低,跨步时间、双支撑时间、单支撑时间均有显著性增加。

第一和第二阶段的KOA患者关节功能和步行能力与正常人无显著性差异,第三阶段的KOA患者的关节功能和步行能力明显下降,步态的稳定性降低还可能增加患者跌倒的风险。该研究结果证明了随着KOA的严重程度增加,神经

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.10.027

*基金项目:国家自然科学基金项目(81372110)

1 四川大学华西医院康复医学中心,成都,646000; 2 四川大学华西临床医学院康复学院; 3 通讯作者
作者简介:杨静怡,女,治疗师; 收稿日期:2016-05-20

肌肉的运动控制障碍和生物力学的改变导致步态异常,进而影响KOA患者关节功能和步行能力。

2.2 步态分析用于分析KOA关节功能障碍的原因

膝关节屈伸受限和步行能力受限是KOA患者最主要的功能障碍。通过步态分析可以获得与其相关的运动学与动力学参数,进一步分析这些数据可以发现更为重要的信息,例如疼痛时患者膝关节屈伸受限,患肢足跟不敢着地,前脚掌蹬离地面无功,着地方式异常,地面作用力尤其是前后剪力和地面的垂直作用力也会改变。除了患侧的支撑期时间短于健侧,步幅缩短以外,KOA患者因为疼痛和关节僵硬在步行过程中膝关节屈曲受限,以足趾着地的方式行走。

KyungWook Nha等^[16]通过三维步态分析系统对比KOA患者与正常人在步行过程中膝关节的生物力学变化,结果发现KOA患者伴有逐渐增加的关节松弛和僵硬,屈曲关节角度的降低及内收力矩的增加或屈曲力矩的降低。Kathryn Mills等^[17]运用三维步态分析发现单侧KOA、双侧KOA及正常人步行过程中下肢运动学存在较大的差异性。李峰等^[18]为探讨KOA患者足底压力的情况,选取40例KOA患者、10例正常老年人和10位正常年轻人,运用足底压力测试系统测试单足支撑期足底压力各阶段时间分布及地面垂直反力。其研究结果显示,KOA患者单侧肢体支撑相时间减少,缓冲时间缩短,缓冲力系数降低。这些研究从生物力学的角度探索了KOA患者关节功能障碍的运动学和动力学原因,为KOA患者关节功能障碍提供了客观精确生物力学参数。

陈菁华等^[19]利用三维步态分析从生物力学的角度探讨了膝关节骨性关节炎患者和正常人在步行过程中的下肢力学参数的差异,对比分析了15例单侧膝关节骨性关节炎患者和15例正常人,选取的指标为时空参数、运动学参数和动力学参数,研究结果表明步速、步长、步幅和单支撑相显著低于对照组,步宽和双支撑相显著高于对照组;观察组支撑相的平均屈膝角度、支撑相最大屈膝角度、摆动相最大屈膝角度和关节运动范围均显著小于对照组;观察组单足支撑结束时膝关节内部外展/内收力矩较对照组明显增加。研究表明膝关节骨性关节炎患者的步态有异于正常人,其通过降低步速和减少步长及支撑时间来减轻膝关节承受的压力,而步宽的增加可以提高步行的稳定性,单足支撑结束时膝关节内部外展/内收力矩较对照组明显增加则反映了在步行过程中膝关节骨性关节炎患者的膝关节所受的压力高于正常人。

3 步态分析在指导KOA临床治疗中的应用

疼痛是KOA患者最常见的临床症状,也是此类患者关节屈伸受限、日常生活活动受限,特别是步行受限和就医的主要原因。有报告称KOA患者比没有KOA的同龄人群的步行距离短,只有能够连续步行1km以上才不会明显影响日

常生活的自理,当疼痛严重到影响患者的步行能力时,他们常常担心自己会残疾进而产生焦虑情绪。因此,通过步态分析为临床治疗疼痛提供科学依据非常重要。

有研究者对KOA患者在步行中出现疼痛现象的生物力学机制进行分析^[20],患者被分为3组(无痛、轻度疼痛和重度疼痛),然后通过三维步态分析对参与测试的KOA患者分别进行分析,分析指标包括股四头肌肌力、膝关节活动范围、膝关节对线情况和疼痛值。结果显示,与无疼痛组相比较,重度疼痛组的患者在站立相中期的膝关节的屈曲力矩更大、膝关节内翻更严重,膝关节对线内翻可能是其功能退化的标志。在正常人的步行中,膝关节在支撑相中期受地面作用力的影响被动的伸展到全范围,膝关节在此刻的稳定性很少来自股四头肌的作用,而是由关节周围的骨组织和软组织共同维系。而此研究中重度疼痛的患者的屈曲力矩增大可能是此类患者的代偿方式,通过增强股四头肌的活动来维持膝关节的稳定性,尽管屈曲力矩增大会加剧疼痛,但是可以通过这种代偿方式来增强松弛的膝关节的稳定程度。

因此,针对步态分析发现的问题,进行股四头肌肌力训练、神经肌肉训练、关节稳定性训练、膝关节内翻矫正等治疗可能是缓解KOA疼痛,防止膝关节功能障碍的基本方法。

4 步态分析在KOA临床疗效评价中的应用

Gaudreault^[21]采用步态分析研究发现,肌力训练能使患者股四头肌和腘绳肌肌力增加,同时患者临床状态明显改善。但Pietrosimone^[22]通过步态分析结合神经肌肉电刺激及运动疗法在KOA中的最大屈曲峰值和屈曲角的变化却得到了阴性结果。Collins^[23]采用步态分析对使用护膝和随机共振模型的KOA患者进行治疗前后评价,发现其步态中屈曲角度增加而屈曲时间减少,并没有增加膝内收角和内收力矩,得出了护膝配合步态分析可以提高KOA患者运动学和动力学参数的结论。目前,步态分析对于KOA患者的肌力的影响虽尚无明确结论,但却显示了潜在的研究价值。

郭林等^[24]通过三维步态分析系统分析了53例KOA患者在全膝关节置换术前和术后1个月、6个月和1年的步态特点,置换后的行走速度、步长、步频和患侧支撑相均有明显改善,随访置换1年各参数基本达到正常水平。术前髌关节屈曲最大角度为15°,后伸8°,膝关节屈曲最大角度50°,踝关节屈曲最大角度14°;术后6个月髌关节屈曲最大角度27°,后伸17°,膝关节屈曲最大角度50°,踝关节屈曲最大角度14°。对于关节活动度的测定,步态分析不只是静态观察,而且能通过实时动态监测患者步行过程中每个关节的活动度。因此,运用三维步态分析能够更准确地了解膝关节的生物力学变化,进而探索更佳的手术方式及手术前后的康复治疗方法。

5 小结

为KOA患者提供运动学与动力学参数分析为主要方式的三维步态分析技术,不仅广泛应用于KOA的诊断/严重程度评估、关节功能评估,而且已经在指导临床治疗及评价临床疗效方面发挥了重要作用,具有重要的临床应用价值。但是,样本量太小、参数的有效性和该检查手段的稳定性是目前有待改进的问题。通过三维步态分析指导KOA的临床康复治疗、探索KOA患者下肢生物力学变化与膝关节神经肌肉运动协调性的关系、实现适时采集三维步态分析数据并进行同步干预可能是未来的重要方向。

参考文献

- [1] Schuh A, Jezussek D, Fabijani R, et al. Conservative therapy of knee osteoarthritis[J]. MMW Fortschr Med, 2007, 149(25—26):31—32.
- [2] Higgs R. Osteoarthritis: Concentrated efforts to detect early OA[J]. Nature Reviews Rheumatology, 2010, 6(11):616.
- [3] 李宁华, 张耀南, 张毅, 等. 国内六大行政区域六城市中老年人群膝关节骨性关节炎患病危险因素比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, (39): 7758—7760.
- [4] Wilson JL, Deluzio KJ, Dunbar MJ, et al. The association between knee joint biomechanics and neuromuscular control and moderate knee osteoarthritis radiographic and pain severity[J]. Osteoarthritis and Cartilage, 2011, 19(2):186—193.
- [5] Henriksen M, Aaboe J, Bliddal H. The relationship between pain and dynamic knee joint loading in knee osteoarthritis-varies with radiographic disease severity: a cross sectional-study[J]. Knee, 2012, 19:392—398.
- [6] Chen A, Gupte C, Akhtar K, et al. The global economic cost of osteoarthritis: How the UK compares[J]. Arthritis, 2012, 2012:698709.
- [7] Tas S, Guneri S, Kaymak B, et al. A comparison of results of 3-dimensional gait analysis and observational gait analysis in patients with knee osteoarthritis[J]. Acta Orthopaedica Traumatologica Turcica, 2015, 49(2): 151—159.
- [8] Elbaz A, Mor A, Segal G, et al. Novel classification of knee osteoarthritis severity based on spatiotemporal gait analysis[J]. Osteoarthritis and Cartilage, 2014, 22(3): 457—463.
- [9] Altman R, Alarcon G, Appelrouth D, et al. The American college of rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip[J]. Arthritis & Rheumatism, 1991, 34(5):505e14.
- [10] Asay JL, Boyer KA, Andriacchi TP. Repeatability of gait analysis for measuring knee osteoarthritis pain in patients with severe chronic pain[J]. Journal of Orthopaedic Research, 2013, 31(7): 1007—1012.
- [11] Ornetti P, Maillefert JF, Laroche D, et al. Gait analysis as a quantifiable outcome measure in hip or knee osteoarthritis: a systematic review[J]. Joint Bone Spine, 2010, 77(5): 421—425.
- [12] Brostrom EW, Esbjornsson AC, Von Heideken J, et al. Gait deviations in individuals with inflammatory joint diseases and osteoarthritis and the usage of three-dimensional gait analysis[J]. Best Practice & Research Clinical Rheumatology, 2012, 26(3): 409—422.
- [13] Debi R, Mor A, Segal G, et al. Correlation between single limb support phase and self-evaluation questionnaires in knee osteoarthritis populations[J]. Disability and Rehabilitation, 2011, 33(13—14):1103—1109.
- [14] Elbaz A, Mor A, Segal O, et al. Can single limb support objectively assess the functional severity of knee osteoarthritis? [J]. The knee, 2012, 19(1):32—35.
- [15] Taş S, Güneri S, Baki A, et al. Effects of severity of osteoarthritis on the temporospatial gait parameters in patients with knee osteoarthritis[J]. Acta Orthopaedica Traumatologica Turcica, 2014, 48(6):635—641.
- [16] Nha K W, Dorj A, Feng J, et al. Application of computational lower extremity model to investigate different muscle activities and joint force patterns in knee osteoarthritis patients during walking[J]. Computational & Mathematical Methods in Medicine, 2013, 2013(6):314280—314280.
- [17] Mills K, Hettinga BA, Pohl MB, et al. Between-limb kinematic asymmetry during gait in unilateral and bilateral mild to moderate knee osteoarthritis[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2013, 94(11): 2241—2247.
- [18] 李峰, 王常海, 张蓉, 等. 膝骨性关节炎功能评价步态指标研究——足底压力各阶段时间分布及地面垂直反力[J]. 中国康复理论与实践, 2007, 13(12): 1165—1167.
- [19] 陈菁华, 王芴斌, 林颖, 等. 膝骨性关节炎患者平地行走的下肢生物力学分析[J]. 按摩与康复医学, 2015, 6(10): 16—18.
- [20] O'Connell M, Farrokhi S, Fitzgerald GK. The role of knee joint moments and knee impairments on self-reported knee pain during gait in patients with knee osteoarthritis[J]. Clinical Biomechanics, 2016, 31: 40—46.
- [21] Gaudreault N, Mezghani N, Turcot K, et al. Effects of physiotherapy treatment on knee osteoarthritis gait data using principal component analysis[J]. Clinical Biomechanics, 2011, 26(3): 284—291.
- [22] Pietrosimone BG, Saliba SA, Hart JM, et al. Effects of disinhibitory transcutaneous electrical nerve stimulation and therapeutic exercise on sagittal plane peak knee kinematics and kinetics in people with knee osteoarthritis during gait: a randomized controlled trial [J]. Clinical Rehabilitation, 2010, 24(12): 1091—1101.
- [23] Collins A, Blackburn T, Olcott C, et al. A kinetic and kinematic analysis of the effect of stochastic resonance electrical stimulation and knee sleeve during gait in osteoarthritis of the knee [J]. Journal of Applied Biomechanics, 2014, 30(1): 104—112.
- [24] 郭林, 崔大平. 全膝关节置换前后的三维步态分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(13): 2417—2420.