

·临床研究·

双侧膝骨性关节炎动态足底受力时间分布规律研究*

王利春¹ 陈 华² 张洪丽¹ 吕 柳¹ 付 强¹ 王洪亮² 张 网³ 马翠霞¹

摘要

目的:分析双膝骨性关节炎(osteoarthritis, OA)患者在步行周期中支撑相时足底各区域压力变化与正常健康人的差异,为疾病状态下的足底压力变化特征提供量化依据。

方法:选取2016年1月—2018年12月于河北省沧州中西医结合医院就诊的30例双侧膝关节炎的患者以及30例健康正常人为研究对象,采用Foot Scan测量系统采集患者及正常人足底7个区域的数据,选择各区域开始触地时刻、结束触地时刻,以及触地(受力)时间比作为主要参数进行统计分析。

结果:正常健康组相较于双KOA组,开始触地时刻左足足底M1区($P<0.01$)、M2区($P<0.05$)较晚,右足足底M1区、M2区、M3区、M4区($P<0.01$)较晚;结束触地时刻,左足足底M3区($P<0.05$)、M4区、M5区、HM区、HL区($P<0.01$)较早,右足足底M3区、M4区较早($P<0.05$)、HM区、HL区较早($P<0.01$);触地时间比,左足足底M2区、M3区、M4区、M5区、HM区、HL区较短($P<0.01$),右足足底M1区、M2区、M3区、M4区、HM区、HL区较短($P<0.01$)。双KOA患者左右足比较,开始接触地面时刻无差异,左足结束触地时刻M4、M5区较右足晚($P<0.05$),触地时间百分比M5区较右足高($P<0.01$)。

结论:①双KOA患者左右足受力不均衡,主要表现在M4、M5结束触地时刻左足较右足晚。②双KOA患者足底各区域受力时间分布具有特征性,足底各区域触地(受力)时间百分比左右足高于正常健康人群,M3、M4区触地(受力)时间延时长。

关键词 双膝骨性关节炎; 触地时刻; 生物力学; 足底压力

中图分类号:R684,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2020)-08-0944-05

A study on the time distribution of dynamic plantar stress in bilateral knee osteoarthritis/WANG Lichun, CHEN Hua, ZHANG Hongli, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2020, 35(8): 944—948

Abstract

Objective: To analyze the changes of plantar pressure between patients with bilateral knee osteoarthritis(OA) and normal controls during walking cycle, and provide quantitative evidence for the changes of plantar pressure in patients with osteoarthritis of both knees.

Method: From January 2016 to December 2018, 30 patients with bilateral knee arthritis and 30 healthy controls were selected from Cangzhou Integrated Hospital of traditional chinese and Western Medicine in Hebei Province. The Foot Scan measurement system was used to collect the data of 7 areas of the foot of patients and normal people. The time of starting contact, the time of ending contact and the time of touching the ground were selected as the main parameters for statistical analysis.

Result: Compared with the double KOA group, the left plantar M1 area and M2 area were later, and the right plantar M1 area, M2 area, M3 area and M4 area were later ($P<0.01$) at the beginning of touching the ground in the normal health group than in the double knee osteoarthritis group ($P<0.01$), and in the right plantar M1 area, M2 area, M3 area and M4 area ($P<0.01$). At the end of ground contact, the left plantar M3 area ($P<$

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.08.011

*基金项目:河北省科技厅2016年自筹经费项目(162777137)

1 河北省沧州中西医结合医院康复院区,061001; 2 河北省沧州中西医结合医院骨七科; 3 河北省沧州中西医结合医院生物力学中心
第一作者简介:王利春,男,副主任医师; 收稿日期:2019-02-02

0.05), M4 area, M5 area, HM area, HL area ($P<0.01$), right plantar M3 area, M4 area ($P<0.05$), HM area and HL area were earlier ($P<0.01$). The contact time was shorter in the left plantar M2, M3, M4, M5, HM and HL regions, and shorter in the right plantar M1, M2, M3, M4, HM and HL regions ($P<0.05$), and the contact time was shorter in the left plantar M2, M3, M4, M4 and M5 areas. There was no significant difference in the beginning of contact between the left and right feet. The M4 and M5 areas of the left foot were later than those of the right foot at the end of the contact time ($P<0.05$), and the percentage of contact time in the M5 area was higher than that of the right foot ($P<0.01$).

Conclusion: ①The force on the left and right feet of patients with double KOA is uneven. The main manifestation is that the left foot is later than the right foot at the end of M4 and M5. ②The distribution of stress time in each area of foot in patients with double KOA was characteristic. The percentage of contact time in each area of foot was higher than that in normal healthy people, and the delay of contact time in M3 and M4 areas was the longest.

Author's address Rehabilitation Hospital Area of Cangzhou Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital, Hebei Province, 061001

Key word bilateral knee osteoarthritis; contact time; biomechanics; plantar pressure

膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis, KOA)已成为我国中老年人群的常见病、多发病。帖小佳等^[1]对2001—2016年数据采用meta分析研究发现中国40岁以上中老年人膝关节骨关节炎总患病率为17.0%。

关于KOA患者足底压力方面,目前国内外主要研究足底各区域最大压力、接触面积以及峰值压力^[2-6]、足底压力中心轨迹^[7]、地面反作用力、步角^[8]、足底压力区域转移^[9]、受力(接触)时间比差异的研究^[10-11],但未见足底各区域开始触地时刻、结束时刻的差异研究。本研究选用KOA患者和健康人群作为研究对象,采用Foot Scan测量系统采集患者及正常人足底7个区域的数据,选择各区域开始接触地面时间、离开地面(结束)时间以及接触时间比作为主要参数进行统计分析,研究两者在这些方面的差异,为临床KOA患者的评价提供新的思路和方法。

1 资料与方法

1.1 实验对象

2016年1月—2018年12月于河北省沧州中西医结合医院就诊的双侧KOA的患者30例作为双膝OA患者实验组,男15例,女15例,年龄为 53.1 ± 9.8 岁,另选取30例从未发生膝关节疼痛的健康成年人作为对照组,男21例,女9例,年龄为 52.1 ± 10.6 岁,所有受试者都签署了经伦理委员审定的足底压力检测知情同意书。

1.2 纳入排除标准

1.2.1 KOA的诊断标准:采用2001年美国风湿病学会制定的膝关节骨关节炎诊断标准^[12]:年龄 ≥ 50 岁;晨僵 $<30\text{min}$;关节活动时骨响声;膝部检查示显性肥大;有骨压痛;放射学检查有骨赘形成,符合以上中的3项者即可做出诊断。

1.2.2 双膝OA患者纳入标准:影像诊断采用K/L分级方法:Kellgren-Lawrence X线分级标准:0级正常;I级关节间隙可疑变窄、可疑有骨赘;II级关节间隙可疑变窄、明显骨赘;III级关节间隙明显变窄、中量骨赘,有些骨质硬化或磨损;IV级关节间隙明显变窄、大量骨赘、骨质严重硬化、明显磨损和畸形。纳入患者符合以下条件:膝关节疼痛、僵硬、肿胀等临床症状小于5个月;年龄在50—65岁;既往无关节手术者;签署知情同意书;KOA放射学评估为III/IV级。

1.2.3 双膝OA患者排除标准:不符合上述诊断标准和纳入标准的患者;合并有严重心脑血管疾病或脏器衰竭不能耐受刺激者及精神病患者;因神经肌肉因素而步态异常的患者(包括脑卒中、脑外伤、脊髓损伤和疾病、脑瘫、帕金森氏等患者);膝关节肿瘤、结核、感染、类风湿等其他疾病的患者;合并有脊柱、髋部、踝、足部疾病而可能影响步态测量者;年龄大于75岁及小于18岁的患者;因关节疼痛不能自主行走而需借助他人或辅助工具行走的患者。

1.3 实验设备

比利时 RS- Scan International 公司的 Foot scan.7 gait 2nd generation 步态足底压力测量系统及足底压力测试平板。

1.4 检测方法

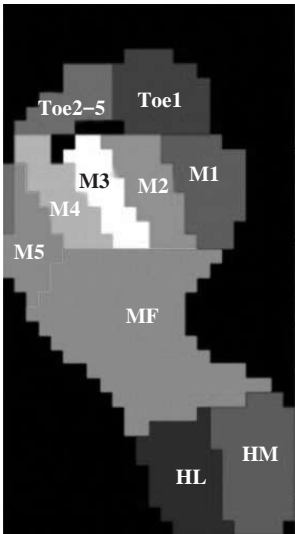
要求每个受试者赤足在压力平板上自然行走通过测力板 8—10 次,采集受试者前后步态较为一致的测量数据,要求每次测量左右脚各有 3—4 次落在测试平板上,并且离测力板 1m 开始行走。每次测试之前受试者要先练习 3 次。足底各区域在步行周期支撑时相接触地面的开始时间、结束时间、接触时间比均有足底压力分析系统自动分析得出。

1.5 采集观察指标

左右双足足底 7 个区域第 1 跖骨区(the first metatarsus, M1)、第 2 跖骨区(the second metatarsus, M2)、第 3 跖骨区(the third metatarsus 3, M3)、第 4 跖骨区(the fourth metatarsus, M4)、第 5 跖骨区(the fifth metatarsus, M5)、足跟内区(Heel Medial, HM)、足跟外区(Heel Lateral, HL)在步行周期支撑时相接触地面的开始时间(% ,在整个支撑时相的第百分之几时刻开始接触地面)、结束时间(% ,在整个支撑时相的第百分之几时刻结束触地地面)以及%接触时间比(% ,结束时间-开始时间)。足底各区域划分见图 1。

本研究将 M1、M2、M3、M4、M5 区域作为前足来考量。

图 1 足底压力区域分布图



1.6 统计学分析

采用 SPSS23.0 软件分析数据,KOA 组与正常健康组的性别构成用卡方检验,其他计量资料以均数±标准差表示,采用独立样本 *t* 检验,以 *P*<0.05 认为结果有显著性意义。

2 结果

见表 1—2。

2.1 两组开始触地时间的差异

正常健康组相较于双 KOA 组左足足底 M1 区开始接触地面的时间要晚(*P*<0.01),M2 区开始接触地面的时间也晚(*P*<0.05),而 M3、M4、M5、HM、HL 区相比较无显著性意义。正常健康组相较于双 KOA 组右足足底 M1 区、M2 区、M3 区、M4 区开始接触地面的时间要晚(*P*<0.01),而 M5、HM、HL 区相比较无显著性意义。双 KOA 组左右足相比足底各区开始触地时间无显著性意义。

2.2 两组结束触地时间的差异

正常健康组相较于双 KOA 组左足足底 M3 区结束触地时间较早(*P*<0.05),M4 区、M5 区、HM 区、HL 区结束触地的时间也较早(*P*<0.01),而 M1、M2 区相比较无显著性意义。正常健康组相较于双 KOA 组右足足底 M3 区、M4 区结束触地时间较早(*P*<0.05),HM 区、HL 区结束触地的时间也较早(*P*<0.01),而 M1 区、M2 区、M5 区相比较无显著性意义。双 KOA 组左右足相比,左足足底 M4 区、M5 区结束触地时间较右足晚(*P*<0.01),而 M1 区、M2 区、M3 区、HM 区、HL 区相比较无显著性意义。

2.3 两组触地时间比的差异

正常健康组相较于双 KOA 组左足足底 M2 区、M3 区、M4 区、M5 区、HM 区、HL 区触地时间比较短(*P*<0.01),而 M1 区相比较无显著性意义。正常健康组相较于双 KOA 组右足足底 M1 区、M2 区、M3

表 1 正常健康组与双膝骨关节炎组一般情况

组别	年龄($\bar{x}\pm s$)	性别(男/女)
正常健康组	52.1±10.6	21/9
双 KOA 组	53.1±9.8	15/15
<i>P</i>	0.81	0.187
<i>t/χ²</i>	0.168	1.736

注:年龄用独立样本 *t* 检验,性别用 χ^2 检验,*P*>0.05,说明两者之间无显著性差异,可以进行对比分析。

区、M4区、HM区、HL区触地时间比较短($P<0.01$),而M5区相比较无显著性意义。双KOA组左右足相比,左足足底M5区触地时间比较右足长($P<$

0.01),而M1区、M2区、M3区、M4区、HM区、HL区相比较无显著性意义。

表2 正常健康组与双KOA组触地时间

($\bar{x}\pm s, \%$)

足底区域	开始触地时间		结束触地时间		接触时间比	
	正常健康组	双KOA组	正常健康组	双KOA组	正常健康组	双KOA组
左足						
M1	10.65±6.45	6.81±4.20 ^①	91.36±2.00	90.72±4.04	80.63±7.07	83.90±6.08
M2	7.37±3.91	5.21±3.23 ^②	92.17±1.76	92.84±2.32	84.77±4.45	87.63±3.99 ^②
M3	5.39±2.76	4.10±2.89 ^②	91.89±1.72	93.08±1.87 ^②	86.47±3.89	89.00±3.50 ^②
M4	4.39±2.57	3.18±2.32	90.44±2.12	92.33±2.17 ^①	85.97±3.98	89.30±3.54 ^①
M5	4.51±2.71	4.31±6.71	86.39±3.17	89.79±3.02 ^①	81.93±4.72	86.60±4.29 ^①
HM	0	0	61.97±6.63	70.52±6.66 ^①	62.07±6.71	70.47±6.70 ^①
HL	0	0	60.95±6.98	70.08±7.01 ^①	60.97±6.99	69.90±6.99 ^①
右足						
M1	12.01±6.60	6.45±4.66 ^①	93.33±1.65	92.53±3.20	81.03±7.51	86.10±6.09 ^①
M2	8.15±4.96	4.66±3.30 ^①	92.98±1.21	93.28±1.82	84.77±5.44	88.53±4.01 ^①
M3	6.41±4.63	3.36±2.83 ^①	91.64±1.4	92.72±2.11 ^②	85.23±4.55	89.27±4.01 ^①
M4	5.37±4.24	2.53±2.38 ^①	88.90±2.54	90.46±2.89 ^{②③}	83.52±4.12	87.90±4.48 ^①
M5	7.97±7.35	6.71±16.03	83.76±4.08	85.12±5.04 ^③	75.73±7.39	79.57±10.44 ^③
HM	0	0.16±0.58	61.99±9.20	69.44±9.24 ^①	61.93±9.31	69.36±9.16 ^①
HL	0	0.15±0.58	60.43±8.88	68.87±9.44 ^①	60.30±8.86	68.77±9.15 ^①

注:①与健康组相比 $P<0.01$;②与健康组相比 $P<0.05$;③双KOA组左右足比较 $P<0.01$

3 讨论

膝骨性关节炎是一种以关节疼痛、运动障碍为主要表现的慢性病^[13],严重的KOA会导致患者的长期疼痛,给患者的日常生活带来极大的不便。一项随访5—11年的研究^[14]提示,长期异常步态使患者膝骨关节炎加重,步态特征可以反映机体的功能状态,受人体解剖结构、生理功能、运动控制等多种因素的影响,当身体出现疾病状态时,步态会产生相应的变化,疾病与步态是相互影响的。

足底压力是定量步态分析的重要环节^[15],是分析和衡量异常足底应力分布和步态的基础,它对诊断运动系统疾病的病因诊断、分析具有极重要的意义。本课题研究了正常健康人与双KOA患者足底各区域触地时刻的差异比较。

3.1 双KOA组与健康成人组比较分析

付海燕等^[10]和姜志良^[11]研究发现,KOA患者足底各区域受力时间百分比均高于正常青年组,KOA患者膝关节内外侧旋转肌肉协调性已经发生改变,呈现异常步态,严重影响了行走过程中的稳定性。边蕾等^[16]也发现双侧KOA患者与健康成年人的步态特征存在差异,双侧KOA患者足底受力(触地)时间百分比M1值明显低于健康成年人,而M2、M3值

则明显高于健康成年人。本研究发现:双侧KOA患者足底各区域受力(触地)时间百分比左右足与健康成人存在差异,左足M2、M3、M4、M5、HM、HL值明显高于正常健康组,右足M1、M2、M3、M4、HM、HL值明显高于正常健康组,与前人的研究成果基本一致,但也有所出入,可能与样本量、年龄以及性别的不同有关,有待加大样本量进一步研究探讨。

单足支撑期分为足跟最初接触、跖骨最初接触、前足最初平放、足跟离开、足最后接触5个标志性时刻。有研究发现双侧KOA患者单足支撑时间明显大于健康成年人^[15],本研究双KOA患者足底各区域开始触地时刻,左足M1、M2区,右足M1、M2、M3、M4区较健康人早;结束触地时刻,左足M3、M4、M5、HM、HL区,右足M3、M4、HM、HL区较健康人晚,说明步行过程中KOA患者与健康人在足跟触地时刻无区别,跖骨最初接触时刻较健康人早,足跟离地时刻较健康人晚,足最后接触时刻较健康人晚,双KOA患者在步行周期单足支撑期各时刻的转换过程中存在特征性,单足支撑时间较正常健康人延长,与前人研究结果一致,双KOA患者由于疼痛或者潜意识里惧怕疼痛的自我保护,导致膝、踝关节活动性下降,限制了膝关节的摆动,从而表现出了单足支撑

时间的延长,故双侧KOA患者足底各区域受力(触地)时间百分比普遍高于健康组,实质反映的是膝关节活动度下降。本研究首次从触地时间(开始和结束)层面出发研究单足支撑期延长的阶段特征。M3、M4区触地时间延时最长,表明在前足蹬伸期存在足内翻趋势,膝关节受力发生改变,有可能是导致膝关节炎患者疼痛产生的原因,而KOA患者由于疼痛而避免M1区域蹬地,导致第M2、M3区域负重时间较健康成年人长^[15]。M1—M5区触地时刻顺序的变化,反应了足内外翻转程度,也能够预测膝关节内、外侧潜在的尚未表现出来的损伤,也可以作为治疗后疗效判定指标之一;是否随着疼痛程度的变化足底各区域触地时间(受力时间)会发生相应的迁移,是否可以将这种迁移,也就是足内翻程度作为评价KOA严重程度的指标,都需要进一步的研究。

3.2 双KOA组左右足的差异分析

张昊华等^[17]研究双膝疼痛患者的足底各区域与地面接触时间,左右足相比,M1、M5和HL的值差异有显著性意义。而本研究发现双KOA患者足底各区域与地面接触时间左右足相比,M5受力时间百分比存在显著差异,左足较右足时间延长;开始触地时刻,左右足之间无差异,而结束触地时刻,M4、M5存在差异,左足较右足时间延长,与前人结果有所差距,但也证明了双KOA患者左右足受力不均衡,在行走过程中左右下肢运动不协调,可能是造成KOA患者步态不稳,容易摔倒的原因之一。

4 结论

双KOA组与健康成人组比较,足底各区域受力时间百分比以M1、M2比较即可说明问题,各区域开始触地时刻比较M1、M2区较健康人早,结束触地时刻比较M3、M4、HM、HL区较健康人晚,在数据搜集过程中以上述数据为主,临床有利减少数据量。双KOA患者左右足受力不均衡,比较两侧差异时选择M4、M5即可。至于左右两侧差异时间长短尚需要进一步扩大样本量,可能与患者走路习惯,足弓高低,疼痛部位相关,可以进一步研究。

参考文献

- [1] 帖小佳,郑如庚,赵梦.中国中老年人膝关节骨关节炎患病率的Meta分析[J].中国组织工程研究,2018,22(4):650—656.
- [2] Zhang Z,Wang L,Hu K,et al.Characteristics of plantar loads during walking in patients with knee osteoarthritis[J].Med Sci Monit,2017,23:5714—5719.
- [3] Maria HB, Auhl M,Tan JM,et al.Biomechanical effects of prefabricated foot orthoses and rocker-sole footwear in individuals with first metatarsophalangeal joint osteoarthritis[J].Arthritis Care Res(Hoboken),2016,68(5):603—611.
- [4] 张永祥,张文洁,邵战海.膝关节骨性关节炎患者足底压力分布规律分析[J].中华临床医师杂志,2016,6(11):2955—2958.
- [5] 王明鑫,俞光荣.正常中国成年人足底压力分析[J].中国矫形外科杂志,2008,16(9):687—690
- [6] 袁刚,张木勋,王中琴.正常人足底压力分布及其影响因素分析[J].中华物理医学与康复杂志,2004,26(3):156—159.
- [7] 张永祥.膝关节骨性关节炎患者动静态足底压力分布规律分析[D].2009.
- [8] 付海燕,高汉义,张学玲.膝骨性关节炎中医手法与功能锻炼后的生物力学分析[J].中国组织工程研究,2015,19(33):5351—5354.
- [9] Li F, Mei Q, Gu Y. Effects of unstable elements with different hardness on lower limb loading[J].Acta Bioeng Biomech,2015,17(2):85—92.
- [10] 付海燕,杨海韵.膝骨性关节炎患者与正常青年人步态的对照[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(22): 4115—4118.
- [11] 姜志良.膝骨性关节炎老年患者步行动态稳定性的临床研究[J]中国伤残医学,2017,25(10):85-86.
- [12] 徐卫东,吴岳嵩,张春才.骨关节炎的诊断与治疗[M].上海:第二军医大学出版社,2004:3.
- [13] Altman R, Asch E,Bloch D,et al.Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis.Classification of osteoarthritis of the knee.Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association[J].Arthritis Rheum, 1986,29(8):1039—1049.
- [14] 王明鑫,俞光荣.正常人足底压力分析的研究进展[J].中国矫形外科杂志,2006,14(22): 1722—1724.
- [15] Hunt MA, Birmingham TB, Bryant D, et al. Lateral trunk lean explains variation in dynamic knee joint load in patients with medial compartment knee osteoarthritis[J].Osteoarthritis Cartilage,2008,16(5):591—599.
- [16] 边蕾,闫立,梁朝.双膝骨性关节炎患者步态特征的研究[J].中国临床医学,2014,21(1):39—41.
- [17] 张昊华,闫松华,刘志成.footscan@SCSI高频平板测试不同膝骨关节炎患者自然行走步态的生物力学比较[J].2012,14(43): 8019—8023.