

不同年龄人群行走时膝关节稳定性的研究*

詹荔琼¹ 韩 琼¹ 吴茂厚¹ 倪国新^{1,2}

摘要

目的:通过对年轻人和老年人在不同速度下膝关节运动学参数进行评估,以明确两组人群在膝关节动态稳定性方面的表现与差异。

方法:运用Opti-Knee膝关节在体运动分析系统分别采集正常年轻人($n=15$)及老年人($n=19$)在不同步速行走时膝关节6个自由度数据(屈/伸角度、内/外旋转角度、内/外翻转角度、前/后位移、内/外位移、上/下位移),探讨两组不同速度下膝关节稳定性参数的变化情况。

结果:①与低速行走(3km/h)相比,年轻人在中速(6km/h)和高速(7km/h)行走时的膝关节屈伸角活动范围均有显著性差异($P<0.05$);②老年人膝关节在高速(5km/h)行走时的内外位移明显大于低速(3km/h)行走时($P<0.05$);③同样在低速(3km/h)行走时,老年人膝关节的上下位移显著大于年轻人($P<0.05$)。

结论:在低速行走时,老年人相比年轻人膝关节的稳定性欠佳;随着步行速度的增加,年轻人膝关节动态稳定性无明显变化,而老年人在高速(5km/h)行走时膝关节稳定性显著下降。

关键词 速度;膝关节;在体稳定性

中图分类号:R684,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2018)-12-1425-04

Dynamic assessment and comparative analysis of knee stability in young and old subjects/ZHAN Liqiong, HAN Qiong, WU Maohou, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33(12): 1425—1428

Abstract

Objective: To collect the kinematic parameters of knee joints of young and old people, and to evaluate the knee function and in-body stability at different speeds.

Method: Six degrees of freedom(DOF) of knee joints(flexion/extension, internal/external rotation, varus/valgus, anterior/posterior displacement, medial/lateral displacement, proximal/distal displacement) in normal young people ($n=15$) and the elderly($n=19$) were collected respectively by Opti_Knee[®] assessment system in vivo. The gait parameters were compared under different speeds.

Result: ①Compared with 3km/h group, the range of flexion and extension angles of normal young people at 6km/h and 7km/h increased significantly($P<0.05$). ②The medial/lateral displacement of the normal elderly at 5km/h group was obviously greater than at 3km/h($P<0.05$). ③Under normal walking speed (3km/h), the proximal/distal displacement of the elderly was significantly larger than that of the young people($P<0.05$).

Conclusion: The stability of knee joint in elderly is unstable at normal walking speed (3km/h). There is no obvious change in stability of knee joint in normal young people at different speed, while the knee joint in elderly is unstable at rapid walking speed (5km/h).

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou, 350005

Key word speed; knee; in vivo stability

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.12.009

*基金项目:福建省医学创新课题(2017-CX-25)

1 福建医科大学附属第一医院康复医学科,福州,350005; 2 通讯作者

作者简介:詹荔琼,女,住院医师; 收稿日期:2018-05-25

作为人体最大的负重关节,膝关节的稳定是下肢运动功能的基础,因此,了解其稳定性是全面评估关节功能状态的重要部分^[1]。临床上常采用体格检查和影像学等手段初步了解膝关节稳定性,然而均无法准确、客观反映关节的运动学特征。最近有研究证实,光导航技术可定量测量运动状态下膝关节的三维结构变化,客观评估其在体稳定性^[2]。

膝关节的稳定性受到很多生理因素的影响,比如有研究曾采用体格检查和影像学技术证实,膝关节的稳定性及活动度随着年龄的增大而逐渐下降^[3]。然而,不同年龄人群膝关节动态稳定性是否有差异并不清楚。本研究拟采用数字导航膝关节三维动态运动分析系统对年轻人和老年人不同速度行走时膝关节运动学参数进行评估,以明确两组膝关节的动态稳定性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究纳入志愿者34例,根据年龄分为年轻组(22—28岁)和老年组(53—70岁)。所有受试者均可独立步行,意识清楚,可正常沟通,无心脏病史及起搏器,无明确下肢关节创伤史和手术史,受试前均通过关节测角器测量膝关节冠状面上股胫角、踇外翻角、第1、2跖骨内翻角等以排除膝关节内外翻、踇外翻畸形等足部类畸形及其影响步态的疾病。

1.2 步行速度选择

一般情况下,3km/h属于慢速步行^[4],老年人的平均步速为4.51—4.75km/h,而年轻人则为5.32—5.43km/h^[5]。根据预试验观察,本试验中选择年轻人和老年人的低、中、高速步行速度分别为3km/h、6km/h、7km/h;3km/h、4km/h、5km/h。

1.3 膝关节稳定性测试方法

使用红外光导航膝关节在体检测系统(Opti_Knee[®],上海Innomotion公司)分别对两组受试者进行步态数据采集。该评估方法结果可靠,可重复,信效度高,已广泛应用于各项研究^[6]。具体方法:首先调整红外线摄像头焦距,拍摄镜头高度150cm,运动平台与步态分析系统主机上红外线摄像头间距2m,测试中患者着运动短裤,以保证标志点在运动中的位置,防止衣服对反光点的遮挡。三维步态分析标

记点定位:取股骨头外侧大转子、股骨外侧髁、股骨内侧髁、内侧胫骨平台、外侧胫骨平台、腓骨头外侧、胫骨结节、内踝、外踝和地面任意三点为12个定标点,将2个红外光感应器固定于受试者股骨远端及胫骨近端,确保红外光发射源、接收器与红外光感应器之间的光路畅通。确认运动平板行走区域均在红外线摄像头采集范围内,受试者在跑步机上进行约1min常规步行训练直至平稳时,开始以30帧/s的频率采集步态数据,采集时间为15s,系统自动采集膝关节在每个活动周期内股骨相对于胫骨的内/外翻角、内/外旋角、屈曲/伸展角、前/后位移、上/下位移以及内/外位移等6个自由度数据并保存。提取每位受试者数据,将多周期数据拟合成1个周期并导出。通过Excel软件测量计算各参数的平均值及标准偏差,比较不同年龄人群在不同速度下膝关节6个自由度的变化差异。

1.4 统计学分析

采用SPSS 22.0统计软件进行数据处理。计量资料以均数±标准差表示,运用单因素方差分析和独立样本 t 检验,采用Pearson相关分析比较膝关节上下位移与年龄、体重等因素的相关性, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 受试者基本情况

见表1。两组一般资料比较,年龄、体重、BMI指数差异具有显著性意义($P < 0.05$),性别分布、身高未见显著差异($P > 0.05$)。

2.2 年轻组在不同速度下膝关节稳定性比较

见表2。相比3km/h步行速度,正常年轻人在6km/h、7km/h速度下膝关节屈伸角活动范围差异有显著性意义($P < 0.05$),其他膝关节自由度未见明显差异。

2.3 老年组在不同速度下膝关节稳定性比较

见表3。在5km/h速度下老年人膝关节内外位移距离大于3km/h组($P < 0.05$)。

2.4 3km/h速度下不同年龄组人群膝关节稳定性比较

见表2—3。通过统计分析,结果显示在3km/h正常步行速度下,老年组的上下位移大于年轻组,且差异具有显著性意义($P < 0.05$)。

表1 研究对象一般资料

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

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	BMI
		男	女				
年轻组	15	3	12	23.9±1.8	159.2±8.4	52.0±8.1	20.4±1.7
老年组	19	7	12	63.2±5.3 ^①	160.5±8.1	60.8±12.9 ^①	23.4±3.8 ^①

注:①与年轻组相比 $P < 0.05$

表2 年轻组在不同速度下膝关节6个自由度比较

($\bar{x} \pm s, n=15$)

膝关节自由度	3km/h	6km/h	7km/h
上下位移(cm)	0.37±0.12	0.38±0.12	0.40±0.14
内外位移(cm)	0.38±0.20	0.52±0.21	0.57±0.23
前后位移(cm)	0.50±0.23	0.58±0.28	0.63±0.32
屈伸角(°)	27.32±3.66	35.46±6.66 ^①	38.90±5.72 ^①
内外翻(°)	4.21±1.49	5.02±2.71	5.53±2.84
内外旋(°)	4.63±1.93	6.13±2.77	6.25±2.79

注:①与3km/h相比 $P < 0.05$

表3 老年组在不同速度下膝关节6个自由度比较

($\bar{x} \pm s, n=19$)

膝关节自由度	3km/h	4km/h	5km/h
上下位移(cm)	0.49±0.18	0.53±0.23	0.56±0.26
内外位移(cm)	0.31±0.10	0.35±0.10	0.39±0.12 ^①
前后位移(cm)	0.46±0.22	0.50±0.26	0.52±0.27
屈伸角(°)	29.17±5.84	30.13±5.70	27.44±4.43
内外翻(°)	4.28±1.90	4.13±1.76	3.94±1.62
内外旋(°)	5.30±2.58	5.63±2.55	5.47±2.07

注:①与3km/h相比 $P < 0.05$

3 讨论

3.1 膝关节稳定性测试

膝关节稳定性测试是膝关节运动功能评估的重要内容。临床上常采用体格检查(如抽屉试验、轴移试验、Lachman试验等)和影像学(MRI)等手段进行初步评估,然而这些主观评定方法结果容易受到临床经验、机械设备、拍摄体位等因素的影响,假阴性率高。近年来一些新的技术被用于膝关节稳定性的客观评估,并可反映关节的损伤程度^[7-10],但也存在一定局限性,例如步态分析系统仪器昂贵且占地面积大^[7];KT2000/KT1000膝关节测量仪^[10]仅能量化膝关节前后向稳定性,并不能检测膝关节冠状面及矢状面位移及角度等。相比而言,本研究所采用的红外光导航膝关节三维动态运动分析系统具有以下优点:①本技术通过捕捉膝关节佩戴的红外标记点反射信号实时记录运动数据,实现膝关节运动学特征的数字化动态评估;②该技术将标记点空间位置与关节骨性标记点空间位置相对应,以获取关节三维

运动的客观数据(即三个平移自由度和三个旋转自由度:前后位移(抽屉运动)、内外位移(左右平移)、上下位移(压缩与分离)、膝关节的伸屈、内外旋转、内外翻旋转),对膝关节运动功能进行全面评价;③其系统操作简单,数据可靠,已得到相关研究证实^[2,11]。

3.2 不同年龄人群行走时膝关节稳定性测试

对于影响关节稳定性的相关因素,既往研究采用传统膝关节稳定性测试发现,随着年龄增长膝关节的稳定性及活动度随之下降^[3],除此之外,研究人员还观察不同坡度下行走对膝关节稳定性的影响,发现下坡时膝关节内旋及内翻角度比上坡大,导致关节软骨载荷分布不均,进而膝关节组织退化加速,导致膝关节内旋及内翻角度增加^[12]。然而,不同年龄人群膝关节动态稳定性是否存在差异,具体表现在哪一方向自由度尚不清楚,且步行速度是否对膝关节稳定性产生影响目前尚不明确。为此,本研究通过三维步态运动分析系统观察不同年龄人群膝关节运动动力学的参数变化,通过对6个自由度结果的比较发现:①步行速度的增加仅仅导致年轻组膝关节屈伸角度的生理性增加,对其他自由度并不产生明显影响,说明步行速度增加对年轻人膝关节动态稳定性无明显影响;而高速行走时,老年组膝关节内外位移稍有增加(相比3km/h),可能影响膝关节冠状面稳定性。根据既往文献报道,膝关节稳定性受多种因素影响,除年龄、性别、关节本体感觉外^[13-16],还依赖韧带的制约及肌肉力量的均衡^[17]。②研究表明前交叉韧带损伤会造成膝关节稳定性不同程度的下降^[18]。腘绳肌和股四头肌系参与膝屈、伸运动的主要肌肉,而肌力减退亦可导致膝关节稳定性下降^[19-20]。综上所述,韧带主要引导关节活动,而周围肌肉则可稳定关节的静态和动态姿势^[20]。本研究所示老年组随着步行速度的增加,膝关节内外位移同步增加,稳定性下降,其原因可能由于老年人肌肉、韧带等软组织功能减退,导致胫骨相对于股骨的内

外位移增加,引发膝关节冠状面稳定性下降,但两者是否存在相关,则是下一步的研究重点。③同样在低速(3km/h)行走时,老年组膝关节的上下位移显著大于年轻组($P < 0.05$)。因膝关节上下位移受重力及韧带完整性影响较大,结合本研究膝关节上下位移与体重的相关性分析,结果显示无明显相关($P > 0.05$),推测可能与老年人韧带松弛有关,因此仍需完善韧带完整性与关节稳定性的相关性研究。

3.3 研究的局限

综上所述,常规行走对老年人膝关节稳定性不产生影响,随着步行速度增加,老年人膝关节稳定性明显下降,因此,不建议老年人进行高速跑步运动,以防引发膝关节不稳。本研究采用体表骨性标记点的配准定位方法,基于红外光导航技术分别对不同年龄人群在行走时膝关节三维步态数据进行采集分析,比较6个自由度的差异,为临床评估提供准确的运动学功能信息,操作简便,效率较高。同时存在不足之处:①本研究发现低速行走时,老年人膝关节上下位移与年轻人差异显著,经分析后发现老年人膝关节上下位移与体重无明显相关,考虑纳入样本较少,需要进一步加大研究例数,并完善膝关节磁共振检查排除韧带损伤可能。②本研究设置了低、中、高速组,在前期试验中,根据受试者自身耐受力,分别采用不同速度(年轻人3km/h、6km/h、7km/h,老年人3km/h、4km/h、5km/h),且该研究只对年轻人和老年人的步态数据进行采集,未检测其他年龄人群的步态数据,可能造成结果偏倚,需在后续工作中加以完善。

参考文献

- [1] Zhang Y, Huang W, Yao Z, et al. Anterior cruciate ligament injuries alter the kinematics of knees with or without meniscal deficiency[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(12): 3132—3139.
- [2] Zhang Y, Yao Z, Wang S, et al. Motion analysis of Chinese normal knees during gait based on a novel portable system[J]. *Gait Posture*, 2015, 41(3): 763—768.
- [3] Schmidt R, Benesch S, Friemert B, et al. Anatomical repair of lateral ligaments in patients with chronic ankle instability[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2005, 13(3): 231—237.
- [4] Adachi T, Kono Y, Iwatsu K, et al. Duration of moderate to vigorous daily activity is negatively associated with slow walking speed independently from step counts in elderly women aged 75 years or over: A cross-sectional study[J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2017, 74: 94—99.
- [5] TranSafety Inc. Study compares older and younger pedestrian walking speeds[EB/OL]. <http://www.usroads.com/journals/p/rej/9710/re971001.htm>, 2012-02-20.
- [6] Yao ZL, Wang SB, Zhang Y, et al. Clinical significance of a novel knee joint stability assessment system for evaluating anterior cruciate ligament deficient knees[J]. *Orthop Surg*, 2016, 8(1): 75—80.
- [7] 沈梅, 金可心, 毛世刚, 等. 前交叉韧带重建后本体感觉训练前后步行参数变化的计算机辅助三维步态分析系统比较[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(48): 8947—8950.
- [8] Yamazaki J, Muneta T, Ju YJ, et al. The kinematic analysis of female subjects after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction during single-leg squatting[J]. *J Orthop Sci*, 2013, 18(2): 284—289.
- [9] Kumar D, Manal KT, Rudolph KS. Knee joint loading during gait in healthy controls and individuals with knee osteoarthritis[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2013, 21(2): 298—305.
- [10] 张延明, 张喜善, 郭秀程, 等. 前交叉韧带重建后再次关节镜检查结果分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2013, 21(16): 1689—1691.
- [11] Benoit DL, Ramsey DK, Lamontagne M, et al. Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo[J]. *Gait Posture*, 2006, 24(2): 152—164.
- [12] 周稳. 不同坡度对前交叉韧带损伤后膝关节运动学的影响[D]. 上海体育学院, 2015.
- [13] 王隽. 我国男排运动员下肢关节稳定性的评价指标和干预手段研究[D]. 北京体育大学, 2016.
- [14] Pasma JH, Engelhart D, Maier AB, et al. Changes in sensory reweighting of proprioceptive information during standing balance with age and disease[J]. *J Neurophysiol*, 2015, 114(6): 3220—3233.
- [15] Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, et al. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players[J]. *Am J Sports Med*, 1999, 27(3): 312—319.
- [16] Chouteau J, Testa R, Viste A, et al. Knee rotational laxity and proprioceptive function 2 years after partial ACL reconstruction[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20(4): 762—766.
- [17] Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee[J]. *Sports Med Arthrosc*, 2011, 19(2): 82—92.
- [18] 汪田福, 郝智秀, 高相飞. 前交叉韧带生物力学特性及其损伤对膝关节稳定性的影响[J]. *清华大学学报*, 2010, 50(7): 1005—1008.
- [19] Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Karvonen-Gutierrez C, et al. Isometric quadriceps strength in women with mild, moderate, and severe knee osteoarthritis[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2010, 89(7): 541—548.
- [20] 乐意, 金荣疆, 阳杨, 等. 从下肢生物力学来解析膝骨关节炎[J]. *中国康复理论与实践*, 2013, 19(6): 505—509.