

脑卒中偏瘫患者膝过伸步态运动学特点分析

杜玲玲, 夏清

【摘要】 目的:探讨脑卒中偏瘫患者膝过伸步态的三维运动学特点及其与步行速度的相关性,从运动学角度探讨影响膝过伸患者步行速度的主要因素。**方法:**利用三维步态分析系统对15例伴有膝过伸步态的脑卒中偏瘫患者和15例健康老年人进行运动学定量比较,并将其与步行速度进行相关性分析。**结果:**与正常对照组相比,膝过伸患者的步长、步频减小,步速减慢,支撑期百分比延长(均 $P<0.05$);膝过伸患者髋、膝、踝关节活动范围减小,最大伸髋、屈膝、踝背屈角度减小,最大伸膝角度增加(均 $P<0.05$)。步行速度与步频、支撑相百分比、踝关节活动范围、最大屈膝角度和最大踝跖屈角度均相关(均 $P<0.05$)。**结论:**脑卒中偏瘫膝过伸患者下肢关节活动不同程度受限,步行速度下降,其中屈膝和踝跖屈异常是影响膝过伸患者步行速度的主要因素。

【关键词】 脑卒中;偏瘫;膝过伸;运动学;步行能力

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2018.01.002

The kinematic characteristics of the knee hyperextension gait in stroke patients with hemiplegia Du Lingling, Xia Qing. Department of Rehabilitation Medicine, the Affiliated Hefei Hospital of Anhui Medical University, the Second People's Hospital of Hefei, Hefei 230011, China

【Abstract】 Objective: Using three-dimensional gait analysis system to analyze the kinematic parameters and the correlation with walking speed, so as to explore the main kinematic factors influencing the walking speed of stroke patients with knee hyperextension. **Methods:** The kinematic parameters were compared between 15 stroke patients with knee hyperextension and 15 healthy elderly people, and the correlation between walking speed and kinematic parameters was analyzed. **Results:** Compared to the healthy elderly people, step length, stride frequency and walking speed in the stroke patients were significantly reduced, but the supporting period percentage was increased ($P<0.05$). The joint range of motion (ROM) of hip, knee and ankle in stroke patients was reduced and the maximal angle of hip extension, knee flexion and ankle dorsiflexion was also reduced, but the maximal angle of knee extension was increased significantly as compared with those in the healthy elderly ($P<0.05$ for all). The gait function was correlated with kinematic parameters (steps per minute, stance percent, the ROM of knee and the maximal angle of knee flexion and ankle plantar flexion) in stroke patients ($P<0.05$). **Conclusion:** Because of the motor dysfunction of lower extremities, the walking speed of stroke patients was decreased. The dysfunction of knee flexion and ankle plantar flexion was the important factors that influenced the walking speed in stroke patients with knee hyperextension.

【Key words】 stroke; hemiplegia; knee hyperextension; kinematics; walking ability

脑卒中是发病率和致残率较高的疾病,绝大多数脑卒中幸存者会出现不同程度的下肢功能障碍^[1],其中约40%~68%的患者在步行中表现出膝过伸步态^[2]。膝过伸不仅严重制约患者步行能力的恢复,降低患者的生存质量,长期过伸还会引起膝关节退行性

改变^[3]。因此评估和纠正膝过伸步态,提高患者步行能力,已成为膝过伸患者康复急需解决的问题。目前临床上对于膝过伸步态分析主要还是以目测观察为主,具有明显的主观局限性,本文依靠三维步态分析系统对膝过伸步态进行客观定量分析,寻找异常步态的主要特点和影响步行能力的主要因素,从而为临床康复治疗提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2017年4月~2017年8月合肥市第二人民医院康复医学科住院的脑卒中偏瘫患者共15例为观察组,脑卒中诊断符合全国第四届脑血管

基金项目:合肥市2016年度科技攻关计划项目"三维步态分析技术在偏瘫患者膝过伸定量评定中的应用"(合科(2017)3号-52)

收稿日期:2017-09-04

作者单位:安徽医科大学附属合肥医院;合肥市第二人民医院康复医学科,合肥230011

作者简介:杜玲玲(1993-),女,硕士研究生,主要从事神经康复的研究。

通讯作者:夏清, xiaqing233921@yeah.net

病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[4],均经颅脑 CT 或 MRI 证实;均符合膝过伸诊断标准:通过步态分析后股经关节矢状面支撑期伸展角度超过 0° 则为膝过伸^[5]。纳入标准:初次发病,病程 < 2 年,存在一侧肢体偏瘫;无需他人或辅助器具帮助下能独立且安全行走至少 10m;偏瘫下肢 Brunnstrom 分期为 III 期及以上;患者本人或家属知情同意,并签署知情同意书。排除标准:伴有明显认知障碍【简易精神状态检查表(Minimum Mental State Examination, MMSE) < 24 分】、视听理解障碍,无法配合;伴有影响步行能力的神经系统疾病,如不自主运动、帕金森病、震颤等;伴有肌肉骨关节疾病,如关节畸形、骨折、退行性改变等;伴有严重心、肺、肝和肾功能不全等。其中男 10 例,女 5 例;平均年龄(52.53 ± 12.77)岁;平均病程(11.67 ± 8.67)个月;平均身高(167.40 ± 8.83)cm;左侧偏瘫 6 例,右侧偏瘫 9 例;脑出血 8 例,脑梗塞 7 例。对照组:选择年龄、性别、身高等相匹配的健康老年人 15 例作为正常对照组。其中男 10 例,女 5 例,平均年龄(51.20 ± 11.87)岁,平均身高(167.33 ± 6.89)cm。2 组性别、年龄、身高差异无统计学意义,具有可比性。

1.2 方法 实验场地为合肥市第二人民医院康复医学科步态实验室;仪器设备采用 Codamotion 三维动作捕捉系统(Charnwood Dynamics Ltd,英国)评估受试者步态的时空参数和关节运动学参数,4 台 cx1 捕捉器分别位于实验走道左右两侧,可精确采集受试者在走道内行走时所有下肢标记点的三维坐标变化。标记点为主动式红外发光点,由驱动盒进行驱动,系统对每个标记点保持一对一识别。打开设备,连接 4 台 cx1 捕捉器使之相互共享,建立坐标并标定 Codamotion Pointer,受试者着统一短裤露出大腿以下部位,按照模版要求穿戴下肢步态套件(共 26 位发光点),使用标定好的 Codamotion Pointer 标记体表标记点,分别为左右髂前上棘、左右股骨内外侧髁、左右踝内外侧髁以及空间静态点。向受试者介绍测试过程并示范后,受试者以裸足自然行走速度通过走道数次,熟悉流程后正式开始采集,完整采集到 3 个以上连续周期的三维运动数据为一次成功试验,要求至少采集 6 次每位受试者的成功试验数据。

1.3 评定标准 时空参数:步长、步频、步速、支撑相百分比;下肢关节运动学参数:髋关节、膝关节、踝关节矢状面的关节活动范围(ROM)、最大屈曲角度、最大伸直角度。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 21.0 统计软件对所得数据进行统计学分析,符合正态分布的计量资料

用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内均数比较采用配对 t 检验,组间均数比较采用独立样本 t 检验。步行能力与步态参数间相关性分析采用双变量分析(Bivariate)。检验水准 $\alpha < 0.05$ (双侧)作为显著性检验的标准。

2 结果

对照组下肢左右侧在步行中各项运动学参数差异均无统计学意义。与健侧下肢比较,观察组患者患侧支撑期百分比、髋关节 ROM、最大屈髋角度、膝关节 ROM、最大屈膝角度、最大踝关节背屈角度均减小(均 $P < 0.05$),最大伸膝角度和最大踝跖屈角度增加,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。与对照组左、右侧均作比较,观察组患者患侧步速减慢、步长减短、步频减小和支撑期百分比显著延长(均 $P < 0.05$),患侧髋关节 ROM、最大伸髋角度显著减小(均 $P < 0.05$),患侧膝关节 ROM、最大屈膝角度显著减小,最大伸膝角度显著增加(均 $P < 0.05$);患侧踝关节活动范围、最大踝背屈角度显著减小(均 $P < 0.05$),患侧髋关节最大屈曲角度、踝关节最大跖屈角度与对照组比较差异无统计学意义。见表 1。

表 1 2 组步行中左右侧运动学参数比较 $\bar{x} \pm s$

参数	对照组($n=15$)		观察组($n=15$)	
	左侧	右侧	患侧	健侧
步速(m/s)	0.61 ± 0.11	0.62 ± 0.13	0.15 ± 0.11^b	0.15 ± 0.11
步长(m)	0.45 ± 0.07	0.46 ± 0.07	0.17 ± 0.06^b	0.14 ± 0.10
步频(steps/min)	91.31 ± 8.46	89.67 ± 9.23	52.44 ± 23.62^b	66.33 ± 31.03
支撑期百分比(%)	56.87 ± 3.14	56.33 ± 2.89	70.72 ± 5.93^a	82.32 ± 8.29
髋关节 ROM($^{\circ}$)	34.03 ± 4.17	35.28 ± 4.89	21.62 ± 6.67^a	35.77 ± 11.72
最大屈髋($^{\circ}$)	32.33 ± 8.77	32.39 ± 9.28	29.31 ± 11.92^a	39.12 ± 7.48
最大伸髋($^{\circ}$)	1.71 ± 7.77	2.90 ± 9.13	-7.68 ± 11.98^b	-3.35 ± 14.79
膝关节 ROM($^{\circ}$)	54.70 ± 4.83	56.38 ± 6.36	32.28 ± 10.79^{ab}	43.37 ± 8.48
最大屈膝($^{\circ}$)	58.39 ± 6.55	59.00 ± 5.92	27.83 ± 9.65^{ab}	50.84 ± 5.28
最大伸膝($^{\circ}$)	-3.69 ± 5.89	-2.62 ± 5.40	4.44 ± 5.00^{ab}	-7.47 ± 7.43
踝关节 ROM($^{\circ}$)	23.23 ± 4.93	23.46 ± 2.86	16.98 ± 6.34^b	19.14 ± 3.97
最大踝背屈($^{\circ}$)	11.17 ± 4.54	12.36 ± 3.55	2.86 ± 5.92^{ab}	14.42 ± 4.07
最大踝跖屈($^{\circ}$)	12.06 ± 3.69	11.11 ± 3.73	14.11 ± 8.78^a	4.72 ± 4.31

与观察组健侧比较, $^a P < 0.01$;与对照组比较, $^b P < 0.01$

膝过伸运动学参数与步行速度的相关性分析显示,步行速度与步频呈正相关($P < 0.05$),与支撑期百分比负相关($P < 0.05$);与膝、踝关节活动范围均有关(均 $P < 0.05$);与髋关节活动范围、最大屈曲角度、最大伸直角度无相关,与膝关节最大屈曲角度正相关($P < 0.05$)、与最大伸膝角度无关,与踝关节最大背屈角度无关,与踝关节最大跖屈角度正相关($P < 0.05$)。见表 2。

表2 膝过伸运动学参数与步行速度的相关性分析 $\bar{x} \pm s$

参数	均值±标准差	相关系数(r)	P
步长(m)	0.17±0.06	0.304	0.270
步频(steps/min)	52.44±23.62	0.819	<0.01
支撑期百分比(%)	70.72±5.93	-0.811	<0.01
髋关节 ROM(°)	21.62±6.67	0.451	0.092
最大屈髋(°)	29.31±11.92	0.168	0.550
最大伸髋(°)	-7.68±11.98	-0.418	0.121
膝关节 ROM(°)	32.28±10.79	0.614	0.015
最大屈膝(°)	27.83±9.65	0.699	0.004
最大伸膝(°)	4.44±5.00	0.022	0.939
踝关节 ROM(°)	16.98±6.34	-0.683	0.005
最大踝背屈(°)	2.86±5.92	0.254	0.361
最大踝跖屈(°)	14.11±8.78	0.664	0.007

3 讨论

膝过伸是由于脑卒中后神经肌肉功能受损,引起下肢肌群协调功能紊乱、肌张力异常,导致膝关节控制能力下降而产生的一种代偿性姿势^[6]。主要表现为膝关节在支撑期过度伸展超过中立位水平,通过膝关节的向后伸展维持下肢暂时性的稳定^[5]。三维步态分析系统具有客观、准确、定量的特点,近年来被逐渐应用于偏瘫步态分析中^[7],但目前针对偏瘫患者膝过伸步态的评估仍以目测观察为主,定量分析较少。本研究主要通过客观准确的步态分析系统,寻找膝过伸的步态特点和影响步行能力的主要因素,为临床康复提供依据。

步行周期始于一侧足跟着地到该侧足跟再次着地,包括支撑相(占步态循环的60%)和摆动相(占步态循环的40%)。本研究结果发现脑卒中偏瘫膝过伸患者步态周期中患侧均表现出支撑期百分比延长,且健侧较患侧延长,故相应摆动期百分比减小,这说明膝过伸患者在步行中患侧下肢缺乏足够负重和控制能力,主要依靠健侧代偿来完成步行^[8]。步速是反映步行能力较为敏感和准确的指标,与平衡功能、运动功能、日常生活活动能力均呈高度相关^[9]。与正常对照组相比,膝过伸患者患侧的步长变短,步频减小,步行速度降低,表明脑卒中偏瘫膝过伸患者的步行能力明显降低,下肢缺乏足够的负重能力和控制能力,这与国内外对于偏瘫患者步态时空参数研究结果基本一致^[10-11]。瞿晓娜等^[12]研究表明偏瘫步态中步速也是影响其他步态参数的重要因素之一,与步长、步频呈正相关,与支撑相百分比负相关。而本研究结果显示膝过伸患者步速仅与步频和支撑期百分比相关,与步长之间相关性无显著性意义,可能是与膝过伸患者步速较低有关。这也符合 Nakamura 等^[13]的研究结果,即当步速较低时,步速的增加主要依靠步频,当步速较高时,步速的增加主要依靠步长。故临床上可通过加强

脑卒中偏瘫膝过伸患者下肢各关节的控制能力,提高步态稳定性,对于步速较低的患者可通过增加步频来增加步速,当患者步速增加到一定程度,可通过增加患者步长来提高步速。

正常人步行时,双上肢有节奏的周期性交替摆动,重心随着身体前进左右对称移动,髋关节、膝关节和踝关节间相互协调屈伸,互相影响。膝过伸患者常伴有膝关节屈伸肌力不协调和肌张力增高^[6,14],使患者难以控制膝关节的屈伸,只有通过膝关节过伸以增加膝后结构组织张力来暂时性稳定膝关节,故与正常对照组相比,膝过伸患者的膝关节活动范围、最大屈曲和伸直角度差异均有显著性意义,在步行中表现出明显的屈曲受限和过度伸直。步速被证实是评价脑卒中偏瘫患者步行能力较为可靠、准确和敏感的指标,同时具有较高的可靠性和可重复性^[9,15]。本文选用步行速度来评价膝过伸患者的步行能力,通过进一步分析可知,步行能力与膝关节活动范围和最大屈曲角度之间存在相关性,与最大伸直角度相关性无显著意义,说明膝关节功能障碍对于步行能力的影响主要是由于屈曲受限导致,故在治疗时应以改善屈膝角度为主。目前普遍认为下肢关节角度变化可用于评定偏瘫水平^[16]。本研究中膝过伸患者的髋、膝、踝关节活动范围均有不同程度受限,考虑可能与中枢神经受损,分离运动不充分有关。膝关节和髋关节最大屈曲角度减小还易引起摆动期廓清障碍^[17],使步长缩短,可进一步影响患者步行速度。与正常对照组相比,膝过伸患者出现明显伸髋受限,考虑一方面可能是由于臀大肌肌力低下,伸髋无力;另一方面可能是由于伸髋屈膝受限导致摆动延迟^[18]。徐光青等^[15]研究发现,伸髋受限与身体侧方移动也有关,是影响偏瘫患者步行能力的主要因素。但本研究在膝过伸步态中并未发现伸髋受限与步速之间存在相关性,说明在膝过伸患者中可能存在某种代偿机制以减少伸髋受限对于步速的影响,比如患者在摆动前期骨盆前倾或腰椎前凸代偿迈步,故尚需进一步结合骨盆和躯干的运动综合分析。

有学者研究发现膝关节运动与踝关节活动密切相关^[19],并且发现足下垂可能是膝过伸出现的潜在影响因素^[20]。本研究通过对膝过伸患者踝关节运动学分析,发现膝过伸患者存在明显踝关节活动受限,尤其是踝背屈受限。当患者背屈肌无力,加之小腿三头肌痉挛时,常常以足趾或者足外侧接触地面,易出现踝关节支撑相不稳^[21],通过下肢力线越过膝关节向前,使膝关节过度伸直代偿来稳定下肢。虽然膝过伸患者足趾离地时跖屈角度较大,但结合临床经验考虑主要是由于肌张力增高导致的踝关节跖屈挛缩,而不是前脚掌

用力蹬离地面导致的,缺少向前推动力,易影响胫骨和重心前移,导致步长缩短,步速减慢。并且通过进一步相关性分析发现,踝关节跖屈与步行能力存在相关性,说明减小患者跖屈角度是改善膝过伸患者步行能力的关键所在。

综上所述,不仅膝关节的功能障碍会影响膝过伸患者的步行速度,髋关节、踝关节的活动障碍也是影响步行速度的主要因素,临床上可通过步态分析后有针对性地改善相应关节的角度来提高膝过伸患者的步行能力。但因运动和力密切相关,各关节的运动主要是通过相应肌群相互协调和收缩来控制的,故还应进一步结合患者肌肉情况来综合分析。

【参考文献】

- [1] Verma R, Arya KN, Sharma P, et al. Understanding gait control in poststroke Implications for management[J]. Journal of bodywork and movement therapies, 2012, 16(1): 14-21.
- [2] Mao Y, Lo WL, Xu G, et al. Reduced knee hyperextension after wearing a robotic knee orthosis during gait training-a case study [J]. Biomedical materials and engineering, 2015, 26(s1): S381-S388.
- [3] Tani Y, Otaka Y, Kudo M, et al. Prevalence of Genu Recurvatum during Walking and Associated Knee Pain in Chronic Hemiplegic Stroke Patients: A Preliminary Survey[J]. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, 2016, 25(5): 1153-1157.
- [4] 王新德. 急性脑血管病诊断标准(第四届全国脑血管修订方案)[J]. 中华神经外科杂志, 1995, 23(6): 670.
- [5] Gross R, Delporte L, Arsenault L, et al. Does the rectus femoris nerve block improve knee recurvatum in adult stroke patients? A kinematic and electromyographic study[J]. Gait & posture, 2014, 39(2): 761-766.
- [6] 刘海兵, 廖麟荣, 邓小倩, 等. 脑卒中膝过伸研究进展[J]. 中国康复. 2014, 29(2): 137-140.
- [7] 王桂茂, 严隽陶, 刘玉超, 等. 三维运动解析系统测试脑卒中偏瘫步态的运动学定量评价[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14: 9816-9818.
- [8] Mehta S, Pereira S, Viana R, et al. Resistance training for gait speed and total distance walked during the chronic stage of stroke: a meta-analysis[J]. Top Stroke Rehabil, 2012, 19(6): 471-478.
- [9] Nadeau S, Betschart M, Bethoux F. Gait analysis for poststroke rehabilitation: the relevance of biomechanical analysis and the impact of gait speed[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2013, 24(2): 265-276.
- [10] 桑德春, 卢利萍, 邵春霞, 等. 老年脑卒中偏瘫患者的三维步态分析[J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19(9): 860-862.
- [11] Carmo AA, Kleiner AF, Costa PH, et al. Three-dimensional kinematic analysis of upper and lower limb motion during gait of post-stroke patients[J]. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 2012, 45(6): 537-545.
- [12] 瞿晓娜, 张腾宇, 王喜太, 等. 行走速度对步态参数影响的实验研究[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(3): 257-259.
- [13] Nakamura T, Yamamoto Y, Yamamoto T, et al. Distance and velocity meter for human motion analysis[J]. Med Biol Eng Comput, 1994, 32(1): 115-118.
- [14] Cooper A, Alghamdi GA, Alghamdi MA, et al. The relationship of lower limb muscle strength and knee joint hyperextension during the stance phase of gait in hemiparetic stroke patients[J]. Physiotherapy research international, 2012, 17(3): 150-156.
- [15] 徐光青, 兰月, 毛玉瑛, 等. 影响脑卒中偏瘫患者步行能力的三维运动学因素分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2010, 32(9): 673-676.
- [16] 毛玉荣, 李乐, 陈正宏, 等. 脑卒中患者步行能力与下肢三维运动学及动力学相关性分析[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(5): 442-447.
- [17] Sulzer JS, Gordon KE, Dhaher YY, et al. Preswing knee flexion assistance is coupled with hip abduction in people with stiff-knee gait after stroke[J]. Stroke 2010, 41(8): 1709-1714.
- [18] Prado-Medeiros CL, Silva MP, Lessi GC, et al. Muscle atrophy and functional deficits of knee extensors and flexors in people with chronic stroke[J]. Physical therapy, 2012, 92(3): 429-439.
- [19] Kobayashi T, Singer ML, Orendurff MS, et al. The effect of changing plantarflexion resistive moment of an articulated ankle-foot orthosis on ankle and knee joint angles and moments while walking in patients post stroke[J]. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 2015, 30(8): 775-780.
- [20] Appasamy M, Witt ME, Patel N, et al. Treatment strategies for genu recurvatum in adult patients with hemiparesis: a case series [J]. PM & R, 2015, 7(2): 105-112.
- [21] Leung J, Smith R, Harvey LA, et al. The impact of simulated ankle plantarflexion contracture on the knee joint during stance phase of gait: a within-subject study [J]. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 2014, 29(4): 423-428.