

脑卒中患者步行时足底压力中心不对称性及其与步速的相关性*

刘丽玲¹ 倪朝民^{1,2} 岳童¹ 刘孟¹ 刘郑¹ 陈进¹ 范文祥¹ 穆景颂¹ 王丽¹

摘要

目的:探讨脑卒中偏瘫患者步行时足底压力中心(COP)时空参数的不对称性及其与步速的相关性。

方法:选取能够独立步行的脑卒中偏瘫患者(偏瘫组)及健康中老年人(正常组)各30例,每组受试者均以自然步速进行步态测试,提取并计算步速、单支撑时间、双支撑时间、单支撑期COP在前后方向的位移(AP-COPDS)及速度(AP-COPVS)、双支撑期COP在前后方向的位移(AP-COPDD)及速度(AP-COPVD),计算COP时空参数的对称性比,组内进行两侧下肢COP时空参数比较,组间进行COP时空参数对称性比比较,并分析偏瘫组各步态参数对称性比与步速的相关程度。

结果:与健侧相比,患侧单支撑时间、AP-COPDS、AP-COPVS减小,AP-COPDD增加,差异均有显著性意义($P < 0.05$)。与正常组相比,偏瘫组单支撑时间、AP-COPDS、AP-COPVS三者的对称性比均减小,AP-COPDD对称性比增大,差异均有显著性意义($P < 0.05$)。偏瘫组步速与单支撑时间对称性比呈高度正相关($r=0.76, P < 0.05$),与AP-COPDS、AP-COPVS两者的对称性比呈中度正相关($r=0.682, r=0.442, P < 0.05$),与AP-COPVD对称性比存在负相关趋势($r=-0.363, P=0.053$)。

结论:脑卒中偏瘫患者步行时COP时空参数呈不对称性模式,且其不对称性与步速存在相关性。

关键词 卒中;足底压力中心;步速;步态不对称性

中图分类号:R743.3, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2017)-04-0409-05

Center of foot pressure asymmetry and its correlation with walk velocity among hemiplegic stroke survivors/LIU Liling, NI Chaomin, YUE Tong, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2017, 32(4): 409—413

Abstract

Objective: To explore the asymmetry of center of foot pressure and its correlation with walk velocity among hemiplegic stroke survivors.

Method: Thirty hemiplegic stroke survivors who could walk at least 10 meters were recruited as experimental group and thirty healthy elderly persons as control group. All participants were asked to walk across a walkway with embedded pressure sensitive mat. Outcome measures include walk velocity and the following parameters of each limb: single support time, double support time, anterior-posterior (AP) COP displacement during single-support phase (AP-COPDS), AP-COP velocity during single-support phase (AP-COPVS), AP-COPD during double-support phase (AP-COPDD), AP-COPV during double-support phase (AP-COPVD). Symmetry ratios of the parameters above were calculated. Student's *t* test was used to compare the symmetry ratios between two groups. Pearson correlation coefficients were required to determine the correlation between symmetry ratio and walk velocity.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.04.006

*基金项目:安徽省科技厅年度重点科研项目(11070403064)

1 安徽医科大学附属省立医院康复医学科,合肥,230000; 2 通讯作者

作者简介:刘丽玲,女,硕士研究生; 收稿日期:2016-01-10

Result: Among the experimental group, single support time, AP-COPDS, AP-COPVS decreased and AP-COP-DD increased on the affected side were significantly different from the unaffected side ($P < 0.05$). Compared with the control group, symmetry ratio of single support time, AP-COPDS, AP-COPVS decreased and AP-COP-DD increased in the experimental group significantly ($P < 0.05$). Walk velocity was highly positively correlated with the symmetry ratios of single support time ($r=0.76, P < 0.01$), moderately positively correlated with symmetry ratio of AP-COPDS and AP-COPVS ($r=0.682, r=0.442, P < 0.05$), and a tendency of negatively correlated with the symmetry ratio of AP-COPVD ($r=-0.363, P=0.053$).

Conclusion: The parameters of center of foot pressure are asymmetry and correlated with gait velocity among hemiplegic stroke survivors.

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, the Affiliated Provincial Hospital of Anhui Medical University, Hefei, 230000

Key word stroke; center of pressure; velocity; gait asymmetry

脑卒中偏瘫患者由于患侧肢体肌力、肌张力、感觉及运动控制等功能障碍,其步态常表现为步速下降,不对称性明显,足底压力分布异常,动态稳定性及步行效率下降等特点^[1-7]。步态不对称性与脑卒中患者下肢功能障碍程度、步速、平衡能力、步行稳定性密切相关,可以反映脑卒中患者下肢功能恢复程度及步行质量,长期不对称步态可能导致健侧肌肉骨骼疾患及患侧下肢骨质疏松等问题^[2,8-14]。然而,关于不对称性的研究多集中于支撑期、单支撑期及摆动期的时空参数、运动学参数及地面反作用力等^[3,7,12-13,15],关于足底压力中心(center of pressure, COP)时空参数不对称性以及双支撑期两个亚期的步态参数不对称性的研究较少^[9,11,16-17]。本文旨在研究包括双支撑期在内的各步行时相COP时空参数的不对称性模式,及其与步速的相关性,为脑卒中患者步态机制的研究及临床康复提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入标准:①符合在第4届全国脑血管病学术会议上通过的脑卒中诊断标准^[18],并经头颅CT或磁共振检查证实;②首次发病,且为单侧病灶;③关节无明显挛缩,在无辅助器具及外力辅助下能独立步行10m以上,且能在本实验室步道内完成标准的步态测试;④患侧下肢Brunnstrom分期^[1]为Ⅲ—V期;⑤自愿参加实验,并签署知情同意书。

排除标准:①合并有严重心、肺、肝、肾功能不全者;②合并有严重认知功能障碍,简明精神状态检查量表(minimum mental state examination, MMSE)

评分 ≤ 24 分^[14,19-20]或精神异常不能配合实验者;③伴有眼部疾病:严重屈光不正、偏盲及白内障等;④合并有其他影响步行能力及平衡功能的神经肌肉骨骼疾病及前庭系统疾病(如帕金森病、骨关节疾病及美尼尔病)等;⑤存在脑干病变者。

选取2013年9月—2014年12月,安徽省立医院康复医学科收治且符合以上标准的脑卒中患者30例作为偏瘫组,统计学分析时发现有一例患者的COP时空参数对称性比偏离整体均值10倍标准差以上,予以剔除,最终对29例脑卒中患者进行分析。其中男22例,女7例;脑出血9例,脑梗死18例,脑梗死合并出血2例;左侧偏瘫18例,右侧偏瘫11例。

另选取30例性别、年龄、身高及体重与偏瘫组相匹配的健康中老年人作为正常组,并签署知情同意书。两组受试者的一般资料经统计学分析比较,差异无显著性意义($P > 0.05$)。见表1。

表1 两组受试者一般资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)
		男	女			
正常组	30	20	10	51.37 $\pm$ 6.67	166.30 $\pm$ 6.13	64.72 $\pm$ 7.46
偏瘫组	29	22	7	53.79 $\pm$ 8.98	168.10 $\pm$ 4.58	67.34 $\pm$ 8.83

1.2 测试仪器及方法

测试仪器:采用国产的步态与平衡功能训练评估系统(AL-600型)进行步态测试,该系统由四部分组成:4块压力板(长 $\times$ 宽 $\times$ 厚为500mm $\times$ 400mm $\times$ 10mm)、信息转换控制器、计算机和分析软件,4块压力板铺成长2m,宽0.4m的压力步道,采样频率为100Hz。该系统基于分布式阵列压强传感器的原理,将压强传感器的压力信号转化为数字信号后传

入计算机,通过分析软件自动分析处理,快速生成评估报告。

测试方法:在安静的室内环境下,所有受试者脱掉鞋袜后以自然步速沿着步道的中线方向行走,为保证受试者匀速通过步道,每次均从压力步道前2m开始,穿过步道后继续行走2m。每例受试者测试前均进行2次预测试,待熟悉测试流程及注意事项后,再进行3次测试,为避免受试者疲劳,2次测试间休息5min,取3次测量均值进行统计分析。若步态采集不合格(如走到步道外),则重复测量几次,直至合格为止,若完成困难,则不被纳为研究对象。

1.3 观察指标

经系统分析软件提取并计算步速、单支撑时间、双支撑时间、单支撑期COP在前后方向(即矢状轴)的位移(anterior-posterior COP displacement during single-support phase, AP-COPDS)及速度(AP-COP velocity during single-support phase, AP-COPVS)、双支撑期COP在前后方向的位移(AP-COPD during double-support phase, AP-COPDD)及速度(AP-COPV during double-support phase, AP-COPVD),并计算COP时空参数的对称性比。AP-COP位移表示各步态亚期最后一个与第一个COP点在矢状轴上的距离,AP-COP速度为相对应的位移除以时间,AP-COP位移与速度在一定程度上反映了足底负重在前后方向转移的能力,位移与速度越大,说明足底负重转移的能力越强。考虑到身高与脚长对COP位移的影响,且与前人研究^[9]保持一致,本研究中AP-COPDD用身高百分比表示,而AP-COPDS用脚长百分比表示;双支撑期COP为双足的压力中心,右侧双支撑期是指左足触地开始至右足离地的时相,左侧同理^[21]。正常组对称性比按公式“对称性比=V左侧/V右侧”计算,偏瘫组按公式“对称性比=V患侧/V健侧”计算,其中V代表

各步态参数,当比值为1时,说明两下肢完全对称,偏离1越远,则对称性越差。

1.4 统计学分析

使用SPSS 16.0版统计软件进行数据分析,所有定量资料经K-S检验后均符合正态分布,故以均数±标准差表示。两组间性别比例比较采用 χ^2 检验,年龄、身高、体重及COP时空参数对称性比比较采用两独立样本 t 检验,组内两侧下肢各参数比较采用配对样本 t 检验,COP时空参数对称性比与步速相关性分析采用Pearson相关性分析法。相关度划分标准: $|r| < 0.4$ 表示轻度线性相关, $0.4 \leq |r| < 0.7$ 表示中度线性相关, $0.7 \leq |r| < 1$ 表示高度线性相关。

2 结果

2.1 组内两侧下肢各参数比较

正常组两侧下肢各COP相关参数比较差异无显著性意义($P > 0.05$);偏瘫组两下肢比较显示,与健侧相比,患侧单支撑时间、AP-COPDS、AP-COPVS减小,AP-COPDD增加,差异均有显著性意义($P < 0.05$),见表2。

2.2 组间COP时空参数对称性比比较

与正常组比较,偏瘫组的单支撑时间、AP-COPDS、AP-COPVS三者的对称性比均减小,AP-COPDD对称性比增大,差异均有显著性意义($P < 0.05$),见表3。

2.3 偏瘫组COP时空参数对称性比与步速相关性

偏瘫组单支撑时间对称性比与步速呈高度正相关($r=0.76, P < 0.05$),AP-COPDS、AP-COPVS两者的对称性比与步速呈中度正相关($r=0.682, r=0.442, P < 0.05$),AP-COPVD对称性比与步速呈负相关趋势($r=-0.363, P=0.053$),见表4。

表2 两组受试者COP时空参数比较 (x±s)

组别	例数	单支撑时间(s)	双支撑时间(s)	AP-COPDS(%)	AP-COPVS(cm/s)	AP-COPDD(%)	AP-COPVD(cm/s)
正常组							
左侧	30	0.44±0.04	0.14±0.03	47.14±7.44	24.52±4.61	25.85±2.84	312.76±66.77
右侧	30	0.43±0.04	0.15±0.03	46.99±8.43	24.90±5.11	25.50±3.01	297.60±58.97
偏瘫组							
患侧	29	0.39±0.07 ^①	0.35±0.15	17.64±14.03 ^①	9.78±7.34 ^①	18.77±4.58 ^①	116.82±71.82
健侧	29	0.52±0.12	0.36±0.22	24.57±11.61	11.73±6.18	17.25±4.91	114.36±67.48

①与健侧相比 $P < 0.05$

表3 两组受试者COP时空参数对称性比较 (x±s)

组别	例数	单支撑时间(s)	双支撑时间(s)	AP-COPDS(%)	AP-COPVS(cm/s)	AP-COPDD(%)	AP-COPVD(cm/s)
正常组							
左/右侧	30	1.02±0.06	0.97±0.14	1.02±0.20	1.00±0.18	1.02±0.07	1.06±0.18
偏瘫组							
患/健侧	29	0.79±0.21 ^①	1.09±0.35	0.64±0.42 ^①	0.78±0.42 ^①	1.12±0.25 ^①	1.14±0.45

与正常组相比:①P<0.05

表4 偏瘫组COP时空参数对称性比与步速的相关性 (r值)

组别	单支撑时间	双支撑时间	AP-COPDS	AP-COPVS	AP-COPDD	AP-COPVD
偏瘫组	0.760 ^①	0.034	0.682 ^①	0.442 ^①	-0.242	-0.363

①P<0.05

3 讨论

由于患侧下肢感觉、肌力及运动控制能力减退,脑卒中偏瘫患者步态的时空参数、运动学参数及足底压力峰值等呈现出不对称性模式^[3,7,12—13,15],而步行时COP时空参数是否呈现出类似的不对称性,目前少见报道^[9,17]。COP作为垂直地面反作用力的作用点,其位置的改变直接影响到地面反作用力作用于人体的力臂,从而影响人体受力及运动,步行时,COP在矢状面上的运动轨迹反映了人体足底负重向前移动的控制能力^[22]。相对于步速、时空参数等结果参数而言,COP作为力学指标,或许更能从力学的角度解释步态异常的根源,对于脑卒中步态机制的理解及临床康复方案的制订更具有针对性的指导意义^[22]。然而,COP多被用于研究站立平衡能力及姿势调节能力^[23],关于脑卒中步行时COP的研究较少^[11]。研究表明,双支撑期的步态参数可能更能反映步行过程中的姿势控制^[16,21],且被用以评估脑卒中患者步行的平衡能力^[24],但对双支撑期2个亚期的步态参数研究少见报道。本文旨在研究包括双支撑期在内的各步行时相COP时空参数不对称性模式,及其与步速的相关性,为脑卒中偏瘫患者步行机制的理解及临床康复方案的制订提供依据。

3.1 脑卒中偏瘫患者步行时COP时空参数的不对称性模式

正常健康人步行时两侧下肢的步态参数基本对称^[25],本研究显示,健康中老年人步行时,COP时空参数的对称性比的均值波动在0.97—1.02,偏离完美对称较小。而脑卒中偏瘫患者,由于患侧肢体感觉及运动功能的障碍,不管站立时,坐站转移过程中,还是步行时,脑卒中患者均表现为患侧下肢负重

能力下降,重心偏向健侧的不对称性模式^[2,21,23,26]。与健侧相比,脑卒中偏瘫患者患侧单支撑时间缩短,AP-COPDS及AP-COPVS减小,AP-COPDD增大,且与健康人相比,脑卒中偏瘫患者单支撑时间、AP-COPDS、AP-COPVS三者的对称性比均减小,AP-COPDD对称性比增大,偏离1的幅度均较健康中老年人增大。说明与时空参数、压力峰值等相似,脑卒中偏瘫患者步行时COP时空参数也呈现出不对称性模式,与Chisholm等^[9]的研究结果相一致。与健侧相比,患侧单支撑期足底负重转移能力下降更加明显,与负重从患侧向健侧转移相比,负重从健侧向患侧转移的能力受损更加严重,可能与患侧下肢负重能力下降以及对患侧下肢负重的信心不足有关,这也决定了临床康复过程中应着重加强患侧下肢功能的训练。

3.2 COP时空参数对称性比与步速的相关性

脑卒中偏瘫患者步速与生活自理能力、生存质量等相关,被认为是反映脑卒中患者步行功能及日常生活能力的重要指标^[27]。本研究显示,步速与单支撑时间对称性比呈高度正相关,与AP-COPDS、AP-COPVS两者的对称性比呈中度正相关,与前人研究相吻合^[9]。虽然本实验前期研究显示,脑卒中偏瘫患者两侧下肢COP时空参数均较健康中老年人减小,且均与步速存在相关性^[28],但本研究显示,患侧单支撑期及健侧双支撑期COP时空参数的减小幅度更大,且步速与AP-COPDS、AP-COPVS两者的对称性比呈中度正相关,与AP-COPVD对称性比存在负相关趋势($r=-0.363, P=0.053$),说明患侧下肢单支撑期负重转移能力,以及负重从健侧向患侧转移的能力受损更加严重,患侧单支撑期负重转移能

力以及负重从健侧向患侧转移能力的提高对于改善步态不对称性,增加步速可能更加重要。

综上所述,与健侧相比,患侧下肢单支撑时间缩短,AP-COPDS、AP-COPVS减小,AP-COPDD相对增大,且步速与单支撑时间、AP-COPDS、AP-COPVS三者的对称性比呈正相关,与AP-COPVD对称性比存在负相关趋势。说明脑卒中偏瘫患者步行时COP时空参数存在不对称性,且其不对称性与步速存在相关性。临床康复过程中,应加强患侧单支撑期负重能力、负重转移能力以及负重从健侧向患侧转移能力的训练。

由于本研究样本量不大,尚未针对性别、病程、脑卒中类型及病变部位等因素进行亚组分析,存在一定的缺陷,有待后期进一步完善。另外,由于不对称性计算方式繁多,根据前人研究推荐,本文选用对称性比表示不对称性^[16],但对称性比也有多种计算方式,不同的计算方式可能影响结果^[21],后期可对不同对称性比的计算方式的区别进行研究。

参考文献

- [1] 倪朝民.脑卒中的临床康复[M].合肥:安徽科学技术出版社,2013.94—129.
- [2] Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(2):304—310.
- [3] Chen G, Patten C, Kothari DH, et al. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds[J]. Gait Posture, 2005, 22(1):51—56.
- [4] Chen CY, Hong PW, Chen CL, et al. Ground reaction force patterns in stroke patients with various degrees of motor recovery determined by plantar dynamic analysis[J]. Chang Gung Med J, 2007, 30(1):62—72.
- [5] Platts MM, Rafferty D, Paul L. Metabolic cost of over ground gait in younger stroke patients and healthy controls[J]. Med Sci Sports Exerc, 2006, 38(6):1041—1046.
- [6] Titianova EB, Pitkanen K, Pääkkönen A, et al. Gait characteristics and functional ambulation profile in patients with chronic unilateral stroke[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2003, 82(10):778—786; quiz 787—779, 823.
- [7] De Quervain IA, Simon SR, Leurgans S, et al. Gait pattern in the early recovery period after stroke[J]. J Bone Joint Surg Am, 1996, 78(10):1506—1514.
- [8] Bovonsunthonchai S, Hiengkaew V, Vachalathiti R, et al. Gait symmetrical indexes and their relationships to muscle tone, lower extremity function, and postural balance in mild to moderate stroke[J]. J Med Assoc Thai, 2011, 94(4):476—484.
- [9] Chisholm AE, Perry SD, McIlroy WE. Inter-limb centre of pressure symmetry during gait among stroke survivors[J]. Gait Posture, 2011, 33(2):238—243.
- [10] Bowden MG, Balasubramanian CK, Neptune RR, et al. Anterior-posterior ground reaction forces as a measure of paretic leg contribution in hemiparetic walking[J]. Stroke, 2006, 37(3):872—876.
- [11] Mizelle C, Rodgers M, Forrester L. Bilateral foot center of pressure measures predict hemiparetic gait velocity[J]. Gait Posture, 2006, 24(3):356—363.
- [12] Kim CM, Eng JJ. Symmetry in vertical ground reaction force is accompanied by symmetry in temporal but not distance variables of gait in persons with stroke[J]. Gait Posture, 2003, 18(1):23—28.
- [13] Jørgensen L, Crabtree NJ, Reeve J, et al. Ambulatory level and asymmetrical weight bearing after stroke affects bone loss in the upper and lower part of the femoral neck differently: bone adaptation after decreased mechanical loading[J]. Bone, 2000, 27(5):701—707.
- [14] 尹傲冉,倪朝民,杨洁,等.脑卒中偏瘫患者步态的不对称性与平衡功能的相关性研究[J].中华物理医学与康复杂志,2014,36(3):190—193.
- [15] Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84(8):1185—1193.
- [16] Patterson KK, Gage WH, Brooks D, et al. Evaluation of gait symmetry after stroke: a comparison of current methods and recommendations for standardization[J]. Gait Posture, 2010, 31(2):241—246.
- [17] 岳童,倪朝民,刘孟,等.脑卒中患者足底压力与步行能力的相关性分析[J].中华物理医学与康复杂志,2015,37(5):353—356.
- [18] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379—380.
- [19] Tombaugh TN, McIntyre NJ. The mini-mental state examination: a comprehensive review[J]. J Am Geriatr Soc, 1992, 40(9):922—935.
- [20] 杨洁,倪朝民,尹傲冉,等.脑卒中偏瘫患者足底压力与步行时相关的相关性[J].安徽医科大学学报,2014,49(4):533—535,539.
- [21] Séléna L, Martina B, Rachid A, et al. Understanding spatial and temporal gait asymmetries in individuals post stroke[J]. Int J Phys Med Rehabil, 2014, 2:201. doi:10.4172/2329-9096.1000201.
- [22] Fuller EA. Center of pressure and its theoretical relationship to foot pathology[J]. J Am Podiatr Med Assoc, 1999, 89(6):278—291.
- [23] Hendrickson J, Patterson KK, Inness EL, et al. Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke[J]. Gait Posture, 2014, 39(1):177—181.
- [24] Bowen A, Wenman R, Mickelborough J, et al. Dual-task effects of talking while walking on velocity and balance following a stroke[J]. Age Ageing, 2001, 30(4):319—323.
- [25] Burnett DR, Campbell-Kyureghyan NH, Cerrito PB, et al. Symmetry of ground reaction forces and muscle activity in asymptomatic subjects during walking, sit-to-stand, and stand-to-sit tasks[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2011, 21(4):610—615.
- [26] 刘孟,倪朝民,杨洁,等.不同足位对脑卒中偏瘫患者坐站转移稳定性及下肢负重的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2014,36(3):199—203.
- [27] Perry J, Garrett M, Gronley JK, et al. Classification of walking handicap in the stroke population[J]. Stroke, 1995, 26(6):982—989.
- [28] 刘丽玲,倪朝民,岳童,等.脑卒中偏瘫患者步行时足底压力中心的特点[J].中华物理医学与康复杂志,2015,37(11):830—834.