

脑卒中足下垂患者摆动相骨盆运动特征分析

魏露^{1,2} 夏清^{1,2,4} 张洪宇³ 杜玲玲² 沈新培¹

摘要

目的:研究脑卒中足下垂患者摆动相骨盆运动特征,探讨骨盆代偿机制。

方法:选取脑卒中足下垂患者30例作为试验组,30例健康者作为对照组,按照与试验组偏瘫侧、非偏瘫侧左右一致、性别相同的原则,将对照组左右侧数据分为对照组1、对照组2。运用三维步态分析系统采集、分析试验组和对照组的时空参数及摆动相骨盆、踝关节运动学参数,并对偏瘫侧骨盆与踝关节角度进行相关性分析。

结果:与非偏瘫侧比较:偏瘫侧步频、支撑期百分比减小,骨盆最大后倾、旋前角减小,最大旋后、向上侧倾角增大,矢状面、冠状面、横断面关节活动度(ROM)均增大,最大踝背屈减小、最大踝跖屈增大(均 $P < 0.05$)。与对照组1比较:偏瘫侧步长缩短,步速减慢,步频降低,支撑相百分比延长,骨盆最大前倾、旋后、向上侧倾角及矢状面、横断面ROM均增大,最大旋前、向下侧倾角减小,同时踝关节最大背屈角减小,踝关节ROM减小(均 $P < 0.05$)。与对照组2比较:非偏瘫侧步长缩短、步速减慢、步频降低、支撑期百分比延长,骨盆最大前、后倾角增大,横断面、冠状面ROM均减小,踝关节最大跖屈角及ROM减小(均 $P < 0.05$)。偏瘫侧骨盆旋转与最大踝背屈、踝跖屈均有明显负相关(均 $P < 0.05$);骨盆侧倾与最大踝跖屈明显负相关(均 $P < 0.05$)。

结论:脑卒中足下垂患者摆动相骨盆运动特征显著,骨盆与踝关节运动存在相关性且同时受其他关节的影响。

关键词 脑卒中;足下垂;骨盆;相关性分析

中图分类号:R743.3,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-01-0061-07

Analysis of pelvic movement characteristics in swing phase in stroke patients with foot drop/WEI Lu, XIA Qing, ZHANG Hongyu, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(1): 61—67

Abstract

Objective: To study the characteristics of pelvic movement in swing phase of stroke patients with foot drop and to explore the mechanism of pelvic compensation.

Method: Thirty stroke patients with foot drop were selected as the experimental group and 30 healthy subjects matched with sex and age were enrolled as the control group. Three-dimensional gait analysis system was used to collect and analyze the spatio-temporal parameters and the kinematic parameters of the pelvis and ankle joint in the swing phase of the experimental group and control group. The parameters of control group from the side with the matched hemiplegia side were taken into Group 1, and those from the side matched with non-paralyzed side were taken into group 2.

Result: Compared with the non-hemiplegic side, the walking frequency and the percentage of support phase decreased, the maximum posterior inclination and pronation angle of the pelvis decreased, the maximum supination and upward inclination angle increased, range of motion (ROM) on sagittal plane, coronal plane and cross plane increased, the maximum ankle dorsiflexion decreased and the maximum ankle metatarsal flexion increased in paraplegia side. Compared with control group 1, the step length of hemiplegic side shortened, the step speed slowed, the step frequency decreased, the percentage of supporting phase prolonged, the maximum anteversion, supination, upward tilt angle, ROM of pelvis on sagittal plane and cross section increased, while

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.01.012

1 蚌埠医学院研究生院,安徽省蚌埠市,233000; 2 合肥市第二人民医院康复医学科; 3 安徽医科大学; 4 通讯作者

第一作者简介:魏露,女,硕士研究生,住院医师; 收稿日期:2021-05-16

the maximum pronation and downward inclination angle decreased, the maximum dorsiflexion angle and ROM of ankle joint decreased (all $P<0.05$) in paraplegia side. Compared with control group 2, the non-hemiplegic side showed shorter step length, slower walking speed, lower walking frequency, longer percentage of support period, increased maximum anteversion and posterior inclination of pelvis, decreased ROM on cross section and coronal plane, and decreased maximum metatarsal flexion angle and ROM of ankle joint (all $P<0.05$). In the hemiplegic side, there were a significant negative correlations between pelvic rotation and maximum ankle dorsiflexion and ankle metatarsal flexion (all $P<0.05$). A significant negative correlation between pelvic inclination and maximum ankle metatarsal flexion (all $P<0.05$).

Conclusion: In stroke patients with foot drop, the characteristics of pelvic movement in swing phase are significant. There is a certain correlation between pelvis and ankle movement, and is affected by other joints.

Author's address Graduate School of Bengbu Medical University, Bengbu, Anhui, 233000

Key word stroke; foot drop; pelvis; correlation analysis

脑卒中也称脑血管意外,发病率、致残率逐年增加,严重危害中老年人生命与健康。随着人口老龄化的加剧以及脑卒中发病人群的日益年轻化,患者的功能康复需求也得到了更多重视。在脑卒中患者中,有将近 1/5 的患者存在足下垂(foot drop)现象,约 2/3 的患者表现出较差的步行能力,其中又有约 72% 存在严重的下肢运动功能障碍^[1-3]。正常人步行时的下肢活动是髋、膝、踝三个关节共同协作的运动链,其中一个关节力学状态的改变都会导致其他关节产生代偿,下肢整体生物力学模式发生改变。而骨盆作为人体结构的枢纽,影响运动的协调和控制,其不仅是躯干的支撑,也是下肢驱动的主要结构,参与足下垂患者的运动代偿,尤其是摆动相,我们可以观察到骨盆大范围的运动,但既往的研究鲜有单独对足下垂患者的骨盆代偿特征进行深入研究,故本研究拟通过三维步态分析系统研究足下垂患者摆动相骨盆运动特征,分析骨盆运动与踝关节运动的相关性,从而进一步探讨骨盆代偿机制,为后期制定更加合理有效的康复治疗方案提供更多的思路 and 参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象与方法

试验组入选标准:①符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》^[4]和《中国脑出血诊治指南 2019》^[5],并经头颅 CT 或 MRI 检查证实;②均伴有足下垂步态;③单侧发病;④肌张力评定:偏瘫侧下肢改良 Ashworth1⁺级及以下;⑤运动功能评定:偏瘫侧下肢功能分期 Brunnstrom 分期Ⅲ期及以上;⑥在无

他人或辅助器具帮助下能至少完成 10m 安全步行^[6];⑦本研究获合肥市第二人民医院伦理委员会批准(批准号:2021-科研-008),受试者均签署知情同意书。

排除标准:①心肺功能严重不全或伴有明显认知障碍,简易精神状态检查表(minimum mental state examination, MMSE) < 24 分,视听理解障碍,无法配合完成试验检测;②任何外周前庭功能障碍,近期骨折、手术或伴有影响站立姿势的慢性背部、膝关节疼痛及感觉功能障碍等;③双侧发病;④病历资料不全或依从性差。

选取 2019 年 11 月至 2021 年 3 月在我科住院的脑卒中偏瘫足下垂患者 30 例,其中 18 例左侧偏瘫(12 例男性,6 例女性),12 例右侧偏瘫(6 例男性,6 例女性);选取与试验组年龄相近(± 5 岁)、性别相同及左右侧一致的健康者作为对照组。按照与试验组偏瘫侧、非偏瘫侧左右一致、性别相同的原则,将对照组左右侧数据分为对照组 1、对照组 2。对照组 1(30 例)是与试验组偏瘫侧相对应的数据;对照 2(30 例)与试验组非偏瘫侧相对应的数据。试验组和对照组一般资料比较差异无显著性意义($P>0.05$),见表 1。

1.2 试验场地、设备及测试方法

试验场地:合肥市第二人民医院康复医学科步态试验室。

设备:英国 Codamotion 三维运动捕捉系统(Charnwood Dynamics Ltd),包括 4 台 cx1 捕捉器、下肢步态套件、标定枪。

测试方法:调节环境温度适宜,开机后标定系统,受试者均着合适衣物,暴露主要大关节,按照模

表1 受试者一般资料比较

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

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	性别(例)		偏瘫侧(例)		疾病性质(例)	
					男	女	左	右	脑出血	脑梗死
试验组	30	49.93±13.03	168.00±8.18	71.07±8.05	18	12	18	12	18	12
对照组1、2	30	50.00±7.27	165.60±6.67	67.87±5.73	18	12	-	-	-	-

注:试验组与对照组性别、年龄、身高、体重比较差异无显著性意义($P>0.05$)

板要求穿戴下肢套件,明确其左右髌前上棘、左右股骨内外侧髁、左右踝内外侧髁以及空间静态点后,运用标定枪标记。向受试者详细介绍测试过程及注意事项,嘱受试者以自然状态裸足行走。待受试者熟悉流程后正式开始采集,每位受试者至少采集6次,并从中选取较为稳定的3个步态周期,由本设备配套的分析软件进行处理后作为试验数据。(所有操作均由接受过专业培训的同一研究者完成)

1.3 观察指标

1.3.1 时空参数:步长、步频、步速、支撑期百分比。

1.3.2 骨盆、踝关节运动学参数:摆动相骨盆矢状面最大前倾、后倾角,冠状面最大向上、向下侧倾角,横断面最大旋前、旋后角,及矢状面、冠状面、横断面ROM,摆动相最大踝背屈、最大踝跖屈角度及踝关节ROM(定义正常人解剖位为0°位,以此为基准,骨盆横断面旋前角度为+,旋后角度为-;冠状面向上角度为+,向下角度为-;矢状面向前角度为+,向后角度为-;踝背屈角度为+,踝跖屈角度为-)。

1.3.3 试验组偏瘫侧与对照组1摆动相骨盆、踝关节的运动轨迹

1.4 统计学分析

采用SPSS 24.0统计软件进行数据分析,计数资料采用频数进行描述,对定量资料使用Shapiro-Wilk进行正态性检验,如果符合正态分布采用均数±标准差表示,组间比较采用独立样本 t 检验,指标间相关性采用Pearson相关性分析;如果符合偏态分布,则使用M(P25,P75)进行描述,组间比较使用秩和检验,指标间相关性采用Spearman相关分析;以 $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 时空参数特征比较

对照组1、对照组2各项时空参数,差异无显著性意义(均 $P>0.05$)。试验组偏瘫侧与非偏瘫侧比较:步频、支撑期百分比减小(均 $P<0.05$);步速、步

长差异无显著性意义($P>0.05$)。试验组偏瘫侧与对照组1比较:步长缩短,步速减慢,步频降低,支撑相百分比延长(均 $P<0.05$);试验组非偏瘫侧与对照组2比较:步长缩短、步速减慢、步频降低、支撑期百分比延长(均 $P<0.05$)。

2.2 骨盆及踝关节运动参数比较

运动学参数比较:对照组1、对照组2各项运动学参数,差异无显著性意义。试验组偏瘫侧与非偏瘫侧比较:骨盆最大旋前角减小,最大后倾、旋后、向上侧倾角增大,矢状面、冠状面、横断面ROM均增大,最大踝背屈角减小、最大踝跖屈角增大(均 $P<0.05$)。试验组偏瘫侧与对照组1比较:骨盆最大前倾、旋后、向上侧倾角及矢状面、横断面ROM均增大,最大旋前、向下侧倾角减小(均 $P<0.05$);同时最大踝背屈角减小,踝关节ROM减小(均 $P<0.05$);试验组非偏瘫侧与对照组2比较:骨盆最大前倾角增大,骨盆最大后倾角及横断面、冠状面ROM均减小(均 $P<0.05$);最大踝跖屈角及ROM减小(均 $P<0.05$)。见表2。

试验组偏瘫侧与对照组1摆动相骨盆、踝关节运动轨迹,见图1。

2.3 相关性分析

试验组偏瘫侧骨盆横断面最大旋前、旋后角与最大踝背屈、最大踝跖屈均有明显负相关(均 $P<0.05$);冠状面最大上下侧倾角与最大踝跖屈明显负相关(均 $P<0.05$)。见表3。

3 讨论

足下垂是偏瘫患者下肢功能性障碍的典型表现之一,常由小腿三头肌肌张力增高、踝背屈肌力下降、跟腱挛缩等原因造成,足下垂患者步行时常表现为“划圈步态”,患足廓清功能障碍而不能有效摆离地面,跌倒风险增加,严重影响患者步行能力^[7-8]。但目前的研究却鲜有提供足下垂运动学、动力学的定量描述,关于足下垂严重程度的判断,也尚无客观

表2 运动学参数比较

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

参数	试验组(n=30)		对照组 1 (n=30)	对照组 2 (n=30)
	偏瘫侧	非偏瘫侧		
步长(m)	0.26±0.10 ^②	0.24±0.13 ^③	0.53±0.07	0.54±0.07
步频(steps/min)	66.34±18.84 ^{①②}	82.9±22.17 ^③	100.74±11.68	105.83±8.37
步速(m/s)	0.32±0.18 ^②	0.31±0.17 ^③	0.91±0.14	0.91±0.14
支撑期百分比(%)	66.63±6.61 ^{①②}	76.14±8.94 ^③	62.87±5.22	64.39±5.38
骨盆矢状面最大前倾角(°)	19.00±5.50 ^②	19.80±5.36 ^③	15.10±6.04	15.11±5.29
骨盆矢状面最大后倾角(°)	12.85±5.96 ^①	16.29±6.17 ^③	11.70±6.26	11.66±5.46
骨盆矢状面ROM(°)	6.34±2.49 ^{①②}	3.53±1.60	3.98±2.05	3.45±1.12
骨盆横断面最大旋前角(°)	-4.96±6.55 ^{①②}	2.88±6.72	3.19±6.64	3.06±5.21
骨盆横断面最大旋后角(°)	-13.45±7.28 ^{①②}	-1.66±5.92	-3.12±5.50	-3.07±6.07
骨盆横断面ROM(°)	8.50±3.29 ^{①②}	4.53±2.49 ^③	6.05±2.49	6.14±2.74
骨盆冠状面最大向上侧倾角(°)	3.92±4.39 ^{①②}	1.56±4.45	1.05±3.90	0.94±4.55
骨盆冠状面最大向下侧倾角(°)	0.70±4.12 ^②	-0.50±4.26	-2.25±4.24	-2.87±5.16
骨盆冠状面ROM(°)	3.23±1.26 ^①	2.06±0.73 ^③	3.67±0.91	3.81±1.39
最大踝背屈(°)	-1.34±6.37 ^{①②}	8.3±6.71	8.06±3.86	7.96±3.92
最大踝跖屈(°)	-15.30±6.91 ^①	-5.29±7.13 ^③	-12.98±6.00	-12.72±5.24
踝关节ROM(°)	13.60±4.62 ^②	13.59±4.39 ^③	21.04±7.18	19.88±7.37

注:以上数据均符合正态分布,保留正负号;①偏瘫侧与非偏瘫侧比较, $P<0.05$;②偏瘫侧与对照组1比较, $P<0.05$;③非偏瘫侧与对照组2比较, $P<0.05$ 。

表3 骨盆角度与踝关节角度的相关性分析

参数	最大踝背屈(°)		最大踝跖屈(°)		踝关节ROM(°)	
	r	P	r	P	r	P
最大前倾角(°)	-0.112	0.544	-0.115	0.546	-0.075	0.692
最大后倾角(°)	-0.196	0.299	-0.209	0.267	-0.061	0.748
矢状面ROM(°)	0.064	0.737	0.019	0.567	-0.023	0.904
最大旋前角(°)	-0.469	0.009	-0.589	0.001	0.223	0.237
最大旋后角(°)	-0.449	0.013	-0.510	0.004	0.136	0.473
横断面ROM(°)	0.062	0.745	-0.066	0.731	0.184	0.331
最大向上侧倾角(°)	-0.264	0.158	-0.508	0.004	0.357	0.053
最大向下侧倾角(°)	-0.304	0.103	-0.497	0.005	0.321	0.084
冠状面ROM(°)	0.023	0.902	-0.143	0.452	0.187	0.323

指标的限定与划分^[9]。而三维步态系统可获得时空参数和关节动态角度变化参数,具有较高的准确性和客观性^[10]。

偏瘫患者步行时常存在运动模式的多种代偿,包括髋、膝、踝的相互作用,同时也通过骨盆代偿以更好地实现摆动相到支撑相的过渡^[11-13]。但目前步态功能障碍的生物力学研究通常集中于下肢关节的运动学及动力学代偿,很少关注骨盆的运动^[14]。

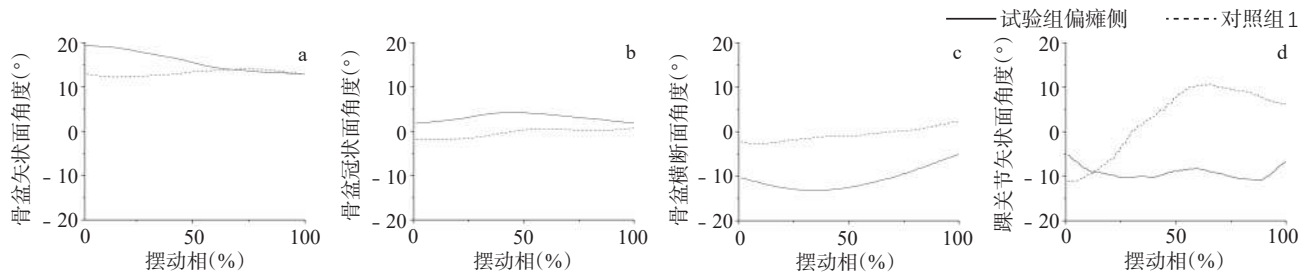
正常人站立时骨盆多维持前倾位,偏瘫患者前倾角度更大,Karthikbabu^[15]通过触诊仪及躯干损伤量表,评估Brunnstrom不同分期阶段偏瘫患者骨盆倾斜与躯干控制的关系,认为骨盆前倾角度与躯干控制及平衡能力显著相关。徐光青^[16]的研究认为卒中患者骨盆前后倾斜和旋转运动增加,大范围的骨盆运动,增加了重心偏移和步行成本。多位学者

的研究也同样证实经过骨盆稳定性训练后,偏瘫患者的步行能力及日常生活能力得到显著提高^[2,17-19]。

步行能力差是患者回归社会和家庭的重大的阻碍之一,步长、步速、步频、支撑相百分比等基本时空参数可一定程度上反映患者的步行能力^[20]。在本研究中,对照组1与对照组2时空参数无显著性差异,而试验组偏瘫侧与对照组1,非偏瘫侧与对照组2相比,均表现为步长、步频降低,行走速度减慢,同时支撑相百分比延长。考虑为患者步行能力下降,肢体稳定性差,支撑及负重能力不足,造成双支撑相时间延长,并依靠非偏瘫侧完成代偿。而偏瘫侧与非偏瘫侧相比,表现为步频降低、支撑期百分比缩短,同样是非偏瘫侧的代偿所致。有相关研究结果表明偏瘫侧步长大于非偏瘫侧,认为非偏瘫下肢的推进力与偏瘫侧步长增加有关,而偏瘫侧跖屈肌损伤、屈髋肌群募集程度降低,在其支撑相无法产生足够的推进,故非偏瘫侧步长减小^[21-23]。本研究的结果尚未发现偏瘫侧步长较非偏瘫侧偏大,考虑为偏瘫侧下肢存在其他代偿,包括髋关节的代偿性伸展增加,有助于躯干向前移动,增加了重心向前的推进,从而增加了对侧步长。Balaban等^[13,24]的研究认为偏瘫侧的步长存在变异性,受到多种因素的影响,随着患者不断学习新任务,变异性也会发生改变,具体的机制还有待进一步研究论证。

骨盆是由骶骨、尾骨以及左右两块髋骨构成的

图1 试验组偏瘫侧与对照组1摆动相骨盆、踝关节的运动轨迹



注:a为骨盆摆动相矢状面角度(前倾、后倾角);b为骨盆摆动相冠状面角度(向上、向下侧倾角);c为骨盆摆动相横断面角度(旋前、旋后角);d为踝关节摆动相矢状面角度(踝关节背屈、跖屈角度)。

盆状骨环,1953年有学者首次认识到骨盆运动的重要性,骨盆运动不仅存在优势侧与非优势侧,同时也存在男女本身结构的差异,女性行走时骨盆前倾更多,旋转度较大,男性骨盆倾斜度和旋转偏移量则较小^[25-28]。故本研究试验组与对照组保持左右侧、性别完全一致,排除优势侧及性别因素对结果的影响。我们发现,在摆动相,对照组1与对照组2各运动学参数无显著性差异;而与对照组1相比,试验组偏瘫侧骨盆存在明显的前倾、旋后和向上侧倾趋势,同时矢状面、横断面ROM增大,偏瘫侧踝关节角度则表现为背屈角度减小,踝关节ROM减小,考虑为足下垂患者小腿三头肌痉挛,长期制动足背屈肌和跖屈肌的肌肉力量失衡等原因^[29-30],从而使得摆动相足趾离地距离减小,为了克服足廓清不足的问题,患侧骨盆上提、后撤,髋关节外展外旋,呈环形运动和跨栏步态,躯干向对侧倾斜,以完成摆动相到支撑相的转变,即典型的“划圈步态”,此时骨盆的旋后和向上侧倾角度增大。提髋型步态也是偏瘫患者常见的步态之一,在摆动前期或早期,由于股四头肌运动不良,患侧下肢常表现为伸肌痉挛模式,加上屈髋肌肌力减弱,腘绳肌收缩和跖屈肌活动受限,使得摆动相屈膝、踝背屈受限,患者往往通过代偿性向健侧倾斜、提髋帮助患侧下肢完成摆动,从而导致骨盆向上侧倾的角度增加^[31]。而骨盆的前倾角度增大,主要与偏瘫患者躯干肌肉力量差,躯干控制不良有关^[15]。

王桂茂等^[32]的研究也认为偏瘫患者骨盆运动存在矢状面、横断面活动范围的增加,然而他研究的是整个步态周期骨盆的运动特征,尚未明确具体方向骨盆的运动特点。本研究的结果不仅表明了骨盆存

在相关平面活动范围的增大,同时也明确了骨盆的运动趋势。表2中骨盆的最大前倾、后倾角均为正值,表明骨盆多维持前倾的姿势,与其他学者的研究是一致的^[26,33]。同时骨盆横断面的旋转角度均为负值,表明偏瘫患者存在骨盆后缩,骨盆在维持旋后的状态下进行相对地旋前与旋后运动,并且骨盆横断面旋转的范围也是增大的。目前关于骨盆后缩的研究国内外多集中于脑瘫患儿,而偏瘫患者的骨盆后缩,不仅反映运动模式的异常,也与髋、踝等关节运动代偿相关^[6,34-35],同样值得我们进一步深入研究。

本文通过进一步对摆动相偏瘫侧骨盆与踝关节角度进行相关性分析后发现,冠状面最大向上、向下侧倾角与最大踝跖屈明显负相关,即当踝关节跖屈角度绝对值增大时,骨盆有明显的上提,这与我们预期结果一致。而在横断面上,骨盆最大旋前、旋后角与踝关节最大跖屈、背屈角呈负相关。即当患足跖屈角度绝对值增大以后,骨盆的旋转角度存在由旋后到旋前的趋势转变。考虑此时患者采取的足廓清策略可能发生改变,不再单纯依赖划圈步态完成摆动相到支撑相的过渡;有学者指出骨盆横断面上的旋转,主要是由髋关节屈曲受限、踝关节背屈障碍造成,髋、踝关节联合作用可减小骨盆旋转^[36-37]。国外学者也认为,摆动相踝关节背屈峰值与髋关节屈曲峰值呈显著负相关,当踝关节背屈不足时,可通过增加髋关节屈曲峰值来进行补偿^[11]。偏瘫患者摆动相常同时伴有髋、膝关节屈曲减少,踝跖屈增大,背屈减少,共同导致足廓清障碍^[12],而当患者下肢功能达到一定水平后,可与骨盆代偿的作用相互平衡,以最优化的方式完成迈步^[31]。

综上所述,偏瘫足下垂患者摆动相骨盆在矢状面运动范围增大,而横断面上骨盆不仅运动范围增大,且以后缩状态进行相对地旋前旋后;同时骨盆角度与踝关节角度存在一定的相关性,尤其是横断面骨盆的旋转与踝关节角度呈显著负相关,提示足廓清过程其他关节也起着重要的代偿作用。偏瘫患者的运动代偿机制复杂,本研究未对足下垂程度进行量化,后续将增加样本量,量化足下垂严重程度,同时结合表面肌电对髌膝踝及骨盆运动特征进行系统全面分析,深入探究骨盆代偿机制。

参考文献

- [1] Spence JD, Azarpazhooh MR, Larsson SC, et al. Stroke prevention in older adults: recent advances[J]. *Stroke*, 2020, 51(12): 3770—3777.
- [2] Dubey L, Karthikbabu S, Mohan D. Effects of pelvic stability training on movement control, hip muscles strength, walking speed and daily activities after stroke: a randomized controlled trial[J]. *Ann Neurosci*, 2018, 25(2): 80—89.
- [3] Wang W, Jiang B, Sun H, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide population-based survey of 480687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 759—771.
- [4] 彭斌, 吴波. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9): 666—682.
- [5] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(12): 994—1005.
- [6] O'sullivan R, Walsh M, Jenkinson A, et al. Factors associated with pelvic retraction during gait in cerebral palsy[J]. *Gait Posture*, 2007, 25(3): 425—431.
- [7] Blazkiewicz M, Wiszomirska I, Kaczmarczyk K, et al. Mechanisms of compensation in the gait of patients with drop foot[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2017, 42: 14—19.
- [8] 吴族勇, 李策, 白玉龙. 低频电刺激治疗脑卒中后足下垂内翻的研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 31(3): 260—263.
- [9] 盛逸澜, 余波, 瞿强, 等. 脑卒中后足下垂的康复评定与治疗新进展[J]. *按摩与康复医学*, 2019, 10(4): 65—68.
- [10] 卢利萍, 桑德春, 邵翠霞, 等. 脑卒中偏瘫患者康复治疗前后的三维步态分析[J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20(8): 752—755.
- [11] Roche N, Bonnyaud C, Geiger M, et al. Relationship between hip flexion and ankle dorsiflexion during swing phase in chronic stroke patients[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2015, 30(3): 219—225.
- [12] Nikamp CDM, Van Der Palen J, Hermens HJ, et al. The influence of early or delayed provision of ankle-foot orthoses on pelvis, hip and knee kinematics in patients with sub-acute stroke: a randomized controlled trial[J]. *Gait Posture*, 2018, 63: 260—267.
- [13] Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke[J]. *PM R*, 2014, 6(7): 635—642.
- [14] Little VL, Mcguirk TE, Perry LA, et al. Pelvic excursion during walking post-stroke: a novel classification system[J]. *Gait Posture*, 2018, 62: 395—404.
- [15] Karthikbabu S, Chakrapani M, Ganesan S, et al. Pelvic alignment in standing, and its relationship with trunk control and motor recovery of lower limb after stroke[J]. *Neurology and Clinical Neuroscience*, 2017, 5(1): 22—28.
- [16] 徐光青, 兰月, 毛玉琰, 等. 脑卒中患者躯体运动偏瘫模式的三维运动学评价[J]. *中国康复医学杂志*, 2009, 24(10): 893—895.
- [17] 励志英, 李晶. PNF技术调整骨盆控制能力改善卒中患者步行及平衡功能的临床研究[J]. *天津中医药*, 2019, 36(7): 685—690.
- [18] 胡淑珍, 顾旭东, 吴华, 等. 骨盆辅助式康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能及骨盆运动学的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, (4): 269—273.
- [19] Choi YH, Kim NH, Son SM, et al. Effects of trunk stabilization exercise while wearing a pelvic compression belt on walking and balancing abilities in patients with stroke: an assessor blinded, preliminary, randomized, controlled study[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2020, 99(11): 1048—1055.
- [20] 刘念亭. 偏瘫患者步行时下肢健侧运动的生物力学分析[D]. 江西: 南昌大学, 2020.
- [21] 沈新培, 夏清, 杜玲玲. 三维步态在脑卒中足下垂患者下肢节段协调性分析的应用[J]. *中国康复*, 2021, 36(3): 144—149.
- [22] Allen JL, Kautz SA, Neptune RR. Step length asymmetry is representative of compensatory mechanisms used in post-stroke hemiparetic walking[J]. *Gait Posture*, 2011, 33(4): 538—543.
- [23] Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, et al. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88(1): 43—49.
- [24] Krasovsky T, Levin MF. Review: toward a better understanding of coordination in healthy and poststroke gait[J]. *Neurorehabilitation & Neural Repair*, 2010, 24(3): 213.
- [25] Salazar-Torres JJ, McDowell BC, Kerr C, et al. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy[J]. *Gait Posture*, 2011, 33(4): 620—624.
- [26] Lewis CL, Laudicina NM, Khuu A, et al. The human pelvis: variation in structure and function during gait[J]. *Anat Rec (Hoboken)*, 2017, 300(4): 633—642.
- [27] Bruening DA, Frimenko RE, Goodyear CD, et al. Sex differences in whole body gait kinematics at preferred speeds[J]. *Gait Posture*, 2015, 41(2): 540—545.
- [28] Verbruggen SW, Nowlan NC. Ontogeny of the human pelvis[J]. *Anat Rec (Hoboken)*, 2017, 300(4): 643—652.
- [29] Park KB, Park H, Park BK, et al. Clinical and gait parameters related to pelvic retraction in patients with spastic hemiplegia[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(5): 679.
- [30] 荣积峰, 吴毅, 顾玲, 等. 脑卒中患者足下垂和足内翻康复研究进展[J]. *中国康复*, 2015, 30(1): 45—48.
- [31] Fumihiro M, Masahiko M, Kei O, et al. Biomechanical

- factors behind toe clearance during the swing phase in hemiparetic patients[J]. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2017, 24(3):177—182.
- [32] 王桂茂, 严隽陶, 刘玉超, 等. 脑卒中偏瘫步态的时空参数与骨盆运动学分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2010, 25(12): 1148—1151.
- [33] O'Neill MC, Lee LF, Demes B, et al. Three-dimensional kinematics of the pelvis and hind limbs in chimpanzee (*Pan troglodytes*) and human bipedal walking[J]. *J Hum Evol*, 2015, 86: 32—42.
- [34] Brunner R, Dreher T, Romkes J, et al. Effects of plantarflexion on pelvis and lower limb kinematics[J]. *Gait Posture*, 2008, 28(1): 150—156.
- [35] Bohm H, Stief F, Dussa CU, et al. Predictors of pelvic retraction in children with cerebral palsy derived from gait parameters and clinical testing[J]. *Gait Posture*, 2012, 35(2): 250—254.
- [36] Genda E, Oota K, Suzuki Y, et al. A new walking orthosis for paraplegics: hip and ankle linkage system[J]. *Prosthetics and Orthotics International*, 2004, 28(1):69—74.
- [37] Guan X, Kuai S, Song L, et al. Effects of ankle joint motion on pelvis-hip biomechanics and muscle activity patterns of healthy individuals in knee immobilization gait[J]. *J Healthc Eng*, 2019, 2019:3812407.

(上接第60页)

随访时间较短。今后进一步开展腰痛家庭训练方案的深入研究中,可采取多中心的研究方式,适当增加纳入患者数量及延长家庭训练周期,进而开展对于腰痛患者不同治疗阶段的疗效评估。

参考文献

- [1] Dionne CE, Dunn KM, Croft PR, et al. A consensus approach toward the standardization of back pain definitions for use in prevalence studies[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33:95—103.
- [2] Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, et al. What low back pain is and why we need to pay attention[J]. *Lancet*, 2018, 391(10137):2356—2367.
- [3] GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990—2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015[J]. *Lancet*, 2016, 388(10053): 1545—1602.
- [4] Anthony Delitto, Steven Z. George, Linda Van Dillen, et al. Low back pain: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the american physical therapy association[J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2012, 42(4):A1.
- [5] Bernstein IA, Malik Q, Carville S, et al. Low back pain and sciatica: summary of NICE guidance[J]. *BMJ*, 2017, 356:i6748.
- [6] Chou R, Deyo R, Friedly J, et al. Nonpharmacologic therapies for low back pain: a systematic review for an American college of physicians clinical practice guideline[J]. *Ann Intern Med*, 2017, 166(7):493—505.
- [7] 王雪强, 陈佩杰, 矫玮, 等. 运动疗法治疗腰痛的专家共识[J]. *体育科学*, 2019, 39(3): 19—29.
- [8] Stuart McGill 著, 郑念军主译. 腰背维修师: 医生没有告诉你的脊柱保健秘诀[M]. 第1版. 北京: 北京科学技术出版社, 2017.
- [9] 周谋望, 岳寿伟, 何成奇, 等. “腰椎间盘突出症的康复治疗”中国专家共识[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(2): 129—135.
- [10] Bronfort G, Maiers MJ, Evans RL, et al. Supervised exercise, spinal manipulation, and home exercise for chronic low back pain: a randomized clinical trial[J]. *Spine J*, 2011, 11(7):585—598.
- [11] Stuart McGill 著. 王宁华, 顾新, 谢欲晓主译. 腰部疾患循证预防与康复[M]. 第3版. 北京: 北京大学医学出版社, 2017.
- [12] 郑光新, 赵晓鸥, 刘广林, 等. Oswestry 功能障碍指数评定腰痛患者的可信性[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2002, 1: 13—15.
- [13] McGill, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999, 80(8):941—944.
- [14] Foster NE, Anema JR, Cherkin D, et al. Lancet Low Back Pain Series Working Group. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions[J]. *Lancet*, 2018, 391(10137):2368—2383.
- [15] Axler CT, McGill SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1997, 29(6):804—811.
- [16] 刘芳, 敖丽娟. 核心肌稳定性训练对腰痛康复治疗的意义[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(2): 231—234.
- [17] 顾新. 对腰痛循证康复的思考[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(8):561—563.
- [18] Jack K, McLean SM, Moffett JK, et al. Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: a systematic review[J]. *Man Ther*, 2010, 15(3):220—228.
- [19] Friedrich M, Gittler G, Halberstadt Y, et al. Combined exercise and motivation program: effect on the compliance and level of disability of patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1998, 79(5):475—487.
- [20] Peek K, Sanson-Fisher R, Mackenzie L, et al. Interventions to aid patient adherence to physiotherapist prescribed self-management strategies: a systematic review [J]. *Physiotherapy*, 2016, 102(2): 127—135.