

论 著

(临床研究)

髋关节强化训练对脑卒中患者动态姿势稳定性的影响

曹海杰, 刘 杰, 杨 丰, 贾文萍, 臧传艳, 马文龙, 代新年

【摘要】 目的 探讨髋关节强化训练对脑卒中偏瘫患者动态姿势稳定性的影响。**方法** 选取 2019 年 1 月至 9 月在潍坊医学院附属医院康复医学科住院的脑卒中偏瘫患者 56 例为研究对象, 采用随机数字表法分为强化组 ($n=28$) 和对照组 ($n=28$)。2 组均进行常规治疗, 强化组在此基础上给予强化髋关节训练, 训练内容包括局部肌肉振动训练、髋关节持续被动运动、渐进式抗阻训练、等速收缩训练、桥式运动、背墙伸髋训练、蹬地送髋训练。在治疗前和治疗 6 周后进行动态稳定裕度测定和步态评估量表(POMA-G)评分, 统计 2 组患者治疗 6 周后及 2 个月内跌倒损伤情况。**结果** 治疗前, 2 组患者各项评价指标比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。治疗 6 周后, 2 组患者前方动态稳定裕度值(MOSA)、侧方动态稳定裕度值(MOSL)等指标均较治疗前显著减小 ($P<0.05$), 步态量表评分较治疗前显著提高 ($P<0.05$)。治疗后组间结果比较显示, 强化组的 MOSA、MOSL [(18.01 ± 2.64) cm、 (10.12 ± 1.96) cm] 明显低于对照组 [(20.35 ± 3.16) cm、 (12.21 ± 2.37) cm]; POMA-G 评分 [(10.97 ± 0.77) 分] 明显优于对照组 [(9.50 ± 1.03) 分]; 强化组的跌倒发生率 (14.3%) 明显低于对照组 (46.4%); 上述差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论** 在常规训练的基础上辅以髋关节强化训练, 有助于改善脑卒中偏瘫患者的动态姿势稳定性。

【关键词】 脑卒中; 髋关节强化训练; 动态姿势稳定性**【中图分类号】** R493**【文献标志码】** A**【文章编号】** 1672-271X(2020)04-0362-05**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2020.04.006

The effects of hip intensive training on dynamic pose stability of patients with stroke

CAO Hai-jie¹, LIU Jie², YANG Feng³, JIA Wen-ping¹, ZANG Chuan-yan¹, MA Wen-long⁴, DAI Xin-nian²

(1. Department of Rehabilitation Medical College, Weifang Medical College, Weifang 261000, Shandong, China;

2. Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao Binhai University, Qingdao 266500, Shan-

dong, China; 3. Department of Bone and Joint Rehabilitation, Qingdao Special Service Recuperation Center, Qingdao

266011, Shandong, China; 4. Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Weifang Medical College,

Weifang 261031, Shandong, China)

【Abstract】 Objective To explore the effect of intensive hip joint training on the dynamic posture stability of hemiplegic patients with stroke. **Methods** 56 stroke patients with hemiplegia were randomly divided into the intensive group ($n=28$) and the control group ($n=28$). Both groups were given routine treatment, and the intensive group was given intensive hip joint training on this basis. The hip joint training includes local muscle vibration training, continuous passive motion, progressive resistance training, isokinetic muscle training technique, bridge pose, back wall and hip extension training, kicking training for holding hip forward. Margin of stability (MOS) measurement and gait assessment table (POMA-G) score were performed before and after 6 weeks of treatment. The fall in-

jury of patients was counted after 6 weeks and 2 months of

treatment. **Results** Before treatment, there was no significant difference between two groups ($P>0.05$). After 6 weeks of treatment, the anterior margin of stability (MOSA) and lateral margin of stability (MOSL) of two groups were significantly reduced ($P<0.05$). And the gait scale score was

基金项目: 潍坊市卫生计生委科研项目 (wfwsjs-2018-095)

作者单位: 261000 潍坊, 潍坊医学院康复医学院 (曹海杰、贾文萍、臧传艳); 266500 青岛, 青岛滨海学院附属医院康复医学科 (刘 杰、代新年); 266011 青岛, 海军青岛特勤疗养中心骨关节康复科 (杨 丰); 261031 潍坊, 潍坊医学院附属医院康复医学科 (马文龙)

通信作者: 代新年, E-mail: nrclpa@163.com

significantly improved ($P<0.05$). After treatment, the MOSA (18.01 ± 2.64 cm) and the MOSL (10.12 ± 1.96 cm) of the intensive group was significantly lower than that of the control group [(20.35 ± 3.16) cm, (12.21 ± 2.37) cm]. The POMA-G score of the intensive group (10.97 ± 0.77) was significantly better than that of the control group (9.50 ± 1.03). The incidence of falls in the intensive group (14.3%) was significantly lower than that of the control group (46.4%). The difference of all above comparison was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The dynamic postural stability of stroke patients with hemiplegia can be improved by routine training combined with hip joint strengthening training.

[Key words] stroke; hip joint strengthening training; dynamic posture stability

0 引 言

动态姿势不稳定以及平衡障碍是脑卒中患者常见的功能障碍,研究表明重返社区生活的脑卒中患者的跌倒发生率为 47%^[1],而脑卒中后跌倒的发生与动态姿势表现密切相关^[2-3]。髋关节周围的肌肉也称为核心区肌肉,对控制身体姿势,为肢体有效地传递肌肉力量起到重要作用^[4-5];而脑卒中偏瘫患者的髋关节周围肌肉肌力、肌张力、协调能力均有所变弱^[6]。苏琦等^[7]研究发现髋关节强化训练可以明显改善偏瘫患者的肢体功能障碍。为进一步探讨髋关节强化训练对脑卒中偏瘫患者动态姿势稳定性的影响,现研究报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取 2019 年 1 月至 9 月在潍坊医学院附属医院康复医学科住院的脑卒中偏瘫患者 56 例为研究对象。纳入标准:①符合第四次全国脑血管病会诊标准并经 CT 和 MRI 确诊;②脑卒中后 1~6 个月的首次脑卒中患者;③年龄为 50~75 岁;④下肢运动功能达 Brunnstrom III~IV 期;⑤能够在无辅助装置下维持静态站立至少 1 min;⑥意识清醒,简易精神状态量表(MMSE)评分>22 分,能执行简单的指令;⑦美国国立卫生院脑卒中量表(NIHSS)的评分 ≤ 15 分。排除标准:①存在严重认知、言语、感觉障碍,存在听力障碍、智障或精神障碍;②戴有心脏起搏器;③合并严重心肺疾病、骨关节疾病;④伴有影响步行稳定性的膝、踝关节问题;⑤存在患侧髋关节外伤、疼痛、手术史等影响训练的因素。本研究经医院伦理委员会批准(批准号:20190001),所有患者均签署知情同意书。将符合纳入标准的 56 例患者采用随机数字表法分为强化组和对照组各 28 例。56 例患者在研究进行的 6 周内无癫痫发作等影响治疗事件发生,且无脱落病例。2 组患者各项基线特征比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1 入组脑卒中偏瘫患者基线特征的比较

项目	对照组($n=28$)	强化组($n=28$)
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	58.23 \pm 6.15	60.21 \pm 7.31
身高($\bar{x}\pm s$,cm)	161.76 \pm 8.15	163.04 \pm 5.30
男/女(n)	19/9	17/11
NIHSS 评分($\bar{x}\pm s$,分)	9.19 \pm 4.03	9.43 \pm 4.45
高血压(n)	19	13
部位(左/右, n)	15/13	18/10
脑出血/脑梗死(n)	10/18	9/19

1.2 治疗方法

1.2.1 对照组康复训练 Bobath 训练方法为主常规运动训练,包括下肢肌力增强训练,肌张力缓解训练,关节活动度训练,体位转移训练,坐站平衡训练,患腿负重及上下楼梯训练。以上动作根据患者的情况循序渐进进行,共 30 min/次,2 次/d,5 d/周,持续训练 6 周。

1.2.2 强化组康复训练 强化组在常规康复治疗的基础上,进行系统髋关节强化训练。常规康复训练 30 min/次,髋关节强化训练 30 min/次,各 1 次/d,5 d/周,持续训练 6 周。所有训练都由经过统一髋关节强化训练培训的治疗师完成。髋关节强化训练:①局部肌肉振动疗法,采用局部肌肉振动仪对髋关节周围肌肉进行相应治疗,该方法可缓解肌张力,促进神经肌肉功能恢复^[8]。②髋关节持续被动运动(continuous passive motion,CPM),将患肢放置于下肢关节锻炼器上,由治疗师固定骨盆,做相应的髋关节屈伸收展锻炼;该方法可缓解患者较高的肌张力。③渐进式抗阻训练,根据髋关节不同的肌力,分别选用弹力带和弹力管,行患侧髋关节屈伸、内收外展训练;该方法可有效提高下肢肌力^[9]。④等速收缩训练,采用 Biodex System-4 型等速肌力系统进行训练,模式分别选择伸展/屈曲和外展/内收动作,肌肉收缩形式选择离心/向心;该方法可在不诱发偏瘫患者肌痉挛情况下提高患者肌力。⑤桥式运动,患者仰卧位,屈髋屈膝,足放在床上,慢慢将臀部抬起,保持 5~10 s 后慢慢放下;该动作可促进下肢分离运动,进行臀部伸展训练。⑥背墙

伸髋训练,令患者背靠墙站立,脚跟离开墙面 20 cm 以上,然后向前挺髋,使背和臀部离开墙,仅以头肩撑墙,保持 10 s,最后身体全部离开墙而站稳。⑦蹬地送髋训练,身体保持前倾位,健侧腿在前,患侧腿脚蹬地,将患侧髋关节视为发力的中枢,以髋带动腿,水平向前做下肢抬离地面动作。训练前对患者的上肢功能障碍进行评估,以上训练对于 Brunnstrom IV 期及以上患者均可使用,①~④训练方法为一组、⑤~⑦动作为一组;对于 IV 期以下患者则以①②④训练方法为一组、⑤⑥动作为一组。依据患者髋关节的恢复情况对两组方法进行选择性结合,共训练 30 min。

1.3 观察指标 在治疗前和 6 周治疗结束后,分别对患者进行动态稳定裕度评定以及步态评估量表(POMA-G)评分,所有评定均由同一治疗师完成,并统计治疗 6 周后 2 个月内跌倒的发生情况。

1.3.1 动态稳定裕度 动态稳定裕度为质心速度调整/外推位置(the extrapolated centre of mass, XCOM)与稳定边界(base of support, BOS)之间的距离。本研究标记第五跖骨最外侧作为压力的边界位置,标记髌前上棘作为身体质心的位置,选取支撑相中期偏瘫侧的数据来计算稳定中心边际。前方动态稳定裕度(MOSA)为 XCOM 与患侧脚趾之间的距离,侧方动态稳定裕度(MOSL)为 XCOM 和患侧第五跖骨外侧面之间的距离^[9]。

1.3.2 动态稳定裕度测试 全部 56 例患者穿紧身衣,穿胶布鞋(以不影响踝关节和跖趾关节正常活动为度),无佩戴辅助支具及手杖。治疗师在患者的骨性标志上双侧放置 5 个红外反射标记物。标记的位置位于偏瘫侧第五跖骨、跟骨、内踝、脚趾和髌前上棘。压力传感器连接至足底,以识别全足着地时的状态。使用具有 Cortex 软件的 10 相机 Osprey 运动捕捉系统(Motion Analysis, Santa Rosa, California, USA)来测量标记移动,参与者行走在 R-Mill(Forcelink, Culemborg, Netherlands)跑步机上,足部位置有内置六自由度力板,力板数据以 100 Hz 采样。在训练过程中,根据患者的功能状况调节跑步机的速度并鼓励患者不要抓扶手。

1.3.3 步态评分 步态评估量表^[10](POMA-G)包括起步、健患侧步长,健患侧抬脚高度等 10 个条目。每个条目采取 1 分或 2 分计分法,最高得分为 12 分,分数越高,表示姿势稳定性越好。

1.3.4 跌倒情况观察 在经过 6 周治疗后的 2 个月内,采用住院观察和出院随访(每 4 周统计 1 次)

两种方式,记录患者 2 个月期间步行过程中跌倒发生事件(患者发生跌倒大于等于 2 次),其中包括陪护人的协助而未真正倒地的情况,统计患者发生跌倒事件的例数,分析比较 2 组患者跌倒情况发生率。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 16.0 统计软件进行处理。计量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,治疗前、后组内数据比较采用配对 t 检验,组间数据比较采用独立样本 t 检验,计数资料采用 χ^2 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 动态稳定裕度比较 治疗前,2 组患者动态稳定裕度值 MOSA、MOSL 比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 6 周后,2 组患者 MOSA、MOSL 均较治疗前显著减小($P < 0.05$);与对照组比较,强化组患者 MOSA、MOSL 显著减小($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 入组脑卒中偏瘫患者治疗前后动态稳定裕度值比较($\bar{x} \pm s$, cm)

组别	n	MOSA		MOSL	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	28	24.58±3.45	20.35±3.16*	14.38±2.65	12.21±2.37*
强化组	28	23.65±3.63	18.01±2.64**	14.16±2.83	10.12±1.96**

与同组治疗前比较, * $P < 0.05$; 与对照组治疗后比较, # $P < 0.05$

2.2 步态量表评分比较 治疗前,2 组患者 POMA-G 评分比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 6 周后,2 组患者各项评分均较前显著提高($P < 0.05$);与对照组比较,强化组偏瘫侧抬脚高度、步态对称性、躯干稳定性、步间距评分有显著提高($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 入组脑卒中偏瘫患者治疗前后步态评估量表(POMA-G)评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

项目	对照组(n=28)		强化组(n=28)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
步行启动	0.68±0.48	1.00±0.00*	0.75±0.44	1.00±0.00*
步长(偏瘫侧)	0.39±0.49	0.79±0.42*	0.42±0.50	0.86±0.36*
步长(正常侧)	0.96±0.19	1.00±0.00*	0.96±0.19	1.00±0.00*
抬脚高度(偏瘫侧)	0.46±0.51	0.64±0.49*	0.50±0.51	0.89±0.31**
抬脚高度(正常侧)	0.89±0.31	1.00±0.00*	0.93±0.26	1.00±0.00*
步态对称性	0.32±0.48	0.57±0.50*	0.36±0.49	0.86±0.36**
步态连续性	0.64±0.49	0.89±0.31*	0.68±0.48	0.93±0.26*
走路路径	0.96±0.58	1.43±0.50*	1.00±0.40	1.46±0.37*
躯干稳定性	0.85±0.59	1.58±0.50*	0.86±0.65	1.86±0.36**
步间距(适度)	0.21±0.42	0.60±0.50*	0.25±0.44	0.93±0.26**
总分	6.36±1.31	9.50±1.03*	6.62±1.42	10.97±0.77**

与同组治疗前比较, * $P < 0.05$; 与对照组治疗后比较, # $P < 0.05$

2.3 跌倒发生率比较 跌倒发生事件随访率 100%, 17 例患者发生跌倒, 包括强化组 4 例(发生率 14.3%), 对照组 13 例(发生率 46.4%), 组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。

3 讨 论

3.1 脑卒中偏瘫患者的损伤模式分析 脑卒中对于患者的运动功能影响较大, 常出现患侧上下肢运动障碍。既往研究表明脑卒中偏瘫患者异常姿势步态主要体现在支撑相和摆动相两个方面, 支撑相患侧下肢支撑力弱, 身体重心向前转移不充分; 摆动相患侧脚趾离地时向前推动力不够, 摆动前期髋关节屈肌力量弱, 摆动晚期减速过快^[11]。因此, 应根据脑卒中偏瘫患者的损伤模式, 针对性分析并制定科学的功能锻炼方案, 以提高偏瘫患者的运动能力及生活质量。

3.2 脑卒中偏瘫患者强化训练的关键分析 脑卒中偏瘫患者的康复重点在于提升关节活动能力、改善自主行走的功能。脑卒中后中枢功能损伤导致对异常姿势控制能力减弱, 由于双下肢体重分布的不对称性, 患者往往在步行时身体重心均偏向健侧^[12]。因此, 强化训练应从正确的运动形式、姿势和控制能力入手。生理学研究表明, 机体关节的活动通过肌群的收缩、扩张来完成, 肌群的稳定性有利于保证运动状态的协调性; 肌群的收缩、扩张主要受下肢运动影响较大, 其承重关节以髋关节为主^[13]。因此, 髋关节强化训练可有效促进下肢运动能力的恢复, 较好地改善临床症状及预后质量。

动态姿势稳定性是指在行走时, 身体重心能维持在支撑面之内的能力; 通过对患者动态姿势的评定可以选择更加合理的干预措施, 对于偏瘫患者的训练具有指导意义^[14]。身体重心(center of mass, COM)是人体直立时躯体的中心位置; 压力中心(center of pressure, COP)是作用于支撑面上全部力量的分布中心, COM 或 COP 相对于支撑面的位置反映了人体姿势的稳定性^[15-16]。稳定裕度包含身体重心相对于双脚压力中心的位置和动作的瞬间速度, 可以更好代表动态姿势稳定性^[17-18]。Roelker 等^[19]发现偏瘫患者偏瘫侧的推动力主要由健侧代偿提供; Granata 等^[20]发现双侧髂前上棘中部位置的点与全身标记所得到的重心具有相似的动态变化; 因此, 我们用患侧髂前上棘的位置代表身体重

心, 追踪其与压力中心的转移来反映患者偏瘫侧在步行中的作用, 转移越充分, 偏瘫侧作用越大, 这样有助于区别功能障碍和代偿策略。步态量表应用于跌倒风险的评定, 相对于其他量表更能准确反映出患者姿势不稳定的具体影响因素, 现在逐步应用于脑卒中患者^[21]。

3.3 髋关节强化训练的针对性和有效性 脑卒中偏瘫患者异常姿势步态主要体现在支撑相和摆动相两个方面, 本研究就这两方面比较和分析髋关节强化训练如何提高偏瘫患者的动态姿势稳定性, 减少跌倒的发生率。

首先, 在步态支撑期, 偏瘫患者主要功能障碍是臀大肌无力、股四头肌离心性收缩不充分, 因臀肌力量差, 步行时表现为伸髋困难^[22]。研究表明: 在支撑相中期, 髋关节伸展是促进肢体由支撑相到摆动相转变的重要信号^[23], 臀大肌收缩提供身体向前的动力, 使身体重心向前移动。偏瘫患者身体重心向前转移不充分, 动态稳定裕度表现为较大的 MOSA, 偏瘫侧步长相对健侧较小, 步态对称性差。针对以上功能障碍, 本研究采用以下方法: 方法③④有利于臀大肌收缩训练, 方法④可强化股四头肌离心性收缩能力, 动作⑤可加强臀部伸展能力, 动作⑥可提高伸髋肌力, 促进臀部和躯干控制。以上方法针对性解决了步行支撑相中期身体重心的移动问题, 有助于患侧身体重心向前转移, 同时改善了患者的步态对称性。本研究结果表明, 经过上述髋关节强化方法训练后, 强化组 MOSA 与对照组相比明显减小, 步态对称性得分显著提高。

其次, 在步态摆动相, 偏瘫患者主要功能障碍是腓肠肌、髋屈肌(髂肌和腰大肌)、缝匠肌力量不足, 出现偏瘫侧骨盆提高代偿, 同时髋内收肌紧张^[24], 表现为画圈步态。研究表明: 在摆动期, 偏瘫患者由于主动踝跖屈不足, 不足以产生足够的向前推动力, 会主要依靠髋屈肌收缩代偿^[25]; 而大部分偏瘫患者存在髋关节屈曲无力障碍, 因此偏瘫侧抬脚困难, 躯干稳定性较差。同时, 偏瘫侧内收肌紧张, 患侧身体重心向压力中心转移不充分^[26], 即动态稳定裕度表现为较大的 MOSL, 步间距相对较大。针对以上功能障碍, 本研究采用以下方法: 方法①②可缓解偏瘫侧内收肌较高的肌张力, 方法③④有利于强化偏瘫侧髋屈肌收缩, 动作⑤有利于模拟并促进下肢的分离运动, 动作⑦有利于模拟并促进机体正常的摆动模式。以上方法有助于改善偏瘫患者

代偿模式,提高偏瘫侧抬脚高度,减小步间距,促进躯干的稳定。本研究结果表明,经过上述髋关节强化方法训练后,强化组患者 MOSL 较对照组明显减小,偏瘫侧抬脚高度、躯干稳定性、步间距得分均有显著提高。

综上所述,本研究结果表明,在常规训练的基础上,强化患侧髋关节肌群的训练,能更有效地提高脑卒中偏瘫患者动态姿势稳定性,增加步行的安全性。本研究不足之处在于:由于研究的样本量较小,今后还应扩大样本量;在跑步机上行走和在地面上行走之间的细微差别可影响运动学变化和动态稳定性等,今后将进一步比较跑步机行走与地面行走的差异;针对偏瘫患者动态姿势不稳定的问题,还需进一步探讨更有效的干预措施。

【参考文献】

- [1] 何志宏,王凌云,韩琤琤,等.基于医-护-助责任制的德胜家庭医生签约服务模式[J].中国全科医学,2019,22(1):2681-2687.
- [2] Kim D, Ko J, Woo Y. Effects of dual task training with visual restriction and an unstable base on the balance and attention of stroke patients [J]. J Phys Ther Sci, 2014, 25 (12) : 1579-1582.
- [3] 张阳,李晓静,游永豪.健美操女大学生髋关节等速肌力与静态平衡能力的相关性研究[J].南京体育学院学报(自然科学版),2015,14(4):48-53.
- [4] 黄萍,钟慧敏,陈博,等.正常青年人三维步态:时空及运动学和运动力学参数分析[J].中国组织工程研究,2015,19(24):3882-3888.
- [5] 毛玉琚,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.
- [6] 李哲,赵玉敏,郭钢花,等.全身振动训练对脑卒中患者躯干肌痉挛的影响[J].中国康复医学杂志,2015,30(8):798-800.
- [7] 苏琦,徐德恩,丁宇玲.髋关节强化训练对脑梗死后偏瘫患者肢体功能障碍康复的影响[J].解放军预防医学杂志,2019,37(5):152-153.
- [8] 韩洪莉. Thera-Band 抗阻肌力训练与等速肌力训练对脑卒中患者下肢运动功能与步态的影响[J].护理实践与研究,2019,16(21):60-61.
- [9] Sivakumaran S, Schinkel-Ivy A, Masani K, et al. Relationship between margin of stability and deviations in spatiotemporal gait features in healthy young adults[J]. Hum Mov Sci, 2018, 57 (5):366-373.
- [10] 杨琛,王秀华,刘莉. Tinetti 平衡与步态量表在移动及平衡能力评估中的应用进展[J].中国康复医学杂志,2019,34(5):601-606.
- [11] Olney SJ, Richards C. Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics [J]. Gait Posture, 1996,32(4):136-148.
- [12] Balasubramanian CK, Neptune RR, Kautz SA. Foot placement in a body reference frame during walking and its relationship to hemiparetic walking performance [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2010, 25(5):483-490.
- [13] 牛博真,张向宇,田恺,等.骨盆、髋关节周围肌群等长收缩训练对脑卒中后遗症期患者步行功能的影响[J].临床神经病学杂志,2018,31(1):32-36.
- [14] 周斌.系统化思维(姿势控制理念)对偏瘫步行训练的意义[A].中国康复研究中心.第七届北京国际康复论坛论文集(下册)[C].中国康复研究中心《中国康复理论与实践》编辑部,2012:3.
- [15] Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2003, 82(6):463-469.
- [16] Corriveau H, Hébert R, Raïche M, et al. Evaluation of postural stability in the elderly with stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85(7):1095-1101.
- [17] Madehkhaksar F, Klenk J, Sczuka K, et al. The effects of unexpected mechanical perturbations during treadmill walking on spatiotemporal gait parameters, and the dynamic stability measures by which to quantify postural response[J]. PloS One, 2018, 13 (4): e0195902.
- [18] Kao PC, Dingwell JB, Higginson JS, et al. Dynamic instability during post-stroke hemiparetic walking[J]. Gait Posture, 2014, 40(3):457-463.
- [19] Roelker SA, Bowden MG, Kautz SA, et al. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: A review[J]. Gait posture, 2019, 68(1):6-14.
- [20] Granata KP, Lockhart TE. Dynamic stability differences in fall-prone and healthy adults[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2008, 18 (2):172-178.
- [21] Canbek J, Fulk G, Nof L, et al. Test-retest reliability and construct validity of the tinetti performance-oriented mobility assessment in people with stroke[J]. J Neurol Phys Ther, 2013, 37 (1):14-19.
- [22] 汤洋,林坚,黄雄昂,等.双侧臀肌肌内效贴改善脑卒中患者坐-站转移稳定性的疗效观察[J].浙江医学,2017,39 (11):878-881.
- [23] Peterson CL, Cheng J, Kautz SA, et al. Leg extension is an important predictor of paretic leg propulsion in hemiparetic walking [J]. Gait posture, 2010, 32 (4):451-456.
- [24] Peterson CL, Hall AL, Kautz SA, et al. Pre-swing deficits in forward propulsion, swing initiation and power generation by individual muscles during hemiparetic walking[J]. J Biomech, 2010, 43(12):2348-2355.
- [25] HsiaRoche 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.
- [26] Hsiao H, Gray VL, Creath RA, et al. Control of lateral weight transfer is associated with walking speed in individuals post-stroke [J]. J Biomech, 2017, 60(5):72-78.

(收稿日期:2020-01-13; 修回日期:2020-02-24)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一超)