

·临床研究·

脑卒中患者双侧站立动态姿势控制能力与平衡及步行功能相关性研究

王亚囡^{1,2} 张 通^{1,2,3} 刘元旻² 杜雪晶^{1,2} 朱晓敏^{1,2}

摘要

目的:探讨脑卒中偏瘫患者双侧肢体姿势控制能力与其平衡及步行功能的相关性。

方法:2018年—2019年,随机选取中国康复研究中心住院的Brunnstrom IV期及以上脑卒中偏瘫患者38例。A、B两名测试者评定受试者双侧下肢分别支撑的星状偏移平衡测试(star excursion balance test, SEBT),测试者A隔天再次测量。测试者C评定Berg平衡量表、Active Balancer EAB-100平衡检测仪的(前方、后内侧、后外侧、外侧)稳定极限值、步行速度。对SEBT测试结果进行测试者内和测试者间信度统计,分析双侧下肢SEBT结果间差异,对首次测量SEBT结果及SEBT不对称值分别与平衡功能测试结果、步行速度结果进行相关性分析。

结果:SEBT的测试者内及测试者间信度较高($ICC=0.888-0.969$, $ICC=0.892-0.951$);双侧下肢SEBT测试结果间有显著性差异($t=2.278-8.813$, $P<0.05$);SEBT测试结果与Berg平衡量表评分($r=0.504-0.812$, $P<0.05$)、Active Balancer EAB-100平衡检测仪的前方和中间外侧稳定极限值($r=0.406-0.671$, $P<0.05$)及步行速度($r=0.463-0.563$, $P<0.05$)呈显著性中高度正相关;SEBT不对称值与Berg平衡量表评分($r=-0.011-0.154$, $P>0.05$)无显著性相关关系;后外方向上SEBT不对称值与Active Balancer EAB-100平衡检测仪的前方、外侧稳定极限值($r=-0.380$ 、 -0.348 , $P<0.05$)呈有显著性低度相关关系;前方SEBT不对称值与步行速度呈显著性低度负相关关系($r=-0.385$, $P<0.05$)。

结论:SEBT在脑卒中Brunnstrom IV期及以上患者的动态姿势控制评定中具有较高的重测信度,受试者双侧下肢姿势控制能力存在差异;双侧姿势控制与平衡(Berg平衡量表、Active balancer EAB-100平衡检测仪)和步行功能(步行速度)有关,双侧姿势控制不对称性与平衡和步行功能有关,但相关性较低。

关键词 星状偏移平衡测试;姿势控制;平衡;步态;脑卒中

中图分类号:R318.01;R743.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-03-0336-07

The correlation between dynamic posture control of bilateral lower limb standing and balance and walking function in stroke patients/WANG Yanan, ZHANG Tong, LIU Yuanmin, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(3): 336—342

Abstract

Objective: To investigate the correlation between postural control ability and balance and walking function in stroke patients with hemiplegia.

Method: A total of 38 stroke patients with hemiplegia at Brunnstrom stage IV and above were randomly selected from China Rehabilitation Research Center from 2018 to 2019. Tester A and B assessed the star excursion balance test (SEBT) of the subject with left or right leg support, with A taking the test again the next day. Tester C assessed the Berg balance scale, active balancer EAB-100 balance detector (anterior, posteromedial, posterolateral, lateral) stability limits and walk velocity. Test-retest reliability and intertester reliability were performed on the SEBT test results to analyze the differences between the SEBT results of bilateral lower ex-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.03.008

1 首都医科大学康复医学院,北京市,100068; 2 中国康复研究中心北京博爱医院; 3 通讯作者

第一作者简介:王亚囡,女,主管治疗师; 收稿日期:2020-11-26

tremities. Correlation analysis was conducted between the first measurement of SEBT results and the SEBT asymmetry values with balance function test results and walk velocity results, respectively.

Result: The test-retest and intertester correlation of SEBT was good ($ICC=0.888-0.969$, $ICC=0.892-0.951$). There were significant differences in the SEBT results of bilateral lower extremities ($t=2.278-8.813$, $P<0.05$). SEBT was highly positively correlated with Berg scale score ($r=0.504-0.812$, $P<0.05$), anterior and lateral stability limits of active balancer EAB-100 balance detector ($r=0.406-0.671$, $P<0.05$), and walk velocity ($r=0.463-0.563$, $P<0.05$). There was no significant correlation between SEBT asymmetry and Berg scale score ($r=-0.011-0.154$, $P>0.05$). There was a low correlation between the posterolateral of SEBT asymmetry and the anterior and lateral stability limits of active balancer EAB-100 balance detector ($r=-0.380$, -0.348 , $P<0.05$). There was a low negative correlation between anterior of SEBT asymmetry and walk velocity ($r=-0.385$, $P<0.05$).

Conclusion: SEBT had high retestable reliability in dynamic postural control assessment in stroke patients at Brunnstrom stage IV and above, and there were differences in postural control ability of both lower extremities. Bilateral postural control was associated with balance (BBS, active balancer EAB-100 balance detector) and walking function (velocity). Bilateral postural control asymmetry was associated with balance and walking function, but the correlation was low.

Author's address School of Rehabilitation of Capital Medical University, Beijing, 100068

Key word star excursion balance test; postural control; balance; gait; stroke

脑卒中后,患者易出现肌肉无力、感觉障碍、视力问题、痉挛状态等,进而影响姿势控制^[1-2]。姿势控制可以维持身体姿势稳定、提高动作效率,包括自主姿势控制和非自主姿势控制,自主姿势控制是在主动运动中保持姿势稳定和空间定向能力,非自主姿势控制是身体受到干扰时的非自主调整^[3]。日常生活活动以自主运动为主,且动态活动中会遇到更多挑战,对自主动态姿势控制的评定和治疗更有价值^[3]。脑卒中偏瘫患者立位姿势控制的影响因素除患侧肢体外,还包括非患侧肢体及双侧肢体姿势控制的不对称性因素^[1]。

有学者研究表明,平衡功能的评定方法可反映姿势控制能力^[3]。评定方法包括仪器评定、量表测试法和临床观察法^[4]。仪器评定方法操作复杂、成本较高,量表测试法需经专业培训,临床观察法精准度较低,临床推广性不高^[4]。星状偏移平衡测试(star excursion balance test, SEBT)是一种非仪器的评定方法,可检测肢体姿势平衡能力,最早用于下肢骨关节病患者^[5-7]。目前,许多学者将SEBT应用于下背痛患者^[8]、糖尿病患者^[9]、视力障碍患者^[10]、脑瘫儿童^[11]、老年人^[12]、运动员^[13-14]等。SEBT测试方法要求受试者双手叉腰、单脚立于八条夹角为45°的直线交叉点,用非支撑腿分别向8个方向尽可能伸

展后回到起点,8个方向分别为:前方(anterior, ANT)、后方(posterior, POST)、内侧(medial, MED)、外侧(lateral, LAT)、前外(anterolateral, ALAT)、后外(posterolateral, PL)、前内侧(anteromedial, AMED)、后内(posteromedial, PM)^[5-15]。有学者研究表明八个方向内部具有一致性,现常用ANT、PM、PL三个方向^[15]。SEBT测量值与其下肢长度的比值,为标准化值^[5-15]。标准化值可对不同身高和性别的受试者进行比较^[15];受试者双下肢SEBT标准化差值,可反映两侧下肢姿势控制的不对称性及运动损伤风险^[13]。该测试方法简单、省时、省力、费用较低且无需特殊培训^[8,14]。也被多篇文章论证为有信度和效度的动态姿势控制测试方法^[11,13,15-16]。

本研究旨探讨SEBT在脑卒中偏瘫患者姿势评定中的信度,及SEBT结果与平衡功能、步行速度测量结果的相关性。为脑卒中偏瘫患者姿势控制(平衡)功能及步行能力的康复评定提供更便捷、准确的评定方法;为SEBT在脑卒中患者康复评定中的应用提供临床依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

随机选取2018年9月—2019年3月于中国康复

研究中住院的脑卒中患者 38 例 (M=22 例, F=16 例), 基本情况为年龄 41.79 ± 10.33 岁, 身高 171.32 ± 6.88 cm, 体重 73.16 ± 8.85 kg。

纳入标准: ①首次发病, 诊断符合 1995 年第四届脑血管病学术会议制定的《各类脑血管疾病诊断要点》^[17] 偏瘫临床诊断标准, 并经头颅 CT 或 MRI 证实; ②年龄 20—60 岁; 病程 2—6 个月; ③生命体征稳定; ④Brunnstrom 分期 IV 期及以上; ⑤能独立行走 12m 以上; ⑥自愿完成实验。

排除标准: ①严重认知障碍; ②下肢异常肌张力 (改良 Ashworth 分级 $\geq I^+$ 级)、感觉障碍、下肢关节活动度受限; ③髋、膝、踝关节疾患; ④视力、视野障碍、半侧忽略等; ⑤体质指数 (body mass index, BMI) ≤ 18.5 或 ≥ 28 。

剔除和脱落标准: ①受试者突发身体不适, 无法继续参与实验; ②受试者出院或转科等因素; ③患者或家属不愿继续进行试验, 主动要求终止。

本研究经中国康复研究中心医学伦理委员会批准通过, 伦理批件号: 2020-125-1, 所有受试者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算: 样本量根据 α (检验标准) = 0.05, $1-\beta$ (检验效能) = 0.95, 总体相关系数 $\rho=0.05$, 线性相关分析公式计算得出, 采取最大样本量原则, 纳入受试者 38 例。

1.2.2 评定指标: 所有受试者均进行 SEBT、BBS、平衡检测仪和步行速度测试。其中 SEBT 由 A、B 两名测试者分 3 天重复评定, 测试者 C 评定 BBS、平衡检测仪和步行速度。

SEBT 测试: 本研究选取 SEBT 的 ANT、PM、PL 三个方向。受试者脱鞋, 足置于八条线交叉点上, 双手叉腰 (若患侧上肢不能, 可非患侧保持), 一侧下肢支撑, 另一侧下肢抬起并伸出, 记录趾尖到起点的距离, 受试者抬起伸展侧下肢回到起始位置 (要求: 受试者轻触地面并能返回起点; 伸出脚触地过重或静止在触地点都为失败; 支撑脚不能移动; 受试者通过移动自己的重心保持平衡)。受试者进行 4 次练习, 正式测试时每个方向测量 3 次, 取平均值, 每次间隔 10s。每个方向测试后休息 2min, 再进行下一方向测试, 受试者双侧下肢分别测试。下肢长度测

量: 患者仰卧位, 测量髂前上棘到内踝的距离。标准化值: 测得数值/下肢长度 $\times 100\%$, 计算三个方向的标准化值^[5-15]。不对称值: 同一方向双侧下肢标准化值的差^[13]。

BBS: 包括从坐到站、无支撑站立、转移、闭目站立、原地旋转 360° 、单腿站立等 14 项, 满分 56 分, 分数越高, 平衡功能越好^[2, 4, 18]。

平衡检测仪: 本研究应用 active balancer EAB-100 平衡检测仪 (EAB, 日本东京 SAKAI 公司)。受试者脱鞋立于压力传感器的平板上, 目视前方的电脑显示屏, 压力中心落于双脚中间指定点, 受试者随着电脑屏幕显示的方向 (每隔 45° , 共 8 个方向) 尽可能移动自己的重心, 并测量重心移动轨迹的稳定极限值。测试时避免躯干屈曲代偿。本研究选取与 SEBT 对应的 ANT、PM、PL, 以及平衡检测常用的 LAT 方向。评定前向受试者介绍评定注意事项; 测试时, 保持室内安静, 受试者不能讲话^[4, 19]。

步行速度: 本研究应用 GaitWatch 三维步态分析 (广州章和电气) 进行步行速度测定。选取长 12m 的空旷安静场地, 测试前进行环境校准, 确定磁场干扰强度, 角度偏差 $< 20^\circ$, 正确佩戴 7 个传感器后进行姿态校准。测试前, 受试者进行 4 次练习, 适应环境, 再以自然步速测试^[20], 测量步行速度 (velocity, V)。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析, 计量资料符合正态分布, 用均数 $\pm$ 标准差表示, 不服从正态分布的数据采用中位数和四分位数间距 [M(Q)] 表示。应用组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 作为衡量信度的指标, ICC < 0.49 为差; 0.5—0.69 为中等; 0.7—0.89 为好; 0.9—1 为优秀^[16]; 双侧 SEBT 标准化值进行配对样本 t 检验, 显著性水平 $\alpha=0.05$; BBS 与 EAB 测试结果进行相关分析; 测试者 A 首日 SEBT 测试结果及 SEBT 不对称值分别与 BBS、EAB、V 测试结果进行相关分析, 符合正态分布采用 Pearson 相关分析, 非正态分布采用 Spearman 相关分析。

2 结果

见表 1—5。SEBT 在脑卒中偏瘫患者评定中测试者内及测试者间信度较高: 为好-优秀。患侧及非

表1 患侧与非患侧 SEBT 标准化值比较及 SEBT 测量信度

(% , n=38)

SEBT	测试者 A 第一次($\bar{x} \pm s$, %)	测试者 A 第二次($\bar{x} \pm s$, %)	测试者 B ($\bar{x} \pm s$, %)	ICC ^①	95%CI ^①	ICC ^②	95%CI ^②
患侧							
ANT	47.53±12.74	48.02±13.26	47.47±11.24	0.888	0.794—0.940	0.951	0.909—0.974
PM	70.45±13.37	68.62±13.10	72.56±13.37	0.963	0.900—0.984	0.892	0.794—0.944
PL	54.82±16.69	54.14±15.32	55.62±14.71	0.953	0.912—0.975	0.905	0.825—0.949
健侧							
ANT	58.23±10.79	59.32±10.20	58.27±10.33	0.952	0.905—0.975	0.930	0.870—0.963
PM	75.77±14.67	74.25±14.07	76.79±14.20	0.969	0.930—0.985	0.941	0.889—0.969
PL	63.86±15.53	64.53±14.06	66.04±14.12	0.962	0.928—0.980	0.944	0.874—0.973
<i>t</i>							
ANT	6.670	5.903	8.813				
PM	3.336	3.329	2.708				
PL	3.842	4.339	4.092				
<i>P</i>							
ANT	0.000	0.000	0.000				
PM	0.002	0.003	0.010				
PL	0.000	0.000	0.000				

注:①测试者内;②测试者间

表2 BBS 与 EAB 相关关系

BBS ($\bar{x} \pm s$, 分)	EAB($\bar{x} \pm s$, mm)			
	ANT	PM	PL	LAT
48.79±3.60	58.21±16.06	68.20±14.62	52.98±21.46	63.72±18.35
<i>r</i>	0.467	0.011	0.068	0.566
<i>P</i>	0.003	0.947	0.686	0.000

患侧 SEBT 标准化值有显著差异。

BBS 与 EAB 的 ANT、LAT 方向上的稳定极限值呈有显著性的正相关关系;与 EAB 的 PM、PL 方向上的稳定极限值呈无显著性的相关关系。

患侧支撑 SEBT 测试结果与 BBS 结果呈有显著

性的正相关关系;与 EAB 的 ANT、LAT 方向的稳定极限值呈有显著性的正相关关系;与 EAB 的 PM、PL 方向的稳定极限值呈无显著性相关关系;与步行速度(60.39±24.42cm/s)呈有显著性正相关关系。

非患侧支撑 SEBT 测试结果与 BBS 呈有显著性正相关关系;SEBT 的 ANT、PM 方向测试结果与 EAB 的 ANT 方向的稳定极限值呈有显著性正相关关系、SEBT 三个方向测试结果与 EAB 的 LAT 方向的稳定极限值呈有显著性正相关关系,SEBT 三个

表3 患侧支撑 SEBT 测试结果与 BBS、EAB、V 相关关系

	SEBT(患)		
	ANT	PM	PL
BBS			
<i>r</i>	0.708	0.725	0.598
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
EAB(mm)			
ANT			
<i>r</i>	0.531	0.479	0.559
<i>P</i>	0.001	0.002	0.000
PM			
<i>r</i>	0.099	0.060	0.128
<i>P</i>	0.553	0.722	0.445
PL			
<i>r</i>	0.147	0.163	0.138
<i>P</i>	0.378	0.328	0.375
LAT			
<i>r</i>	0.653	0.587	0.671
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
V(cm/s)			
<i>r</i>	0.650	0.583	0.563
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000

表4 非患侧支撑 SEBT 测试结果与 BBS、EAB、步行速度相关关系

	SEBT(非患侧)		
	ANT	PM	PL
BBS			
<i>r</i>	0.698	0.812	0.504
<i>P</i>	0.000	0.000	0.001
EAB(mm)			
ANT			
<i>r</i>	0.466	0.437	0.205
<i>P</i>	0.003	0.006	0.218
PM			
<i>r</i>	0.099	0.060	0.128
<i>P</i>	0.553	0.722	0.445
PL			
<i>r</i>	0.147	0.163	0.138
<i>P</i>	0.378	0.328	0.375
LAT			
<i>r</i>	0.607	0.612	0.406
<i>P</i>	0.000	0.000	0.011
V(cm/s)			
<i>r</i>	0.535	0.463	0.251
<i>P</i>	0.001	0.003	0.128

方向与EAB的PM、PL方向的稳定极限值呈无显著性相关关系;SEBT的ANT、PM测试结果与步行速度呈有显著性正相关关系,SEBT的PL方向测试结果与步行速度呈无显著性相关关系。

SEBT 不对称值 ANT[10.46% (14.47%)]、PM [9.17%(8.54%)]、PL [9.45%(14.29%)]与BBS呈无显著性相关关系;PL方向SEBT差值与EAB的ANT、LAT方向稳定极限值呈有显著性的低度负相关关系;ANT方向SEBT不对称差值与步行速度呈有显著性低度负相关关系。

表5 SEBT 不对称值与BBS、EAB、v相关关系				
		SEBT 不对称值		
		ANT	PM	PL
BBS	<i>r</i>	-0.154	-0.011	-0.031
	<i>P</i>	0.356	0.948	0.853
EAB(mm)				
ANT	<i>r</i>	-0.272	-0.026	-0.380
	<i>P</i>	0.099	0.878	0.019
PM	<i>r</i>	0.112	0.115	-0.084
	<i>P</i>	0.504	0.492	0.618
PL	<i>r</i>	-0.101	-0.263	-0.199
	<i>P</i>	0.545	0.110	0.231
LAT	<i>r</i>	-0.207	0.001	-0.348
	<i>P</i>	0.211	0.996	0.032
V(cm/s)				
	<i>r</i>	-0.385	0.008	-0.260
	<i>P</i>	0.017	0.964	0.116

3 讨论

本研究为无干预措施观察性研究。研究结果表明,SEBT在脑卒中偏瘫患者评定中有较高的重测信度,并能区分双侧下肢姿势控制能力,且证实双侧下肢姿势控制能力均与受试者的平衡功能和步行功能有相关性。在脑卒中偏瘫患者评定中鲜有SEBT的相关研究。

ICC可用于评价测量工具的信度^[16]。本研究显示,应用SEBT评定脑卒中偏瘫患者立位动态姿势控制能力,测试者内及测试者间信度较高(ICC=0.888—0.969;ICC=0.892—0.951)。Kim DH^[11]证实应用SEBT评定脑瘫儿童的平衡功能测试者内和测试者间信度较高(ICC=0.98—0.99; ICC=0.98—

1.00)。骨关节病^[15]及正常人^[14]中应用SEBT评定姿势控制(平衡)也有较高的信度,以往研究与本研究结果相符。

姿势控制可使机体在功能性活动中保持身体直立、避免内外干扰、防止跌倒^[21—22],本研究38例脑卒中偏瘫患者双侧肢体姿势控制能力有显著差异($t=2.708—8.813, P<0.05$)。有研究显示健康人群SEBT的ANT、PM、PL三个方向标准化值分别为62%—69%、84%—97%、99%—113%^[5],比本研究结果非患侧SEBT 标准化值高。原因可能是脑卒中偏瘫患者重心偏向一侧、与姿势调整有关肌肉反应延迟或减少,影响患侧肢体姿势控制能力,非患侧下肢的过度代偿使得非患侧肢体姿势控制能力较健康人差^[1]。

本研究所用BBS及平衡检测仪均为国内外学者常用平衡功能评定工具^[18,23]。有研究显示BBS在功能较高患者应用中存在“天花板”效应,故与平衡检测仪进行了相关分析。本研究显示BBS评定结果与active balancer EAB-100平衡检测仪在ANT、LAT方向上稳定极限值呈正相关关系;与PM、PL方向上稳定极限值呈无显著性的相关关系。有研究指出脑卒中患者在前后、内外方向的平衡能力能更好地反映患者的平衡功能^[24],与本实验中相关性结果一致。

本研究双下肢SEBT标准化值与BBS、EAB-ANT、LAT有较高相关关系。有研究表明,脑卒中患者的姿势控制和运动稳定性(平衡)机制相同,且患者的姿势控制能力影响平衡功能^[25—26],与本研究结果相符。SEBT测试结果与EAB的PM、PL稳定极限值呈无显著性的相关关系,Glave AP^[27]的研究与本研究结果一致。平衡检测仪测量过程需受试者双腿支撑且限制髋关节屈曲,多为踝策略完成平衡检测,而Hoch^[6]指出SEBT实验为单足支撑,PM、PL方向以髋策略为主。

同向SEBT标准化值的差反映双侧下肢姿势控制的不对称性,可预测运动损伤风险^[13]。本研究结果显示,三个方向上SEBT不对称值与BBS呈无显著性相关关系,PL方向SEBT不对称值与EAB的ANT、PL的稳定极限值呈有显著性的低度相关。可能的原因是以往研究对象多为青壮年健康人及骨关节病患者,本实验对象为20—60岁偏瘫患者,此外

本研究选取了SEBT八个方向中常用的三个方向,适合脑卒中偏瘫患者的方向还需深入研究。

步行速度可反映脑卒中偏瘫患者的步行能力,是步态参数中最基本、最敏感指标^[28],GaitWatch三维步态分析仪测量步行速度具有较好信度^[20]。本研究发现,步行速度与患侧支撑时SEBT三个方向均呈正相关关系,与非患侧支撑时ANT、PM有相关关系。Hatton AL等^[29]在研究鞋垫对扁平足的影响中发现步行速度与SEBT测试结果有一致性。Mentiplay BF^[30]指出脑卒中患者步行速度与踝关节背屈及髌关节屈曲有较高相关性($r=0.40-0.72$),SEBT三个方向与踝关节背屈及髌关节屈曲有关^[6]。

ANT方向上SEBT不对称值与步行速度有较低相关性。原因可能是实验人群运动功能分级较高,双侧肢体间差异较小,机体步行控制机制复杂,影响因素较多,如中枢系统、下肢各关节肌肉协调性、心理因素等^[31]。

综上所述,SEBT可用于评定脑卒中偏瘫患者姿势控制,测量信度较高,且双侧SEBT标准化值均与平衡、步行功能相关。而SEBT不对称值与平衡、步行功能呈较低相关关系。值得说明,SEBT评定方法简单,仅需一腿支撑,另一腿进行三个方向伸展,受试者和评定者均不需特殊培训,在1人保护安全下,6—10min即可完成,临床及社区推广性较高。

参考文献

- [1] Kang N, Lee RD, Lee JH, et al. Functional balance and postural control improvements in patients with stroke after noninvasive brain stimulation: a meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2020, 101(1): 141—153.
- [2] Abit Kocaman A, Aydoğan Arslan S, Uğurlu K, et al. Validity and reliability of the 3-meter backward walk test in individuals with stroke[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2021, 30(1): 105462.
- [3] 陈正权, 陆耀飞, 韩甲, 等. 自主姿势控制能力评估的研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(4): 422—429.
- [4] 林源, 钮美娥, 王丽. 脑卒中患者平衡功能评定方法的应用进展[J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(6): 667—671.
- [5] Shi X, Han J, Witchalls J, et al. Does treatment duration of manual therapy influence functional outcomes for individuals with chronic ankle instability: A systematic review with meta-analysis[J]. Musculoskelet Sci Pract, 2019, 40: 87—95.
- [6] Hoch MC, Gaven SL, Weinhandl JT. Kinematic predictors of star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2016, 35: 37—41.
- [7] Kanko LE, Birmingham TB, Bryant DM, et al. The star excursion balance test is a reliable and valid outcome measure for patients with knee osteoarthritis[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2019, 27(4): 580—585.
- [8] Ganesh GS, Chhabra D, Mrityunjay K. Efficacy of the star excursion balance test in detecting reach deficits in subjects with chronic low back pain[J]. Physiother Res Int, 2015, 20(1): 9—15.
- [9] Rojhani-Shirazi Z, Barzintaj F, Salimifard MR. Comparison the effects of two types of therapeutic exercises frenkele vs. swiss ball on the clinical balance measures in patients with type II diabetic neuropathy[J]. Diabetes Metab Syndr, 2017, 11(Suppl 1): S29—S32.
- [10] Shin SS, Yoo WG, An DH. Effects of task velocity and center of mass acceleration during Y-Balance Test in elderly females with good and poor visual acuity[J]. J Phys Ther Sci, 2018, 30(6): 879—882.
- [11] Kim DH, An DH, Yoo WG. Reliability, standard error of measurement, and minimal detectable change of the star excursion balance test in children with cerebral palsy[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2020, 33(6): 909—912.
- [12] Roopchand-Martin S, McLean R, Gordon C, et al. Balance training with wii fit plus for community-dwelling persons 60 years and older[J]. Games Health J, 2015, 4(3): 247—252.
- [13] Stiffler MR, Bell DR, Sanfilippo JL, et al. Star excursion balance test anterior asymmetry is associated with injury status in division I collegiate athletes[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2017, 47(5): 339—346.
- [14] Bhanot K, Kaur N, Brody LT, et al. Hip and trunk muscle activity during the star excursion balance test in healthy adults[J]. J Sport Rehabil, 2019, 28(7): 682—691.
- [15] Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review[J]. J Athl Train, 2012, 47(3): 339—357.
- [16] López-Plaza D, Juan-Recio C, Barbado D, et al. Reliability of the star excursion balance test and two new similar protocols to measure trunk postural control[J]. PMR, 2018, 10(12): 1344—1352.
- [17] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病的诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6): 379—380.
- [18] 王云龙, 陈长香, 马素慧, 等. 不同平衡量表应用于脑卒中患者的相关性分析[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(2): 143—146.
- [19] 宋桂芸, 张璞, 恽晓平, 等. 平衡仪静态平衡功能参数正常参考

- 值的建立及权重分析[J]. 中国康复理论与实践, 2015, (9): 1069—1073.
- [20] 王盛, 伍琦, 朱奕, 等. 便携式步态分析与实验室步态分析时空参数的一致性研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(8): 621—624.
- [21] 尹群辉, 张皓. 脑卒中偏瘫患者预期性姿势调节的研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(11): 1250—1253.
- [22] Comber L, Sosnoff JJ, Galvin R, et al. Postural control deficits in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Gait Posture, 2018, 61: 445—452.
- [23] Hou YR, Chiu YL, Chiang SL, et al. Development of a smartphone-based balance assessment system for subjects with stroke[J]. Sensors (Basel), 2019, 20(1): 88.
- [24] Devetak GF, Bohrer RCD, Rodacki ALF, et al. Center of mass in analysis of dynamic stability during gait following stroke: a systematic review[J]. Gait Posture, 2019, 72: 154—166.
- [25] Van Crielinge T, Truijen S, Schröder J, et al. The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Rehabil, 2019, 33(6): 992—1002.
- [26] Feldman AG. The relationship between postural and movement stability[J]. Adv Exp Med Biol, 2016, 957: 105—120.
- [27] Glave AP, Didier JJ, Weatherwax J, et al. Testing postural stability: are the star excursion balance test and biodex balance system limits of stability tests consistent[J]? Gait Posture, 2016, 43: 225—227.
- [28] Mehrholz J, Pohl M, Kugler J, et al. The improvement of walking ability following stroke[J]. Dtsch Arztebl Int, 2018, 115(39): 639—645.
- [29] Hatton AL, Hug F, Brown BC, et al. A study of the immediate effects of glycerine-filled insoles, contoured prefabricated orthoses and flat insoles on single-leg balance, gait patterns and perceived comfort in healthy adults[J]. J Foot Ankle Res, 2015, 8: 47.
- [30] Mentiply BF, Williams G, Tan D, et al. Gait velocity and joint power generation after stroke: contribution of strength and balance[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2019, 98(10): 841—849.
- [31] 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(03): 190—193.

(上接第 330 页)

- Blood Press Cardiovasc Prev, 2018, 25(2): 137—145.
- [14] DeVea KM, Harman KA, Squair JW, et al. A comparison of passive hindlimb cycling and active upper-limb exercise provides new insights into systolic dysfunction after spinal cord injury[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2017, 313(5): H861—H870.
- [15] Squair JW, DeVea KM, Harman KA, et al. Spinal cord injury causes systolic dysfunction and cardiomyocyte atrophy[J]. J Neurotrauma, 2018, 35(3): 424—434.
- [16] Squair JW, Liu J, Tetzlaff W, et al. Spinal cord injury-induced cardiomyocyte atrophy and impaired cardiac function are severity dependent[J]. Exp Physiol, 2018, 103(2): 179—189.
- [17] Okamoto LE, Diedrich A, Baudenbacher FJ, et al. Efficacy of servo-controlled splanchnic venous compression in the treatment of orthostatic hypotension: a randomized comparison with midodrine[J]. Hypertension, 2016, 68(2): 418—426.
- [18] Popa C, Popa F, Grigorean VT, et al. Vascular dysfunctions following spinal cord injury[J]. J Med Life, 2010, 3(3): 275—285.
- [19] Illman A, Stiller K, Williams M. The prevalence of orthostatic hypotension during physiotherapy treatment in patients with an acute spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2000, 38(12): 741—747.
- [20] Sampson EE, Burnham RS, Andrews BJ. Functional electrical stimulation effect on orthostatic hypotension after spinal cord injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2000, 81(2): 139—143.
- [21] Chao CY, Cheing GL. The effects of lower-extremity functional electric stimulation on the orthostatic responses of people with tetraplegia[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2005, 86(7): 1427—1433.
- [22] Sarafis ZK, Monga AK, Phillips AA, et al. Is technology for orthostatic hypotension ready for primetime?[J]. PM R, 2018, 10(9 Suppl 2): S249—S263.