

凝视稳定训练对脑卒中患者平衡功能的影响

赵若欣¹ 鲁俊² 刘欣荣¹ 王宇¹ 肖悦² 孟殿怀² 许光旭^{1,2}

¹南京医科大学康复医学院, 南京 210029; ²南京医科大学第一附属医院老年康复科, 南京 210029

通信作者: 许光旭, Email: xuguangxu1@126.com

【摘要】 目的 观察凝视稳定训练对脑卒中患者平衡功能的影响。**方法** 将符合入选和排除标准的脑卒中患者 40 例按照随机数表法分为试验组 (20 例) 和对照组 (20 例), 2 组患者均接受常规康复训练, 试验组在此基础上增加凝视稳定训练, 每日 1 次, 每次 30 min, 每周训练 5 d, 连续训练 4 周。于治疗前和治疗 4 周后 (治疗后) 评估 2 组患者的静态站立时双足压力中心 (COP) 压强占比和包络椭圆面积、动态下双足 COP 前、后偏移速度 (AP-COPV)、平衡功能 [Berg 平衡量表 (BBS)]、动态平衡功能 [起立-行走测试 (TUGT)] 和特定活动中保持平衡的自信程度 [特定活动平衡信心量表 (ABC)]。**结果** 治疗后, 试验组闭眼时的双足包络椭圆面积 [(73.21±72.40) mm²]、睁眼患足压强占比 [(60.28±17.86) %]、闭眼患足压强占比 [(55.04±13.77) %]、健足 AP-COPV [(12.03±6.83) cm/s]、患足 AP-COPV [(11.82±5.46) cm/s]、BBS 评分 [(49.95±4.70) 分]、TUGT [(21.63±11.14) s]、ABC [(68.38±12.85) %] 均显著优于组内治疗前和对照组治疗后, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论** 凝视稳定训练不仅可以改善脑卒中患者的平衡功能、患侧支撑和重心转移能力, 还可增强其平衡信心, 降低跌倒风险。

【关键词】 凝视稳定训练; 前庭康复; 脑卒中; 平衡功能

基金项目: 江苏省重点研发计划项目 (BE2021012-4)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.08.004

Gaze stabilization exercises can improve balance after a stroke

Zhao Ruoxin¹, Lu Jun², Liu Xinrong¹, Wang Yu¹, Xiao Yue², Meng Dianhuai², Xu Guangxu^{1,2}

¹Department of Rehabilitation Medicine, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China; ²Department of Geriatric Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

Corresponding author: Xu Guangxu, Email: xuguangxu1@126.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of gaze stabilization exercises on the balance of stroke patients. **Methods** Forty stroke patients were randomly divided into an experimental group ($n=20$) and a control group ($n=20$). Both groups were given conventional rehabilitation therapy, while the experimental group was additionally provided with gaze stabilization exercises, once a day, five days a week, for a total of four weeks. Each session lasted 30 minutes. Before and after the four weeks, both groups were evaluated in terms of their envelope ellipse area and the plantar pressure distribution on the affected side in static standing and using the anterior-posterior center of pressure displacement velocity (AP-COPV). They were also assessed using the Berg Balance Scale (BBS), the timed up-and-go test (TUGT), and the Activities-specific Balance Confidence Scale (ABC). **Results** After the gaze stabilization exercises, the average envelope ellipse area, the plantar pressure distribution of the affected side with the eyes open and closed, AP-COPV, BBS score, TUGT time and ABC score of the experimental group were significantly superior to the control group's averages and to the results four weeks previously. **Conclusions** Gaze stabilization exercises can improve balance, weight shifting and one-leg standing after a stroke. That should enhance balance confidence and reduce the risk of falling.

【Key words】 Gaze stabilization exercises; Vestibular rehabilitation; Stroke; Balance

Funding: A Key Research and Development Project of Jiangsu Province (BE2021012-4)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.08.004

脑卒中是中枢神经系统病变引起的高发性神经疾病之一,易造成患者自主能力丧失、步态不稳和平衡功能受限,并增加跌倒风险^[1]。影响平衡功能的三个系统包括视觉系统、本体感觉系统和前庭系统,而前庭系统对于维持直立姿势而言是最为重要的^[2]。近年来,前庭神经康复逐渐成为脑卒中患者平衡功能训练的热点,具体的训练方法包括,凝视稳定训练(gaze stabilization exercises, GSEs)、姿势控制训练和前庭电刺激等^[3]。

GSEs 最早主要用于改善前庭功能障碍患者的眩晕、头晕等症状^[4]。近年来,国外学者逐渐将 GSEs 应用于脑卒中患者的康复治疗中,而国内还鲜见相关的研究报道。本研究旨在通过观察 GSEs 对脑卒中患者平衡功能的影响,以期为今后 GSEs 在临床上的推广和应用提供依据。

对象与方法

一、对象和分组

纳入标准:①符合脑卒中诊断标准^[5],经头颅 CT 或 MRI 确诊;②年龄 18~75 岁;③病程≤6 个月;④单侧偏瘫;⑤可无辅助独立进行功能性步行(距离≥10 m);⑥患者本人或其家属签署知情同意书。

排除标准:①认知功能障碍,简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)评分<24 分;②动眼神经缺陷或存在眼球运动障碍,自发或非自发性眼震;③脑卒中发病前即存在平衡功能障碍,或脑卒中后出现因本体感觉丧失或肌力严重不足等所致的平衡功能障碍;④单侧空间忽视;⑤失语症;⑥除脑卒中外合并有其他神经、骨科或心脏疾患,不适宜进行本研究者。

选取 2021 年 6 月至 2021 年 12 月南京医科大学第一附属医院老年康复医学科和江苏省人民医院栖霞康复分院收治住院且符合上述标准的脑卒中患者 40 例,采用随机数字表法将 2 组患者分为试验组和对照组,每组患者 20 例。2 组患者的性别、平均年龄、平均

病程、平均体重、平均下肢 Fugl-Meyer 评分、平均改良的 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)等一般资料组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究已经南京医科大学第一附属医院伦理委员会审批通过(2021-SR-213),且已在中国临床试验注册中心进行注册(ChiCTR2100052242)。

二、治疗方法

试验组和对照组均接受常规康复训练,具体包括:①立位平衡训练;②重心转移训练;③步行训练;④下肢肌力训练。常规康复治疗训练每日 1 次,每次 30 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

试验组在常规康复治疗的基础上增加 GSEs 训练,该训练要求患者进入安静的房间内,以白色墙壁作为背景(避免其它视觉信息给患者带来干扰),患者取站立位,训练内容包括:①水平眼跳运动训练——头部保持固定,将两个标记物 A 和 B 水平置于患者前方 2 m 处,高度与眼球平齐,间距 1.5 m,要求患者根据治疗师的口令分别将视线聚焦于目标 A 或目标 B,重复 15 次;②垂直眼跳运动训练——将标记物 A 和 B 垂直置于患者前方 2 m 处,间距 1.5 m,与患者两眼球间的连线上下等距,其他步骤同方法②;③水平平滑追踪训练——头部保持固定,治疗师将标记物置于患者前方 2 m 处,在眼球水平沿水平方向以 0.15 m/s 的速度移动,要求患者眼球跟随该目标等速同向运动,重复 15 次;④垂直平滑追踪训练——治疗师将标记物置于患者正前方,沿垂直方向移动,其他步骤同方法③;⑤水平注视稳定适应性训练——将标记物置于患者正前方眼球水平 2 m 处,要求患者将视线聚焦于标记物上,沿水平方向以 0.15 m/s 的速度移动头部,重复 15 次,随后沿水平方向移动标记物,要求患者头和眼球跟随标记物同向等速移动;⑥垂直注视稳定适应性训练——同方法⑤,移动方向改为垂直方向。GSEs 训练每日 1 次,每次 30 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。训练过程中,若患者出现严重的头晕、眩晕以及恶心等不适症状,应立即终止训练。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		病变性质(例)		病灶部位(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)
		男	女	脑梗死	脑出血	基底节区	大脑半球	
试验组	20	15	5	14	6	13	7	60.40±12.32
对照组	20	15	5	12	8	12	8	54.45±13.94
组别	例数	平均病程 (月, $\bar{x}\pm s$)	平均身高 (cm, $\bar{x}\pm s$)	平均体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)	平均下肢 Fugl-Meyer 评分(分, $\bar{x}\pm s$)	ADL 评分 (分, $\bar{x}\pm s$)	偏瘫侧别(例)	
							左	右
试验组	20	3.95±2.31	1.68±0.08	68.75±11.47	22.55±3.02	67.65±13.61	6	14
对照组	20	3.35±1.87	1.69±0.07	71.11±9.51	23.26±2.64	71.35±11.26	9	11

三、评估方法

于治疗前和治疗 4 周后(治疗后)评估 2 组患者的静态站立时双足压力中心(center of pressure, COP)压强占比和包络椭圆面积、动态下双足 COP 前、后偏移速度(anterior-posterior COP displacement velocity, AP-COPV)、平衡功能、动态平衡功能和特定活动中保持平衡的自信程度。

1. 静态双足压强占比和包络椭圆面积检测^[6]:采用上海产 Odonate 三维运动捕捉步态分析系统进行收集 COP 相关参数,该系统可通过三维双目视觉专利技术和 AI 智能系统采集人体表面的云关节点,自动分析人体的行走性能,并通过压力鞋垫收集足底压力和 COP 参数。检测时,每例患者分别于睁眼和闭眼状态下穿戴压力鞋垫,连接压力传感器,静止站立于特制的足底压力检测垫上,维持 20 s,采集患者睁眼和闭眼时的双足足底压强占比(百分制下健患足所占的百分比)和包络椭圆面积(COP 移动轨迹所包络的椭圆形面积)。双足足底压强占比可反映患者双侧下肢的支撑能力;包络椭圆面积可反映静态站立时的稳定性,面积越小,说明身体晃动范围越小,越稳定。

2. AP-COPV 检测^[7]:采用上海产 Odonate 三维运动捕捉步态分析系统进行收集,受试者需穿戴压力鞋垫,并连接好压力传感器,进行 6 段 5 m 以上的步行,从中截取完整的步态周期,采集受试者双足 AP-COPV。AP-COPV 表明在一段步态周期中 COP 在矢状面上移动的速度,AP-COPV 越大,则表明该侧足重心前、后的转移能力越强。

3. 平衡功能评估:采用 Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)进行评估,该量表可通过 14 种功能活动条目来评价患者的平衡功能,每个条目满分为 4 分,总分为 56 分,得分越高说明平衡功能越好,总分<45 分提示患者存在跌倒风险^[8]。

4. 动态平衡功能评估:采用起立-行走测试(timed up-and-go test, TUGT)^[9],患者坐在椅子上,背靠椅背,双手置于扶手上,听到“开始”口令后站起并开始计时,向前走 3 m,然后转身返回并坐下,结束计时。完

成起立-行走测试的时间越短,说明患者的动态平衡功能越好。

5. 特定活动中保持平衡的自信程度:采用中文版的特定活动平衡信心量表(activities-specific balance confidence scale, ABC)进行评估^[10],该量表由 16 项活动组成,用于测量患者在特定活动中保持平衡的自信程度。受试者依据量表对每项活动的自信程度进行自我评分,100%表示完全自信,0%表示完全没有自信,取 16 个条目的平均值(平均百分数)。该评估量表在脑卒中患者中具有良好的内部一致性(Cronbach's α = 0.94)和重测信度[组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC) = 0.85]^[11]。

四、统计学分析

本研究采用 SPSS 26.0 版统计软件进行数据分析。所有定量资料经柯尔莫戈洛夫-斯米诺夫检验(Kolmogorov-Smirnov test, K-S)分析后均符合正态分布,以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内治疗前、后比较采用配对样本 *t* 检验。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后静态站立时双足 COP 压强占比和包络椭圆面积比较

由于 2 组患者均可无辅助独立进行功能性步行(距离 ≥ 10 m),因此本研究未收集其静态站立时健足的底压强占比。治疗前,2 组患者睁眼和闭眼时的患侧足底压强占比和双足包络椭圆面积组间比较,差异均无统计学意义(*P* > 0.05)。治疗后,对照组患者仅闭眼时双足包络椭圆面积较组内治疗前显著改善,其余指标与组内治疗前比较,差异均无统计学意义(*P* > 0.05);而试验组仅睁眼时的双足包络椭圆面积与组内治疗前和对照组治疗后比较,差异无统计学意义(*P* > 0.05),其睁眼和闭眼时的患足足底压强占比以及闭眼时双足包络椭圆面积较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善,差异均有统计学意义(*P* < 0.05),详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后静态站立时双足 COP 压强占比和包络椭圆面积比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	睁眼患足压强占比(%)	闭眼患足压强占比(%)	睁眼包络椭圆面积(mm ²)	闭眼包络椭圆面积(mm ²)
对照组					
治疗前	20	44.20±18.12	43.87±17.85	177.82±256.47	234.57±228.92
治疗后	20	48.71±18.48	48.19±18.75	143.01±111.49	146.28±136.65 ^a
试验组					
治疗前	20	47.22±18.06	42.20±12.99	205.02±403.66	274.62±184.22
治疗后	20	60.28±17.86 ^{ab}	55.04±13.77 ^{ab}	153.15±200.73	73.21±72.40 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a*P* < 0.05;与对照组同时间点比较,^b*P* < 0.05

二、2 组患者治疗前、后双足 COP 的 AP-COPV 比较

治疗前,2 组患者双足 COP 的 AP-COPV 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗后,对照组患者仅患侧 AP-COPV 较组内治疗前显著改善,健侧 AP-COPV 与组内治疗前比较,差异仍无统计学意义($P>0.05$);而试验组治疗后患侧和健侧的 AP-COPV 较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前、后双足 COP 的 AP-COPV 比较
(cm/s, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	患侧 AP-COPV (cm/s)	健侧 AP-COPV (cm/s)
对照组			
治疗前	20	8.84±4.95	10.76±5.78
治疗后	20	10.80±4.27 ^a	11.13±4.46
试验组			
治疗前	20	8.30±4.30	9.10±5.91
治疗后	20	11.82±5.46 ^{ab}	12.03±6.83 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组同时间点比较,^b $P<0.05$

三、2 组患者治疗前、后 BBS 评分、TUGT 和 ABC 比较

治疗前,2 组患者的 BBS 评分、TUGT 和 ABC 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗后,2 组患者的 BBS 评分、TUGT 和 ABC 与组内治疗比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且试验组治疗后的 BBS 评分、TUGT 和 ABC 亦显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 4。

表 4 2 组患者治疗前、后 BBS 评分、TUGT 和 ABC 比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	BBS(分)	TUGT(s)	ABC(%)
对照组				
治疗前	20	46.25±6.94	26.60±11.80	55.81±16.16
治疗后	20	48.35±6.65 ^a	23.03±8.79 ^a	64.71±15.70 ^a
试验组				
治疗前	20	43.35±4.89	29.99±14.31	51.77±12.53
治疗后	20	49.95±4.70 ^{ab}	21.63±11.14 ^{ab}	68.38±12.85 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组同时间点比较,^b $P<0.05$

讨 论

本研究结果显示,经过 4 周的 GSEs 训练后,其闭眼时的双足包络椭圆面积、睁眼患足压强占比、闭眼患足压强占比、健足 AP-COPV、患足 AP-COPV、BBS 评分、TUGT、ABC 均显著优于组内治疗前和对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。以上结果表明,GSEs 可以有效改善脑卒中患者的平衡功能。

研究表明,GSEs 的作用机制在于其可以改善脑卒中患者的前庭-动眼反射(vestibulo-ocular reflex, VOR)

和动态视觉精确度(dynamic visual acuity, DVA)^[4]。VOR 是凝视稳定的第一个重要机制,它包括一个三神经元反射弧,从半规管到前庭核,然后到眼外肌,引起共轭的眼球运动,稳定眼球在空间中的位置。VOR 能够响应高加速度的头部运动或脉冲,产生与头部运动等速反向的眼球运动^[12-13],通过调节与头部摆动相关的视网膜滑动来控制眼球的运动,以保持视网膜上清晰的成像。当步行速度增加时,需要头部摆动与 VOR 的协调来维持身体的稳定^[14]。DVA 是指受试者在头部固定时可以分辨动态物体空间细节的能力,或是在头部或身体旋转时能够分辨静态物体空间细节的能力,是 VOR 的一种功能性的体现^[15]。在行走过程中,凝视稳定可以协调头部、躯干和骨盆的运动,改善 VOR 和 DVA,从而保持姿势的稳定性^[16]。脑卒中患者步行时需要更大的支撑面积,常表现出异常的姿势晃动,从而增加了患者对代偿性头部运动和眼球偏转的需要。然而,脑卒中患者由于眼球代偿性运动的减少或缺失而导致平衡功能受限^[17],凝视稳定训练可以通过加强眼球偏转和头部运动的能力,改善脑卒中患者的平衡功能。

正常人在静止站立时一般采用踝策略维持身体的平衡,足底压力中心围绕平衡点轻微晃动,此时足底本体感觉的输入对平衡调控起着关键作用。然而,脑卒中患者在静态站立时由于患侧支撑能力不足会表现出不对称的足底压力分布和过度的姿势摇摆。在闭眼状态下,由于缺少了视觉输入,维持平衡对前庭系统的依赖大大增加^[18]。林强等^[6]的研究表明,中枢神经系统病变后患者在闭眼状态下的平衡控制能力更差。本研究结果显示,经过 4 周的 GSEs 训练后,患者的闭眼包络椭圆面积显著降低,提示凝视稳定训练可以通过改善前庭系统的功能减小姿势的摇摆,从而提高患者静态站立时的稳定性;此外,睁眼和闭眼状态下患足压强占比均显著提高,说明患者的患侧负重能力提升,而结果中,试验组患者 BBS 评分(该量表中的闭眼站立和单腿支撑两项得分也显著提高)的提高也证实了这一点。

有研究指出,GSEs 训练可以提高健康成人的姿势稳定^[19],而脑卒中患者患侧与健侧运动的不对称性是影响步行能力和姿势稳定性的重要因素,也是发生跌倒的主要原因之一^[20]。研究表明,与正常人相比,脑卒中患者的步频、步速显著降低,患侧步长大大缩短,步态周期和患侧支撑相均延长,患侧摆动相缩短,重心转移的能力下降^[19]。本研究结果显示,经过 4 周的 GSEs 训练后,患者双足 AP-COPV 均有所提高,表明凝视稳定训练可以增强患者的重心转移能力。步行过程中矢状面上 COP 的运动轨迹反映了人体对足底压力

中心移动的控制能力。相较于步态时空参数而言, COP 作为力学指标,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^[21]。

Park 等^[22]的研究表明,通过眼球运动为主的前庭康复可以改善有跌倒史的老年人的静动态平衡功能,降低再跌倒的风险。Correia 等^[23]的研究表明,3 周 GSEs 训练可以显著降低脑卒中患者的跌倒风险。本研究中,试验组患者 BBS 分数的提高和 TUGT 时间的降低均表明了 GSEs 可以显著降低患者的跌倒风险;此外,ABC 的提高也表明了脑卒中患者对参与日常生活中各项功能性活动的平衡自信显著提升,这也更有利于患者早日回归家庭和社会。

综上所述,凝视稳定训练可显著改善脑卒中患者的平衡功能,提高患侧支撑和重心转移能力,并降低跌倒风险。需要指出的是,本研究存在诸多不足之处,如样本量有限、未对研究对象的病灶进行严格的划分和缺乏长期疗效的观察等,在今后的研究中将会进一步改进。

参 考 文 献

- [1] Wang W, Jiang B, Sun H, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: Results from a nationwide population-based survey of 480 687 Adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 759-771. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025250.
- [2] Lopez C. The vestibular system: balancing more than just the body[J]. *Curr Opin Neurol*, 2016, 29(1): 74-83. DOI: 10.1097/WCO.0000000000000286.
- [3] Sulway S, Whitney SL. Advances in vestibular rehabilitation[J]. *Adv Otorhinolaryngol*, 2019, 82:164-169. DOI: 10.1159/000490285.
- [4] Meldrum D, Jahn K. Gaze stabilisation exercises in vestibular rehabilitation: review of the evidence and recent clinical advances[J]. *J Neurol*, 2019, 266(Suppl 1): 11-18. DOI: 10.1007/s00415-019-09459-x.
- [5] 中华医学会神经病学分会. 中国脑血管疾病分类 2015[J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(3): 168-171. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2017.03.003.
- [6] 林强, 陈武德, 郑煜欣, 等. 基于足底压力下睁闭眼对静态平衡功能的影响[J]. *康复学报*, 2021, 31(1): 17-23. DOI: 10.3724/SP.J.13292021.01003.
- [7] Yu XM, Jin XM, Lu Y, et al. Effects of body weight support-Tai Chi footwork training on balance control and walking function in stroke survivors with hemiplegia: a pilot randomized controlled trial[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2020, 2020:9218078. DOI: 10.1155/2020/9218078.
- [8] Donoghue D, Strokes EK. How much change is true change? The minimum detectable change of the Berg Balance Scale in elderly people[J]. *J Rehabil Med*, 2009, 41(5): 343-346. DOI: 10.2340/16501977-0337.
- [9] Chan PP, Si Tou JI, Tse MM, et al. Reliability and validity of the timed up and go test with a motor task in people with chronic stroke

- [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2017, 98(11): 2213-2220. DOI: 10.1016/j.apmr.2017.03.008.
- [10] Mak MK, Lau AL, Law FS, et al. Validation of the Chinese translated activities-specific balance confidence scale[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88(4): 496-503. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.01.018.
- [11] Botner EM, Miller WC, Eng JJ. Measurement properties of the activities-specific balance confidence scale among individuals with stroke[J]. *Disabil Rehabil*, 2005, 27(4): 156-163. DOI: 10.1080/09638280400008982.
- [12] Pimenta C, Correia A, Alves M, et al. Effects of oculomotor and gaze stability exercises on balance after stroke: clinical trial protocol[J]. *Porto Biomed J*, 2017, 2(3): 76-80. DOI: 10.1016/j.pbj.2017.01.003.
- [13] Khan S, Chang R, Greenwald BD, et al. Anatomy of the vestibular system: a review[J]. *NeuroRehabilitation*, 2013, 32(3): 437-443. DOI: 10.3233/nre-130866.
- [14] Mitsutake T, Sakamoto M, Ueta K, et al. Poor gait performance is influenced with decreased vestibulo-ocular reflex in poststroke patients[J]. *Neuroreport*, 2017, 28(12): 745-748. DOI: 10.1097/WNR.0000000000000841.
- [15] Palidis DJ, Wyder-Hodge PA, Fookien J, et al. Distinct eye movement patterns enhance dynamic visual acuity[J]. *PLoS One*, 2017, 12(2): e0172061. DOI: 10.1371/journal.pone.0172061.
- [16] Cromwell RL, Newton RA, Carlton LG. Horizontal plane head stabilization during locomotor tasks[J]. *J Mot Behav*, 2001, 33(1): 49-58. DOI: 10.1080/00222890109601902.
- [17] Lamontagne A, Fung J. Gaze and postural reorientation in the control of locomotor steering after stroke[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23(3): 256-266. DOI: 10.1177/1545968308324549.
- [18] Portnoy S, Reif S, Mendelboim T, et al. Postural control of individuals with chronic stroke compared to healthy participants: timed-up-and-go, functional reach test and center of pressure movement[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2017, 53(5): 685-693. DOI: 10.23736/S1973-9087.17.04522-1.
- [19] Morimoto H, Asai Y, Johnson EG, et al. Effect of oculo-motor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults[J]. *Gait Posture*, 2011, 33(4): 600-603. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.01.016.
- [20] 岳童, 倪朝民, 刘孟, 等. 脑卒中患者足底压力与步行能力相关性分析[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37(5): 353-356. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.05.008.
- [21] 刘丽玲, 倪朝明, 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. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.00.001.
- [22] Park JH. The effects of eyeball exercise on balance ability and falls efficacy of the elderly who have experienced a fall: a single-blind, randomized controlled trial[J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2017, 68: 181-185. DOI: 10.1016/j.archger.2016.10.006.
- [23] Correia A, Pimenta C, Alves M, et al. Better balance: a randomised controlled trial of oculomotor and gaze stability exercises to reduce risk of falling after stroke[J]. *Clin Rehabil*, 2021, 35(2): 213-221. DOI: 10.1177/0269215520956338.

(修回日期:2022-05-30)

(本文编辑:阮仕衡)