

脑白质高信号患者平衡障碍特点分析

李雅晴 邱丽娜 王雅静 张玥 巫嘉陵

【摘要】 目的 总结脑白质高信号患者平衡障碍特征。方法 纳入 2018 年 9–12 月确诊的 82 例脑白质高信号患者,采用 Fazekas 分级评价脑白质高信号程度, Berg 平衡量表(BBS)评价平衡功能,平衡测试仪测定静态平衡功能和稳定极限; Spearman 秩相关分析探讨 Fazekas 分级与 BBS 评分(总评分、静态平衡功能评分、动态平衡功能评分)和平衡测试仪参数(重心摆动周长、面积和速度, X 轴和 Y 轴标准差, 稳定极限)之间的相关性。结果 BBS 总评分($r_s = -0.322, P = 0.027$; $r_s = -0.414, P = 0.004$)和动态平衡功能评分($r_s = -0.368, P = 0.011$; $r_s = -0.440, P = 0.002$)与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号均呈负相关。平衡测试仪各项参数中重心摆动周长($r_s = 0.239, P = 0.030$)和重心摆动速度($r_s = 0.240, P = 0.030$)仅与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号呈正相关, 重心摆动面积($r_s = 0.345, P = 0.001$; $r_s = 0.340, P = 0.002$)、X 轴标准差($r_s = 0.302, P = 0.006$; $r_s = 0.260, P = 0.018$)、Y 轴标准差($r_s = 0.248, P = 0.025$; $r_s = 0.253, P = 0.022$)与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号呈正相关; 而稳定极限与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号($r_s = -0.258, P = 0.019$)和脑深部白质高信号($r_s = -0.224, P = 0.043$)呈负相关。稳定极限与 BBS 总评分($r_s = 0.572, P = 0.000$)和功能性前伸测验(FRT)评分($r_s = 0.560, P = 0.000$)呈正相关。结论 侧脑室旁白质高信号可能是导致脑白质高信号患者平衡障碍的影响因素之一; 重度脑白质高信号患者静态稳定性、动态平衡功能、稳定极限和姿势稳定性明显下降, 存在较高的跌倒风险; FRT 测验可作为急诊或床旁评价患者主动姿势控制能力和跌倒风险的简捷方法。

【关键词】 白质; 磁共振成像; 姿势平衡; 统计学, 非参数

Characteristics of balance disorders in patients with white matter hyperintensities

LI Ya-qing¹, QIU Li-na², WANG Ya-jing², ZHANG Yue¹, WU Jia-ling²

¹Department of Rehabilitation Medicine, ²Department of Neurological Rehabilitation, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin 300350, China

Corresponding author: WU Jia-ling (Email: wywj2009@hotmail.com)

【Abstract】 **Objective** To explore the features of balance disorders in patients with white matter hyperintensity (WMH). **Methods** The clinical data of 82 patients with WMH from September 2018 to December 2018 were collected. Fazekas scale was used to evaluate the level of WMH. Berg Balance Scale (BBS) and visual-feedback balance test-training monitor were used to assessed the performance of balance. **Results** Fazekas classification periventricular WMH (PWMH) and deep WMH (DWMH) had negative correlation with BBS total score ($r_s = -0.322, P = 0.027$; $r_s = -0.414, P = 0.004$) and dynamic balance function scores ($r_s = -0.368, P = 0.011$; $r_s = -0.440, P = 0.002$). About the parameters of the balance monitor, the center of gravity sway circumference ($r_s = 0.239, P = 0.030$) and the center of gravity sway speed ($r_s = 0.240, P = 0.030$) were only positively correlated with the PWMH, center of gravity sway area ($r_s = 0.345, P = 0.001$; $r_s = 0.340, P = 0.002$), X-axis standard deviation ($r_s = 0.302, P = 0.006$; $r_s = 0.260, P = 0.018$), Y-axis standard deviation ($r_s = 0.248, P = 0.025$; $r_s = 0.253, P = 0.022$) were positively correlated with DWMH and PWMH; PWMH ($r_s = -0.258, P = 0.019$) and DWMH ($r_s = 0.224, P = 0.043$) were negatively correlated with stability limit. BBS total score ($r_s = 0.572, P = 0.000$) and functional reach test (FRT; $r_s = 0.560, P = 0.000$) were positively correlated with stability limit. **Conclusions** PWMH may be one of the factors influencing the balance disorder in patients with WMH. The static stability, dynamic balance function, stability limit

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2019.07.007

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(项目编号: 81671169); 天津市科委应用基础重点项目(项目编号: 17JCZDJC36500)

作者单位: 300350 天津市环湖医院康复医学科(李雅晴、张玥), 神经康复科(邱丽娜、王雅静、巫嘉陵)

通讯作者: 巫嘉陵, Email: wywj2009@hotmail.com

and posture stability of the patients with severe WMH are seriously degraded, there is a high risk of falling. FRT test can be used as a simple fast emergency or bedside evaluation of patients' active posture control and fall risk.

【Key words】 White matter; Magnetic resonance imaging; Postural balance; Statistics, nonparametric

This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81671169) and Application Foundation of Key Project of Tianjin Science and Technology Commission (No. 17JCZDJC36500).

Conflicts of interest: none declared

脑白质高信号(WMH)好发于老年人,是脑小血管病(cSVD)的特征性影像学表现,其主要病理生理学机制是颅内小动脉、微动脉、毛细血管、小静脉和微静脉病变所导致脑白质慢性缺血,继而发生脱髓鞘改变^[1]。研究显示,脑白质高信号可以导致认知功能^[2]、步态平衡^[3]、精神情感和大小便障碍,以及局灶性神经功能缺损等^[4],增加跌倒风险^[5],导致患者住院率和病死率增加^[6]。近年有关脑白质高信号与老年人步态平衡障碍相关性的研究颇受关注^[7],但较少涉及平衡障碍的特点。目前常用 Berg 平衡量表(BBS)评价平衡障碍程度^[8],但是对于部分早期脑白质高信号患者,该量表不能很好地反映平衡障碍的程度和特点,而且国际上也鲜有关于 BBS 量表评价脑白质高信号患者平衡障碍敏感性的研究。近年来,视觉反馈平衡测试训练仪(简称平衡测试仪)逐渐成为评价平衡障碍的新兴方法,在老年人群和脑卒中患者的平衡功能测验中取得较好的信度和效度^[9]。本研究分别采用 BBS 量表和平衡测试仪对不同程度的脑白质高信号患者进行评价,分析其平衡障碍特点,对早期发现平衡障碍、预防跌倒具有重要意义。

对象与方法

一、研究对象

1. 纳入标准 (1)脑白质高信号表现为头部 T₂WI、FLAIR 成像显示双侧侧脑室周围或皮质下白质多发性对称性高信号。(2)年龄 40~80 岁。(3)本研究经天津市环湖医院道德伦理委员会批准,所有患者及其家属均对检测项目和研究方法知情同意。

2. 排除标准 (1)存在严重的视力、听力和智力障碍。(2)存在可能的大动脉粥样硬化型(LAA 型)和心源性栓塞型(CE 型)缺血性卒中。(3)可疑合并其他的神经系统疾病。(4)存在明显的运动障碍。(5)存在严重的骨关节疾病并影响肢体活动。

3. 一般资料 选择 2018 年 9~12 月在天津市环湖医院神经康复科住院治疗的脑白质高信号患者共 82 例,男性 58 例,女性 24 例;年龄 40~79 岁,平均(60.89 ± 8.20)岁。既往有高血压者 66 例(80.49%)、冠心病 15 例(18.29%)、糖尿病 35 例(42.68%),以及缺血性卒中病史 26 例(31.71%)、出血性卒中病史 1 例(1.22%)。所有患者均行 Fazekas 分级和平衡测试仪检测,其中 35 例拒绝行 BBS 评分,仅 47 例行 BBS 评分。

二、研究方法

1. Fazekas 分级 由同一名神经内科医师根据患者头部 MRI 所见,采用 Fazekas 分级^[10]评价脑白质高信号严重程度,包括侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号。(1)侧脑室旁白质高信号:0 分,无病变;1 分,病变呈帽状、铅笔样薄层;2 分,病变呈光滑晕圈;3 分,不规则侧脑室旁高信号并延伸至脑深部白质。(2)脑深部白质高信号:0 分,无病变;1 分,呈点状病变;2 分,病变开始融合;3 分,病灶大面积融合。

2. Berg 平衡量表 由同一名神经康复科医师采用 BBS 量表进行平衡功能评价。共包括 14 项内容,即(1)坐位起立。(2)无支持站立。(3)无靠背坐位但双足着地或放在一个凳子上。(4)由直立位坐下。(5)从床到椅子转移。(6)无支持闭目站立。(7)双足并拢无支持站立。(8)直立位时上肢向前伸展并且向前移动。(9)直立位时从地面捡物品。(10)直立位转身向后看。(11)360°转身。(12)无支持站立时单足放在凳子或台阶上。(13)单足向前无支持站立。(14)单腿站立。每项分值为 0~4 分,能够正常完成所规定动作者计 4 分、不能完成或需他人帮助才能完成者计 0 分,总评分为 56 分,评分越低,平衡功能越差,≤ 40 分提示存在跌倒风险。其中第(2)~(3)、(6)~(7)、(13)~(14)项评分之和为静态平衡功能评分,第(1)、(4)~(5)、(8)~(12)项评分之和

为动态平衡功能评分。

3. 平衡功能测验 由同一名神经康复科医师采用意大利 TecnoBody 公司生产的 ProKin Line 252 型动静平衡测试仪行静态平衡功能和稳定极限测定。(1) 静态平衡功能: 平衡测试仪开机后输入受试者姓名、年龄、身高、体重等基本信息, 嘱受试者立于平衡测试板上指定的足部站立位置, 安静、放松、双手自然下垂, 选取“静态平衡能力测试”项目, 将电子屏幕调至与受试者双眼水平等高的位置, 屏幕上可移动的光标是受试者在平衡测试板上重心的投射即压力中心, 受试者目视前方静态站立 30 s, 尽可能减少晃动, 记录重心摆动周长、重心摆动面积、X 轴标准差、Y 轴标准差, 并计算重心摆动速度, 计算公式为重心摆动速度 (mm/s) = 重心摆动周长 / 测试时间 (30 s)。连续测试两次, 取平均值。(2) 稳定极限: 嘱受试者立于平衡测试板上指定的足部站立位置, 佩戴胸部传感器, 置于胸骨柄位置, 安静、放松、双手自然下垂, 将电子屏幕调至与受试者双眼水平等高的位置, 电子屏幕上可移动的光标是受试者在平衡测试板上重心的投射即压力中心, 受试者向前移动时屏幕上光标向上移动、受试者向后移动时光标向下移动, 嘱受试者分别向前、右前、右、右后、后、左后、左、左前 8 个方向倾斜躯体移动重心, 但不要跌倒或辅助扶手、足跟不要离开测试板。连续测试两次, 第一次为预试验, 第二次为正式试验, 记录平衡测试仪所得稳定极限, 即直立位倾斜最大角度时压力中心所达最大距离占正常人体最大倾斜角度时压力中心达到最大距离的百分比^[11]。

4. 统计分析方法 采用 SPSS 22.0 统计软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比 (%) 或率 (%) 表示, 呈非正态分布的计量资料以中位数和四分位数 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示, 脑白质高信号患者 Fazekas 分级与 BBS 评分 (总评分、静态平衡功能评分、动态平衡功能评分) 和平衡测试仪参数 (重心摆动周长、面积和速度、X 轴和 Y 轴标准差、稳定极限) 的相关性采用 Spearman 秩相关分析。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

本组 82 例患者中 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号 0 分 1 例 (1.22%)、1 分 45 例 (54.88%)、2 分 21 例 (25.61%)、3 分为 15 例 (18.29%), 脑深部白质高信号 0 分 4 例 (4.88%)、1 分 50 例 (60.98%)、2 分 19 例

(23.17%)、3 分 9 例 (10.98%)。

接受 BBS 量表评价的 47 例患者总评分为 27 ~ 56 分, 中位评分 52 (45, 54) 分; 静态平衡功能评分 17 ~ 24 分, 中位评分 21 (17, 23) 分; 动态平衡功能评分 13 ~ 32 分, 中位评分 31 (28, 32) 分; 3 例 (6.38%) 总评分 ≤ 40 分, 提示存在跌倒风险。此 47 例患者 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号 0 ~ 3 分, 中位评分 1 (1, 2) 分; 脑深部白质高信号 0 ~ 3 分, 中位评分 1 (1, 2) 分; 3 例存在跌倒风险的患者, Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号均为 3 分。Spearman 秩相关分析结果显示, BBS 量表总评分 ($r_s = -0.322, P = 0.027$; $r_s = -0.414, P = 0.004$) 和动态平衡功能评分 ($r_s = -0.368, P = 0.011$; $r_s = -0.440, P = 0.002$) 与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号均呈负相关, 而静态平衡功能评分与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号则无关联性 (均 $P > 0.05$, 表 1)。

本组 82 例患者静态平衡功能和稳定极限测定显示, 重心摆动周长 223.53 ~ 1618.38 mm, 中位值 371.28 (297.86, 471.91) mm; 重心摆动面积 90.20 ~ 1894.95 mm², 中位值 390.66 (234.58, 628.46) mm²; X 轴标准差 1.84 ~ 10.64 mm, 中位值为 4.81 (3.23, 5.82) mm; Y 轴标准差 2.54 ~ 14.46 mm, 中位值 4.75 (3.74, 6.17) mm; 重心摆动速度 7.45 ~ 53.95 mm/s, 中位值 12.59 (10.20, 15.72) mm/s; 稳定极限为 26.42% ~ 91.64%, 中位值为 72.51 (59.48, 81.69)%。Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号 0 ~ 3 分, 中位评分为 1 (1, 2) 分; 脑深部白质高信号 0 ~ 3 分, 中位评分为 1 (1, 2) 分。Spearman 秩相关分析显示, 重心摆动面积 ($r_s = 0.345, P = 0.001$; $r_s = 0.340, P = 0.002$)、X 轴标准差 ($r_s = 0.302, P = 0.006$; $r_s = 0.260, P = 0.018$) 和 Y 轴标准差 ($r_s = 0.248, P = 0.025$; $r_s = 0.253, P = 0.022$) 均与 Fazekas 分级侧脑室旁和脑深部白质高信号呈正相关; 重心摆动周长 ($r_s = 0.239, P = 0.030$)、重心摆动速度 ($r_s = 0.240, P = 0.030$) 与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号呈正相关, 但与脑深部白质高信号不存在关联性 (均 $P > 0.05$); 而稳定极限与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号 ($r_s = -0.258, P = 0.019$) 和脑深部白质高信号 ($r_s = -0.224, P = 0.043$) 均呈负相关 (表 2)。

本组 82 例患者中 47 例 (57.32%) 稳定极限 $< 75\%$ 。为探讨脑白质高信号稳定极限的特点, 进一步分析稳定极限与 BBS 总评分及其第 (8) 项 (直立

表 1 脑白质高信号患者 BBB 评分与 Fazekas 分级的 Spearman 秩相关分析

Table 1. Spearman rank correlation analysis of BBS score and Fazekas scale in patients with WMH

检测项目	Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号		Fazekas 分级脑深部白质高信号	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
BBS 总评分	-0.322	0.027	-0.414	0.004
BBS 静态平衡功能评分	-0.212	0.152	-0.282	0.055
BBS 动态平衡功能评分	-0.368	0.011	-0.440	0.002

BBS, Berg Balance Scale, Berg 平衡量表

表 2 脑白质高信号患者平衡测试仪参数与 Fazekas 分级的 Spearman 秩相关分析

Table 2. Spearman rank correlation analysis between the parameters of balance tester and the Fazekas scale in patient with WMH

检测项目	Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号		Fazekas 分级脑深部白质高信号	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
重心摆动周长	0.239	0.030	0.203	0.067
重心摆动面积	0.345	0.001	0.340	0.002
重心摆动速度	0.240	0.030	0.204	0.066
X 轴标准差	0.302	0.006	0.260	0.018
Y 轴标准差	0.248	0.025	0.253	0.022
稳定极限	-0.258	0.019	-0.224	0.043

位时上肢向前伸展并向前移动)即功能性前伸测验(FRT)评分的相关性,Spearman 秩相关分析显示,稳定极限与 BBS 总评分($r_s = 0.572, P = 0.000$)和 FRT 评分($r_s = 0.560, P = 0.000$)均呈正相关。

讨 论

平衡障碍是脑白质高信号患者最常见的临床症状之一。本研究结果显示,Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号与 BBS 总评分、动态平衡功能评分和稳定极限呈负相关,与重心摆动周长、面积和速度以及 X 轴和 Y 轴标准差呈正相关,提示重度脑白质高信号患者存在严重平衡功能障碍,侧脑室旁白质高信号是平衡功能障碍的影响因素之一,与既往研究结论相一致^[1-4]。

BBS 量表是具有良好信度、效度和敏感性的平衡功能测验量表,可以半定量反映平衡功能^[5]。本研究有 35 例患者拒绝行 BBS 评分,仅 47 例行 BBS 评分,结果显示,BBS 总评分与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号和脑深部白质高信号均呈负相关,表明 Fazekas 分级越高平衡功能越差;其中,动态平衡功能评分与 Fazekas 分级存在相关性,而静态平衡功能评分与 Fazekas 分级无关联性,提示脑白质高信号患者随病程进展更易出现动态平衡障碍。本组 47 例行 BBS 评分的患者中仅 3 例总评分 ≤ 40 分(无法独

立行走,提示存在跌倒风险),其可能原因是本研究纳入对象 Fazekas 分级整体偏低,轻度脑白质高信号患者较多。

在平衡测试仪的静态平衡功能参数中,重心摆动周长、面积和速度主要反映静态平衡障碍严重程度^[12],是姿势稳定功能的体现。重心摆动周长和速度仅与 Fazekas 分级侧脑室旁白质高信号呈正相关,重心摆动面积与 Fazekas 分级侧脑室旁和脑深部白质高信号均呈正相关,表明脑白质高信号越严重、稳定性越差,因此重度脑白质高信号患者表现出较明显的姿势稳定性障碍。X 轴标准差反映患者直立位左右方向上的静态稳定性,Y 轴标准差反映直立位前后方向上的静态稳定性。研究显示,人体活动主要发生于前后方向,因此前后方向稳定性对日常生活和活动的影 响较大^[13]。本研究结果显示,X 轴和 Y 轴标准差与 Fazekas 分级侧脑室旁和脑深部白质高信号均呈正相关,表明脑白质高信号越严重、左右和前后方向的静态稳定性越差,因此重度脑白质高信号患者具有较明显的姿势稳定性障碍。

平衡测试仪的稳定极限反映支撑面上重心主动摆动的极限范围^[11],反映人体主动姿势控制和姿势定向能力,是躯干控制重心的体现,对评价老年人跌倒风险具有较好的信度和效度^[14]。本研究结果显示,稳定极限与 Fazekas 分级侧脑室旁和脑深部

白质高信号均呈负相关,表明脑白质高信号越严重、稳定极限范围越小、主动姿势控制能力越差、跌倒风险越高。FRT 测验是临床常用的评价主动平衡能力、预测跌倒风险的方法^[15]。研究显示,FRT 测验对评价老年人主动姿势控制能力具有良好的信度和效度^[14,16]。本研究对稳定极限与 BBS 总评分和 FRT 评分的相关性做进一步分析,结果显示,稳定极限与 BBS 总评分和 FRT 评分呈正相关,由于稳定极限的测量设备要求高、价格昂贵,因此本研究结果提示,FRT 测验可以作为在急诊或床旁等情况下,简便快捷评价主动姿势控制能力的方法,便于迅速判断患者主动姿势控制能力和跌倒风险。

脑白质高信号患者发生平衡障碍的具体机制尚不明确,推测其可能与脑白质病变阻断皮质与脊髓之间环路完整性有关^[17];此外,脑白质还参与姿势稳定性、预期性姿势调整、本体感觉、动作控制和整合等的调控^[18],脑白质病变可能妨碍姿势控制,特别是主动的躯干控制。

综上所述,侧脑室旁白质病变可能是导致脑白质高信号患者发生平衡障碍的主要原因,且于疾病早期即存在不同程度的平衡障碍。重度脑白质高信号患者姿势稳定性、动态平衡功能和稳定极限明显下降,存在较高的跌倒风险。FRT 测验可以作为简便快捷的急诊或床旁评价患者主动姿势控制能力和跌倒风险的方法。由于本研究样本量较小、纳入对象年龄偏低、Fazekas 分级偏低、轻度脑白质高信号患者较多,故所得结论尚待完善试验设计、扩大样本量以进一步验证。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Zhang ZQ. Research progress of pathophysiological concepts in small vessel disease[J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2016, 16:757-761.[张在强. 脑小血管病病理生理学概念研究进展[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2016, 16:757-761.]
- [2] Schmidt R, Berghold A, Jokinen H, Gouw AA, van der Flier WM, Barkhof F, Scheltens P, Petrovic K, Madureira S, Verdelho A, Ferro JM, Waldemar G, Wallin A, Wahlund L, Poggesi A, Pantoni L, Inzitari D, Fazekas F, Erkinjuntti T; LADIS Study Group. White matter lesion progression in LADIS: frequency, clinical effects, and sample size calculations[J]. Stroke, 2012, 43:2643-2647.
- [3] Jia JD, Yue WD. Research progress of cerebral small vessel disease[J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2015, 15:98-102.[贾俊栋, 岳卫东. 脑小血管病研究进展[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2015, 15:98-102.]
- [4] Pantoni L. Cerebral small vessel disease: from pathogenesis and clinical characteristics to therapeutic challenges [J]. Lancet Neurol, 2010, 9:689-701.
- [5] Baezner H, Hennerici M. From trepidant abasia to motor network failure: gait disorders as a consequence of subcortical vascular encephalopathy (SVE): review of historical and contemporary concepts[J]. J Neurol Sci, 2005, 229/230:81-88.
- [6] de Laat KF, van Norden AG, Gons RA. Gait in elderly with cerebral small vessel disease[J]. Stroke, 2010, 41:1652-1658.
- [7] Baezner H, Blahak C, Poggesi A, Pantoni L, Inzitari D, Chabriat H, Erkinjuntti T, Fazekas F, Ferro JM, Langhorne P, O'Brien J, Scheltens P, Visser MC, Wahlund LO, Waldemar G, Wallin A, Hennerici MG; LADIS Study Group. Association of gait and balance disorders with age-related white matter changes: the LADIS study[J]. Neurology, 2008, 70:935-942.
- [8] Alghadir AH, Al-Eisa ES, Anwer S, Sarkar B. Reliability, validity, and responsiveness of three scales for measuring balance in patients with chronic stroke[J]. BMC Neurol, 2018, 18:141.
- [9] Jin DM, Yan TB, Tan WJ. Reliability of balance performance monitor in the assessment of balance function [J]. Zhongguo Kang Fu Yi Xue Za Zhi, 2002, 34:203-205.[金冬梅, 燕铁斌, 谭文杰. 平衡测试仪的信度效度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2002, 34:203-205.]
- [10] Fazekas F, Chawluk JB, Alavi A, Hurtig HI, Zimmerman RA. MR signal abnormalities at 1.5T in Alzheimer's dementia and normal aging[J]. AJR Am J Roentgenol, 1987, 8:421-426.
- [11] Xu JF, Wang JS, Zong HY, He CQ. The test-retest reliability of limits of stability measurement in health young adults [J]. Zhonghua Wu Li Yi Xue Yu Kang Fu Za Zhi, 2012, 34:265-267.[许惊飞, 王劲松, 宗慧燕, 何成奇. 健康年轻人的稳定极限重测信度研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34:265-267.]
- [12] Zhang SZ, Zhao CJ. Quantitative analysis of posturographic parameters[J]. Zhonghua Er Ke Xue Za Zhi, 2006, 4:258-261.[张素珍, 赵承君. 静态平衡功能定量分析[J]. 中华耳科学杂志, 2006, 4:258-261.]
- [13] Holbein MA, Redfern MS. Functional stability limits while holding locals in various positions[J]. Int J Ind Ergon, 1997, 19:387-395.
- [14] Clark S, Rose DJ. Evaluation of dynamic balance among community-dwelling older adult fallers: a generalizability study of the limits of stability test[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82:468-474.
- [15] Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance[J]. J Gerontol, 1990, 45:192-197.
- [16] Cao L, Yang G. Practical value of the functional reach test in elderly [J]. Zhongguo Lao Nian Xue Za Zhi, 2014, 34:4399-4400.[曹玲, 杨光. 老年人功能性前伸测试法的实用价值[J]. 中国老年学杂志, 2014, 34:4399-4400.]
- [17] Reijmer YD, Fotiadis P, Martinez-Ramirez S, Salat DH, Schultz A, Shoamanesh A, Ayres AM, Vashkevich A, Rosas D, Schwab K, Leemans A, Biessels GJ, Rosand J, Johnson KA, Viswanathan A, Gurol ME, Greenberg SM. Structural network alterations and neurological dysfunction in cerebral amyloid angiopathy[J]. Brain, 2015, 138:179-188.
- [18] Raines S, Madows L, Lynch-Ellerington M. Bobath concept: theory and clinical practice in neurological rehabilitation [M]. UK: Wiley-Blackwell, 2009: 117-120.

(收稿日期:2019-07-05)