

不同策略生物反馈训练对脑卒中偏瘫患者静态平衡功能的影响

谢凌锋 黄晓琳 黄杰 程群 周志忠 闫勃

【摘要】 目的 观察不同策略生物反馈训练对脑卒中偏瘫患者静态平衡功能的影响。**方法** 采用随机数字表法将 2014 年 6 月至 2015 年 4 月期间在我院住院治疗的 32 例脑卒中偏瘫患者分为实时反馈(KP)组、结果反馈(KR)组及对照组。各组患者分别接受为期 4 周的常规康复干预;对照组、KP 组及 KR 组在此基础上分别接受每天 30 min 的自主平衡训练、视听实时反馈训练或阶段性运动结果反馈训练。于训练前、后分别采用 Berg 平衡量表(BBS)及便携式反馈设备评测各组患者静态平衡功能改善情况。**结果** 治疗后 KP 组患者 Berg 量表总分提高幅度 $[(3.08 \pm 1.08) \text{分}]$ 显著大于 KR 组及对照组($P < 0.05$),而 KR 组 Berg 量表总分与对照组间差异无统计学意义($P > 0.05$);KP 组患者闭眼无支撑站立、双足前后站立评分的改善程幅度[分别为 (0.92 ± 0.79) 分和 (0.83 ± 0.39) 分]亦明显大于 KR 组及对照组($P < 0.05$);治疗后 KP 组双足并拢站立和双足前后站立时其重心偏移角度[前向分别为 $(2.83 \pm 0.93)^\circ$ 和 $(6.15 \pm 1.85)^\circ$ 、后向为 $(2.56 \pm 0.88)^\circ$ 和 $(5.97 \pm 1.74)^\circ$ 、左向为 $(2.86 \pm 1.16)^\circ$ 和 $(6.49 \pm 2.42)^\circ$ 、右向为 $(2.68 \pm 1.43)^\circ$ 和 $(5.98 \pm 2.05)^\circ$]均较 KR 组及对照组明显减小($P < 0.05$);治疗后 KR 组 Berg 量表其他指标评分及不同站立姿势下重心偏移角度与对照组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 通过动态人体重心和支撑面积监测系统实时生物反馈平衡训练能有效改善脑卒中偏瘫患者静态平衡功能,其疗效优于常规平衡功能训练及结果反馈式训练,该疗法值得临床进一步研究、推广。

【关键词】 生物反馈训练; 静态平衡; 脑卒中

基金项目:华中科技大学自主创新研究基金资助(2014ZHYX009)

Effects of different biofeedback training techniques on the static balance of hemiplegic patients Xie Lingfeng, Huang Xiaolin, Huang Jie, Cheng Qun, Zhou Zhizhong, Yan Bo. Department of Rehabilitation Medicine, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China
Corresponding author: Huang Jie, Email: jhuang1111@163.com

【Abstract】 Objective To compare the static standing balance of stroke patients after different biofeedback protocols. **Methods** Thirty-two stroke patients were randomly divided into a knowledge of performance (KP) group, a knowledge of results (KR) group and a control group. All 3 groups received 4 weeks of conventional rehabilitation training plus another 30min of static standing balance training per day. The KP group received audio-visual feedback in real time during the training. The KR group received section result feedback. The control group received no feedback during the extra balance training. Before and after the training, the performance of the 3 groups was evaluated using Berg's Balance Scale (BBS) and a portable biofeedback device. **Results** Average BBS performance improved significantly more in the KP group (3.08 ± 1.08) than in KR group (1.30 ± 0.67) and control group (1.20 ± 0.79) ($P < 0.05$). No significant difference was detected between the KR and control groups ($P > 0.05$). The average improvements of the KP group in terms of Standing with Eyes Closed and Tandem Standing (0.92 ± 0.79 and 0.83 ± 0.39) were significantly higher than those in the KR (0.30 ± 0.48 and 0.20 ± 0.42) and control groups (0.01 ± 0.01 and 0.40 ± 0.52) ($P < 0.05$). Average trunk angular displacements in all four directions [Anterior (2.83 ± 0.93 ; 6.15 ± 1.85), Posterior (2.56 ± 0.88 ; 5.97 ± 1.74); Left (2.86 ± 1.16 ; 6.49 ± 2.42), Right (2.68 ± 1.43 ; 5.98 ± 2.05)] in the KP group was significantly higher than in the others ($P < 0.05$). No significant differences were detected between the KR and control groups in BBS results or in posture. **Conclusions** Static standing training should incorporate real time biofeedback. It is then more effective than conventional standing training or training with section results feedback. It is worth spreading in clinical applications.

【Key words】 Biofeedback; Training; Static balance; Stroke

Fund program: Independent innovation research fundation of Huazhong university of science and technology (2014ZHYX009)

脑卒中患者下肢运动功能障碍及代偿姿势容易导致异常支撑承重模式^[1-2],再加上患者对于跌倒的恐惧心理,往往使其日常活动能力受到明显限制。大量研究证实,生物反馈训练能促进脑卒中患者平衡功能改善^[3-4],但训练方式及反馈形式尚无统一标准^[5]。脑卒中患者在进行躯体平衡功能训练中,往往需治疗师或借助其他较大型设备给予其运动反馈信息以修正训练动作^[6],但由于反馈准确度或设备便捷性等问题而使得平衡功能训练在临床应用时受到一定限制。近期相关机构研发的一系列平衡训练反馈设备对体积、传感器及数据传输方式等进行了改进,使其能够方便穿戴,并能及时提供运动任务中的反馈信息,从而帮助脑卒中患者提高平衡功能^[7]。基于此,本研究选用自主设计动态人体重心和支撑面积监测系统,通过固定于患者腰部的便携式传感器采集数据,并以图像、声音等形式给予反馈信息,辅助脑卒中患者进行相同姿势下不同反馈形式的静态平衡站立训练,并观察治疗后患者平衡功能改善情况。

对象与方法

一、研究对象

本研究入选标准包括:①均符合 1995 年全国第 4 次脑血管病学术会议通过的《各类脑血管疾病诊断要点》中关于脑卒中的诊断标准^[8],经颅脑 CT 或 MRI 检查确诊,存在平衡功能障碍及偏瘫表现;②生命体征平稳,神经系统症状无进行性加重;③无言语及认知功能障碍,可正确理解动作指令并简单交流;④患者站立平衡功能≥1 级,并能在辅助情况下站立 30 min;⑤年龄 18~75 岁;⑥已签署知情同意书。患者剔除标准包括:①有 2 次或 2 次以上脑卒中病史;②伴有严重并发症,如严重肝肾疾病、失代偿性心功能不全、心肌梗死、严重肺炎及慢性阻塞性肺疾病、不稳定深静脉血栓等;③伴有其他影响下肢运动功能的疾病,如骨折、截肢、严重下肢关节炎、恶性肿瘤等;④患有严重精神疾病或伴发精神症状或处于妊娠期等。

于 2014 年 6 月至 2015 年 4 月期间根据上述筛选

标准从我院治疗的脑卒中患者中选取 32 例,患者年龄 18~67 岁,其中男 19 例,女 13 例。采用随机数字表法将上述患者分为实时反馈(knowledge of performance)组(简称 KP 组)、结果反馈(knowledge of result)组(简称 KR 组)及对照组。各组患者一般资料情况详见表 1,表中数据经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

二、治疗方案

3 组患者入院后均给予常规综合康复干预,根据患者功能障碍特点选择合适的治疗项目,包括物理因子治疗、运动功能训练、言语及吞咽功能训练等,每天训练 45 min,每周治疗 5 d,持续治疗 4 周。对照组患者在此基础上辅以自主静态站立和姿势保持训练,整个训练过程治疗师全程监护并提供常规姿势纠正辅助,每天训练 30 min。KP 组在常规训练基础上辅以双腿并拢站立及双腿前后站立(tandem stance, TS)静态平衡训练,训练前指导患者佩戴动态人体重心和支撑面积监测系统(图 1),将该装置固定于患者腰骶部,高度约为 S₂ 椎体水平。在进行站立平衡训练前,首先要



图 1 患者佩戴动态人体重心和支撑面积监测系统(黑盒子)进行 TS 站立平衡训练图

表 1 入选时各组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	瘫痪侧别(例)		脑卒中性质(例)		体重指数 ($\text{kg}/\text{m}^2, \bar{x}\pm s$)
		男	女		左侧	右侧	脑出血	脑梗死	
KP 组	12	8	4	38.1 $\pm$ 16.5	6	6	6	6	22.07 $\pm$ 3.87
KR 组	10	6	4	43.3 $\pm$ 15.3	3	7	8	2	23.44 $\pm$ 2.55
对照组	10	5	5	42.8 $\pm$ 15.5	6	4	4	6	21.99 $\pm$ 2.67

求患者进行适应性训练,包括舒适站立放松状态下身体重心的静态维持和左右、前后转移等。待患者基本适应后,要求患者任选一条腿置于身体正前方,双足前、后支撑站立;如患者不能完成 TS 站立动作,则要求患者双腿并拢站立。待患者适应 TS 或双腿并拢站立姿态后,则进行平衡测试及后续相应训练。在训练过程中患者能通过电脑屏幕及声音提示获取即时反馈信息(图 2),当患者身体姿势超出规定范围时,监测系统会有图像及声音提示,每天训练 30 min。KR 组也在常规训练基础上辅以双腿并拢站立及双腿前后站立静态平衡训练,训练方法同 KP 组,于训练前佩戴动态人体重心和支撑面积监测系统,但训练期间该装置无反馈提示,只是在每个训练单元结束时电脑屏幕才显示其运动表现评分,从而帮助患者调整其下一次平衡训练动作,每天训练 30 min。

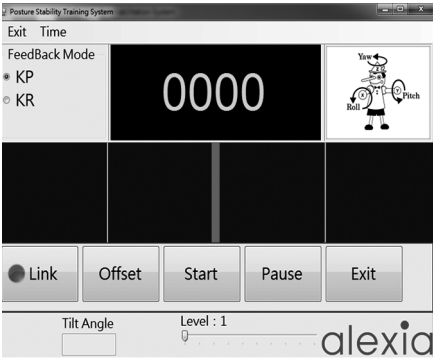


图 2 KP 组患者训练时屏幕提示信息图

三、疗效评定标准

采集各组患者基本信息,包括患者年龄、性别、脑卒中类型、发病时间、偏瘫侧别等基本信息;同时于康复训练前、后选用 Berg 平衡功能量表中的部分项目对患者平衡功能进行评定,具体项目包括:①无支撑

站立,要求患者在无扶持情况下站立 2 min;②闭眼无支撑站立并保持 10 s;③双足并拢无支撑站立;④一只脚置于另一脚前方站立;同时使用动态人体重心和支撑面积监测系统^[7]检测患者双足并拢站立和双足前后站立 30 s 期间躯干前倾、后倾、左倾及右倾最大角度。为保证评估结果准确性及可信度,上述疗效评定均由不参与治疗的专职评估人员负责实施。在进行每项评估前,皆要求患者静坐休息 30 s,每项测试共重复进行 3 次,中间间隔休息 30 s,测试结果取平均值。

四、统计学分析

本研究所得计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,采用双轨录入法分别由 2 位工作人员独立完成数据采集工作,选用 SPSS 19.0 版统计学软件包对所得数据进行转换处理分析,正态分布计量资料采用单因素 ANOVA 方法进行分析,非正态分布数据使用秩和检验进行比较, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

KP 组、KR 组及对照组患者训练前其 Berg 量表各项评分(包括无支撑站立、闭眼无支撑站立、双足并拢无支撑站立、双足前后站立)及总分组间差异均无统计学意义($P>0.05$);训练后发现 KP 组患者 Berg 量表总分、闭眼无支撑站立评分、双足前后站立评分均显著优于 KR 组及对照组($P<0.05$);KP 组双足并拢无支撑站立评分显著优于对照组($P<0.05$);无支撑站立评分各组间差异仍无统计学意义($P>0.05$),KR 组与对照组 Berg 量表总分及其各分项评分均未发现有统计学差异($P>0.05$),具体数据见表 2。

通过分析各组患者动态人体重心和支撑面积监测系统数据发现,训练前各组患者在双足前后站立和双足并拢站立状态下,除双足并拢站立重心后倾角度外,

表 2 训练前、后各组患者 Berg 评分比较(分, $\bar{x}\pm s$)

组别	无支撑站立	闭眼无支撑站立	双足并拢无支撑站立	双足前后站立	总分
KP 组($n=12$)					
训练前	3.67±0.49	2.08±0.52	2.08±0.79	1.25±0.97	9.0±2.0
训练后	4.00±0.01	3.00±0.85	3.00±0.95	2.08±1.00	12.08±2.31
差值	0.33±0.49	0.92±0.79	0.92±0.79	0.83±0.39	3.08±1.08
KR 组($n=10$)					
训练前	3.60±0.52	2.30±0.95	2.80±0.92	1.50±0.97	10.20±2.94
训练后	4.00±0.01	2.60±0.97	3.20±0.92	1.70±1.25	11.50±2.76
差值	0.40±0.52	0.30±0.48 ^a	0.40±0.52	0.20±0.42 ^a	1.30±0.67 ^a
对照组($n=10$)					
训练前	3.56±0.56	2.20±0.63	2.60±1.08	1.40±0.84	9.60±2.84
训练后	3.90±0.32	2.20±0.63	2.90±0.99	1.80±0.63	10.80±2.25
差值	0.50±0.53	0.01±0.01 ^a	0.30±0.48 ^a	0.40±0.52 ^a	1.20±0.79 ^a

注:与 KP 组比较,^a $P<0.05$

其他各项数据均显示 3 组患者具有良好匹配性 ($P>0.05$); 训练后 3 组患者在双足并拢站立和前后站立时,其重心各方向偏移角度均有所减少,并且训练后 KP 组患者在上述两种静态平衡姿势下其 4 个维度的重心偏移角度均明显小于 KR 组及对照组 ($P<0.05$); 而 KR 组及对照组在上述静态平衡姿势下的重心偏移数据组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$),具体数据见表 3。

讨 论

人体在维持静态平衡过程中需要中枢神经系统整合来自视觉、运动系统、感觉系统、前庭系统等传导通路上传的信息,并作出分析判断,通过协调控制全身肌群收缩以减小身体重心晃动,使重心始终控制在一定范围内^[9]。脑卒中患者因其损伤病灶位于中枢神经系统,可导致运动、感觉等系统损伤,容易引起姿势异常及运动控制障碍,机体平衡功能也因此受到影响;而平衡功能的损伤又会导致步行功能及其它日常生活活动能力降低,同时也会加重患者跌倒并引发 2 次损伤的风险。

脑卒中后偏瘫患者平衡功能训练主要是通过治疗师辅助及患者本人自主训练完成。近期有大量研究证实,生物反馈治疗对于脑卒中偏瘫患者平衡功能障碍具有较好疗效^[10-11]。在常规平衡训练中,其反馈形式往往以治疗师言语指导、患者视觉和本体感觉反馈为主,而治疗师的反馈又可分为两种,一种是在治疗过程中对患者异常姿势、动作及训练表现进行实时反馈指导,即实时反馈 (KP); 另一种则是在治疗结束后对患者整体训练情况进行反馈,即结果反馈 (KR); 但在治疗实践中发现,治疗师在反馈患者平衡功能训练表现时具有很大的经验性及主观性^[6]。本研究使用的动态人体重心和支撑面积监测系统能实时采集受试者在运动过程中其重心空间位置细微变化数据,并将其转变为可视化及可听化信息,让患者能随时了解在运动过

程中其重心改变,从而更好地控制重心移动;与常规平衡功能训练比较,动态人体重心和支撑面积监测系统能够提供更精确、更及时的反馈信息,有利于训练过程中患者根据屏幕及声音提示及时调整身体姿势。

目前针对人体重心稳定性评估多采用大型人体动作分析系统,但在实际使用中往往受设备及测量环境限制,故一般仅局限于实验室研究^[12]。本研究采用的动态人体重心和支撑面积监测系统体积小、操作方便,具备多个方位感应器及加速度传感器,能够利用蓝牙实时传输运动状态数据,受试者能通过计算机屏幕实时获得相应声音及图像反馈,临床使用较便捷。动态测试系统能较好地观察和评估某一段时间内受试者进行姿势维持训练的整体表现,并根据该时间段内患者整体表现给出相应的评估分数或提供反馈信息,若采用非动态评估则只能采集到整个姿势维持阶段某一点的功能表现并进行评价,可见动态评估系统能更有效评估人体姿势维持能力,从而更准确了解受试者真实平衡功能。本研究中,KP 组患者在训练过程中利用动态人体重心和支撑面积监测系统进行了实时反馈,发现训练后该组患者 Berg 评分及静态站立时重心维持角度均明显优于对照组;KR 组患者训练内容与 KP 组基本相同,但治疗后 KR 组 Berg 评分及静态站立时重心维持角度均不及 KP 组,可能是因为 KR 组信息反馈模式相对于实时反馈而言,精确度不够高,且不利于患者及时调整,从而导致患者主要通过自身经验来完成训练任务。上述结果也提示,治疗师在临床治疗过程中应重视对患者异常姿势及动作的实时反馈指导。本研究对照组患者在训练过程中,能通过治疗师指导及反馈来改善自身动作,其各项疗效指标与 KR 组间无显著性差异,这也进一步证明了治疗师反馈在平衡功能训练中的重要作用。

综上所述,本研究结果表明,动态人体重心和支撑面积监测系统能较好辅助脑卒中患者进行平衡功能训练,采用实时生物反馈模式进行静态平衡训练能显著

表 3 训练前、后各组患者在静态平衡姿势下其重心偏移数据比较(°, $\bar{x}\pm s$)

组别	双足并拢站立时重心偏移角度(°, $\bar{x}\pm s$)				双足前后站立时重心偏移角度(°, $\bar{x}\pm s$)			
	前倾	后倾	左倾	右倾	前倾	后倾	左倾	右倾
KP 组($n=12$)								
训练前	5.71±1.48	4.70±1.63	5.54±1.90	5.07±2.54	9.64±1.95	9.98±2.59	9.28±2.92	9.88±2.85
训练后	2.83±0.93 ^b	2.56±0.88 ^b	2.86±1.16 ^b	2.68±1.43 ^b	6.15±1.85 ^b	5.97±1.74 ^b	6.49±2.42 ^b	5.98±2.05 ^b
KR 组($n=10$)								
训练前	6.64±1.23	6.12±1.61 ^a	5.94±1.85	6.54±1.96	10.33±1.07	9.76±2.48	9.78±2.45	10.18±2.42
训练后	5.32±0.92 ^a	5.02±1.30 ^a	4.97±1.41 ^a	4.92±1.74 ^a	9.50±1.00 ^a	8.94±1.78 ^a	8.46±1.43 ^a	8.59±2.38 ^a
对照组($n=10$)								
训练前	6.21±1.72	6.70±1.85 ^a	6.72±1.30	7.09±2.19	10.67±1.36	11.42±0.71	9.96±2.06	10.59±1.67
训练后	5.69±2.35 ^a	5.60±1.69 ^a	6.09±1.85 ^a	6.06±1.85 ^a	8.25±1.97 ^a	8.76±1.77 ^a	8.55±1.10 ^a	9.63±0.81 ^a

注:与相同时间点 KP 组比较,^a $P<0.05$;与组内治疗前比较,^b $P<0.05$

提高脑卒中偏瘫患者平衡功能,促其生活质量改善,该训练方法值得临床进一步研究、推广。

参 考 文 献

- [1] Shakeel A, Navid MS, Anwar MN, et al. A review of technique for detection of movement intention using movement-related cortical potentials [J]. Comput Math Methods Med, 2015; 346217. DOI: 10.1155/2015/346217.
- [2] Mahon CE, Farris DJ, Sawicki GS, et al. Individual limb mechanical analysis of gait following stroke [J]. J Biomech, 2015, 48(6): 984-989. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2015.02.2006.
- [3] Barclay-Goddard R, Stevenson T, Poluha W, et al. Force platform feedback for standing balance training after stroke [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2004(4): CD004129. DOI: 10.1002/14651858.CD004129.
- [4] Van Peppen RP, Kortsmits M, Lindeman E, et al. Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: a systematic review [J]. J Rehabil Med, 2006, 38(1): 3-9. DOI: 10.1080/16501970500344902.
- [5] Zijlstra A, Mancini M, Chiari L, et al. Biofeedback for training balance and mobility tasks in older populations: a systematic review [J]. J Neuroeng Rehabil, 2010, 7: 58. DOI: 10.1186/1743-0003-7-58.
- [6] Wall C, Weinberg MS. Balance prostheses for postural control [J]. IEEE Eng Med Biol Mag, 2003, 22(2): 84-90. DOI: 10.1109/EMEMB.2003.1195701.
- [7] Soon KS, Lee MY, Chang CC, et al. A new trunk sway assessment protocol for stroke patients using a biofeedback inertial-based sensing modality [J]. Biomed Eng Appl Basis Commun, 2012, 24(5): 461-469. DOI: 10.4015/S1016237212500421.
- [8] “九五”攻关课题组. 急性脑卒中早期康复的研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2001, 16(5): 300-305. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2001.05.004.
- [9] Mergner T, Rosemeier T. Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions—a conceptual model [J]. Brain Res Brain Res Rev, 1998, 28(1-2): 118-135. DOI: 10.1016/S0165-0173(98)00032-0.
- [10] Darekar A, McFadyen BJ, Lamontagne A, et al. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review [J]. J Neuroeng Rehabil, 2015, 12(1): 46. DOI: 10.1186/s12984-015-0035-3.
- [11] Lee HY, Kim YL, Lee SM. Effects of virtual reality-based training and task-oriented training on balance performance in stroke patients [J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(6): 1883-1888. DOI: 10.1589/jpts.27.1883.
- [12] Lugade V, Lin V, Chou LS. Center of mass and base of support interaction during gait [J]. Gait Posture, 2011, 33(3): 406-411. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.12.013.

(修回日期: 2016-03-12)

(本文编辑: 易 浩)

· 外刊撷英 ·

Vitamin D and clinically isolated syndrome

BACKGROUND AND OBJECTIVE Previous studies have demonstrated that levels of 25-hydroxyvitamin D are associated with inflammatory activity among patients with multiple sclerosis (MS). As the loss of gray matter volume predicts long-term disability among patients with MS, this study was designed to determine any association between 25-hydroxyvitamin D levels among patients with clinically isolated syndrome (CIS) and imaging measures of neurodegeneration.

METHODS Data were obtained from subjects in the STAY CIS trial, a randomized study of atorvastatin in patients with recent CIS, used to assess the association of 25-hydroxyvitamin D levels with imaging measures thought to reflect neurodegeneration. All subjects were evaluated clinically and by brain MRI at baseline and at months three, six, nine, and 12. The primary endpoint was the development of at least one MS relapse or at least three new T2 lesions on brain MRI at month 12. The data were reviewed for the relationship between 25-hydroxy vitamin D levels and clinical and MRI measures of inflammatory activity.

RESULTS Of the 65 patients included in this study, 55% met the composite inflammatory endpoint, while 29% had a second attack during the follow-up period. Every 25 nmol/l higher 25-hydroxyvitamin D level was associated with a 7.8 mL higher gray matter volume ($P=0.025$). A trend was noted for an inverse association between vitamin D levels and the composite endpoint of at least three new brain T2 lesions or at least one relapse within the first 12 months.

CONCLUSION This study of patients with early CIS found that increased levels of 25-hydroxyvitamin D are associated with preserved gray matter volume.

【摘自: Mowry EM, Pelletier D, Gao Z, et al. Vitamin d in clinically isolated syndrome: evidence for possible neuroprotection. Euro J of Neurol, 2016, 23(2): 327-332.】