

不同平衡训练策略对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响

易江, 李文茂, 关宁, 张添奇, 张枫悦, 刘威, 段晓琴

(吉林大学第二医院康复医学科 吉林 长春 130041)

摘要 **目的:** 观察两种平衡训练策略对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响。**方法:** 选取脑卒中患者 63 例, 采用随机数字表法将其随机分为对照组和观察组, 其中对照组 31 例, 观察组 32 例。对照组在常规康复治疗的基础上, 接受姿势矫正镜下的平衡训练; 观察组患者在常规康复治疗的基础上, 接受平衡训练仪下的平衡训练。两组患者的平衡训练时间均为 4 周。于治疗前和治疗 4 周后采用部分静态平衡仪测试参数(轨迹总长度、轨迹面积图和速度图)、Berg 平衡量表 (Berg Balance Scale, BBS)、10 m 最大步行速度 (Maximum Walking Speed, MWS) 和计时起立-行走测试 (Timed Up and Go Test, TUGT), 分别评估患者的静态平衡能力、步行速度和移动能力。**结果:** 治疗 4 周后, 行组内比较, 两组患者的部分静态平衡仪测试参数、BBS、MWS 和 TUGT 结果较治疗前均显著改善, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 组间比较, 两组患者的部分静态平衡仪测试参数、BBS 和 MWS 相比, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 而两组的 TUGT 结果相比, 差别无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论:** 与姿势矫正镜下进行平衡训练相比, 采用平衡训练仪能够有效改善脑卒中患者的静态平衡下压力中心 (Center of Pressure, COP) 的轨迹总长度、轨迹面积图和速度图, 能提高患者的平衡能力和步行速度, 加速患者下肢运动功能的恢复。

关键词 平衡训练; 脑卒中; 下肢; 运动功能

中图分类号 R496 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2023) 06-0517-08

Effects of different balance training strategies on recovery of lower limb motor function in stroke patients

YI Jiang, LI Wenmao, GUAN Ning, ZHANG Tianqi, ZHANG Fengyue, LIU Wei, DUAN Xiaoqin

(Department of Rehabilitation Medicine, the Second Hospital of Jilin University, Changchun 130041, China)

Abstract **Objective:** To observe the effect of two different balance training strategies on recovery of lower limb motor function in stroke patients. **Methods:** 63 stroke patients with hemiplegia in our hospital were selected and randomly divided

收稿日期: 2022-03-11 录用日期: 2023-02-07

Received Date: 2022-03-11 Accepted Date: 2023-02-07

基金项目: 吉林省自然科学基金学科布局项目 (202512JC010472429); 吉林大学白求恩计划项目 (2020B41)

Foundation Item: Disciplinary Layout Project of the Natural Science Foundation of Jilin Province (202512JC010472429); Jilin University Bethune Project (2020B41)

通讯作者: 段晓琴, Email: 15204309769@163.com

Corresponding Author: DUAN Xiaoqin, Email: 15204309769@163.com

引用格式: 易江, 李文茂, 关宁, 等. 不同平衡训练策略对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2023, 4 (6): 517-524.

Citation: YI J, LI W M, GUAN N, et al. Effects of different balance training strategies on recovery of lower limb motor function in stroke patients[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2023, 4 (6): 517-524.

into control group and study group, including 31 patients in the control group and 32 patients in the observation group. The control group was given balance training under postural mirror and routine rehabilitation treatment, and the observation group were given balance training under the balance training instrument and routine rehabilitation treatment. All patients were trained for 4 weeks. Using part of the static balance test parameters (including total path length, path area and velocity diagram), Berg Balance Scale (BBS), 10-meter Maximum Walking Speed (MWS) and Timed Up & Go Test (TUGT) to evaluate static balance ability, balance function, walking speed and mobility of patients respectively before and 4 weeks after treatment. **Result:** After 4 weeks of treatment, the results of static balance test, BBS, MWS and TUGT in the two groups were significantly improved compared with those before treatment ($P<0.05$). Static balance test, BBS and MWS results between the two groups showed statistically significant differences ($P<0.05$), while TUGT results showed no statistically significant differences between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion:** Compared with the balance training under postural mirror, the balance training with balance instrument could effectively improve the total path length, path area and velocity diagram on the speed of center of pressure (COP) of stroke patients, as well as improve the balance ability and walking speed of patients and accelerate their recovery of lower limb motor function.

Key words Balance training; Stroke; Lower limb; Motor function

脑卒中是一种严重脑血管疾病,近年来在青壮年人群(18~50岁)中的发病率显著增加^[1]。目前,脑卒中已成为世界范围内致死第2大原因、致残第3大原因,2019年的新发病例已超过1400万^[2]。在中国,每年有超过200万的脑卒中新发病例,其致残率在所有疾病中最高^[3]。脑卒中后约有75%的患者会遗留不同程度的功能障碍,如运动功能障碍、感觉功能障碍、言语或交流障碍、认知功能障碍和心理障碍等。其中平衡功能障碍是重要的运动功能障碍,它会影响脑卒中患者坐位和站立的姿势稳定性、步行能力、日常生活活动能力(Activities of Daily Living, ADLs)和生活质量^[4-6]。

平衡是指身体所处的一种姿势状态,是在运动或受到外力作用时自动调整并维持姿势的一种能力^[7]。人体的平衡可分为静态平衡和动态平衡,而动态平衡又包括自动态平衡和他动态平衡。在人的站立、行走、取物等活动中,都需要以平衡作为基础,而无论是静止还是运动的状态下,正常人平时很难觉察到维持平衡所涉及的复杂过程。这复杂的调节过程取决于多种感觉输入的处理分析、运动控制功能,以及与周围环境间的相互作用。因此,应多样性、

个体化地分析影响脑卒中患者平衡功能的相关因素,包括神经功能损伤程度、运动功能、感觉功能、姿势控制策略、认知功能等^[8-9]。

针对平衡功能的训练多种多样,涉及的内容包括本体感觉系统、视觉系统、前庭系统、中枢神经系统、骨骼肌协同运动、认知系统等多个系统,并取得了一定的临床效果^[10-11]。本研究旨在观察两种基于视觉的平衡训练策略对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响,以期进一步探讨脑卒中患者的训练效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年3月—2021年12月在吉林大学第二医院康复医学科住院或门诊进行康复治疗的脑卒中偏瘫患者63例,所有患者均符合中华医学会第四届脑血管病学术会议通过的标准^[12],并通过CT及MRI确诊。

纳入标准:①病灶位于一侧大脑半球,病程<6个月,病情稳定;②无明显言语障碍和认知功能障碍,简易精神状态量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)评分>25分;③偏瘫侧下肢运动功能Brunnstrom分期 \geq Ⅲ期;④站

立平衡 \geq II级；⑤能监护下步行或独立步行；⑥能配合治疗且愿意签署知情同意书者。

排除标准：①病情不稳定，出现病情加重者；②出现脑卒中复发者；③合并其他重要脏器功能不全或下肢肌肉骨骼系统疾病等限制康复功能训练者；④有明显认知功能障碍、语言障碍、视觉障碍或前庭功能障碍者。

采用随机数字表法将入选患者分为对照组和观察组，其中对照组 31 例，观察组 32 例。两组患者的一般临床资料经统计学分析比较，组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$)，具有可比性 (见表 1)。本研究经吉林大学第二医院伦理委员会审批 (2020181)。

1.2 治疗方法

两组患者均接受常规的康复治疗训练，包括物理因子治疗、针灸、OT 治疗，下肢 MOTomed 训练，常规的运动功能如神经促通技术、核心稳定训练和步行训练等，治疗 120 min/次，1 次/d，每周 6 d，共 4 周。

对照组在常规康复治疗的基础上，接受姿势矫正镜下的平衡训练。训练由治疗师指导，通过姿势矫正镜的视觉反馈，在保障良好姿势对位对线的情况下，进行前、后、左、右、左前、左后、右前、右后 8 个方向的平衡训练。根据每个患者评估的具体情况调整在薄弱方向的维持时间，提高平衡能力，训练 20 min/次，1 次/d，每周 6 d，共 4 周。

观察组在常规康复治疗的基础上，接受静态平衡仪 (国产 PC708 平衡测试训练系统) 的平衡训练。训练由同一治疗师指导，具体训练方法是：患者按个人“脚码”站立在静态平衡仪的相应位置上，患者通过显示器观察自己压力中心 (Center of Pressure, COP) 位置的变化，训练患者 8 个方向的平衡训练。根据每个患者评估的具体情况进行横向姿势训练、纵向姿势训练、导向目标治疗和游戏训练 4 种训练，训练 20 min/次，1 次/d，每周 6 d，共 4 周。

1.3 评定方法

分别在治疗前和治疗 4 周后，由同一名经验丰富的物理治疗师对所有患者采用盲法进行疗效评定。评定的指标有静态平衡仪测试、Berg 平衡量表、10 m 最大步行速度和计时起立—行走测试。

1.3.1 静态平衡训练仪测试

采用国产 PC708 平衡测试训练系统进行测试。患者按个人“脚码”站立在静态平衡仪相应位置上，选用“面向前，睁眼”测试，测试时间为默认的 51.2 s。采集指标有轨迹总长度、轨迹面积图和速度图，其中轨迹总长度反映的是测试过程中患者重心移动轨迹的总长度，轨迹面积图是患者重心移动轨迹所形成的区域 (90%) 面积，而速度图则是测试时间内的平均运动速度。

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 General data of the two groups of patients

组别	例数	性别		年龄 (岁)	脑卒中类型		平均病程 (周)	偏瘫位置	
		男	女		脑出血	脑梗死		左侧	右侧
对照组	31	19	12	55.41 ± 14.82	8	23	8.19 ± 4.96	13	18
观察组	32	19	13	54.25 ± 8.49	9	23	8.12 ± 5.21	15	17
t 值		-0.153		0.386	-0.204		0.053	0.389	
p 值		0.879		0.701	0.839		0.958	0.699	

1.3.2 Berg 平衡量表

采用 Berg 平衡量表 (Berg Balance Scale, BBS) 评定患者的平衡能力^[13], 共包含 14 项与平衡相关的动作项目, 根据患者完成的质量评分, 每项 0~4 分, 共 56 分, 总分越高, 提示平衡功能越好。

1.3.3 10 m 最大步行速度

10 m 最大步行速度 (Maximum Walking Speed, MWS) 测试是患者在独立或手杖辅助下走完 10 m 长的步行通道, 测量 3 次, 取最快的一次数值^[14]。整个测试过程需要 1 名治疗师陪同以保证安全, 但不可有肢体接触。所花时间越短, 测算得出的速度越快。

1.3.4 计时起立—行走测试

采用计时起立—行走测试 (Timed Up and Go Test, TUGT) 评估患者的功能性移动能力^[15-17]。记录患者从高约 45 cm 的有带扶手的椅子上独立站起, 向前步行 3 m, 转身返回到座椅一直到再次坐下所需的时间, 共测试 3 次, 两次间休息 1~2 min, 取平均值。完成时间越短, 表示患者的移动能力越好。

1.4 统计学方法

所有数据均采用 SPSS 26.0 统计学软件进行分析。计量资料采用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验, 组内比

较采用配对样本 *t* 检验, 计数资料采用 χ^2 检验, 以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

治疗前两组间轨迹总长度、轨迹面积图和速度图的结果无显著性差异 ($P > 0.05$); 治疗 4 周后两组轨迹总长度、轨迹面积图和速度图的结果明显提高 ($P < 0.05$), 且观察组明显高于对照组 ($P < 0.05$), 见表 2。

治疗前两组间 BBS 评分无显著性差异 ($P > 0.05$); 治疗 4 周后两组 BBS 评分显著提高 ($P < 0.05$), 且观察组明显高于对照组 ($P < 0.05$), 见表 3。

治疗前两组间 MWS 的结果无显著性差异 ($P > 0.05$); 治疗 4 周后两组 MWS 的结果明显提高 ($P < 0.05$), 且观察组明显高于对照组 ($P < 0.05$), 见表 4。

治疗前两组间 TUGT 的结果无显著性差异 ($P > 0.05$); 治疗 4 周后两组 TUGT 的结果明显提高 ($P < 0.05$), 但观察组和对照组之间结果比较无显著性差异 ($P > 0.05$), 见表 5。

3 讨论

本体感觉、前庭觉和视觉是与平衡调节密切相关相关的 3 种感觉^[18]。正常的平衡控制需要由

表 2 两组患者治疗前与治疗 4 周后静态平衡评定结果比较

Table 2 Static balance testing results of the two groups of patients before treatment and 4 weeks after treatment

组别	例数	轨迹总长度		轨迹面积图		速度图	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	31	1542.90 ± 833.03	1280.71 ± 603.06 ^a	1662.32 ± 1192.15	1495.06 ± 838.27 ^a	3.07 ± 1.58	2.59 ± 0.85 ^a
观察组	32	1626.56 ± 1136.97	988.47 ± 375.98 ^a	1601.22 ± 1230.04	1077.19 ± 786.07 ^a	3.19 ± 2.20	2.17 ± 0.73 ^a
<i>t</i> 值		-0.332	2.316	0.200	2.042	-0.253	2.077
<i>P</i> 值		0.741	0.024	0.842	0.046	0.801	0.042

注: 与治疗前行组内比较, ^a $P < 0.05$

表3 两组患者治疗前与治疗4周后BBS评分比较

Table 3 BBS results of the two groups of patients before treatment and 4 weeks after treatment

组别	例数	治疗前	治疗后
对照组	31	38.06 ± 5.04	41.65 ± 4.78 ^a
观察组	32	38.22 ± 4.53	44.59 ± 4.71 ^a
t值		-0.128	-2.459
P值		0.899	0.017

注：与治疗前行组内比较，^aP<0.05

表4 两组患者治疗前与治疗4周后MWS比较(m/min)

Table 4 MWS results of the two groups of patients before treatment and 4 weeks after treatment (m/min)

组别	例数	治疗前	治疗后
对照组	31	24.40 ± 6.52	32.47 ± 5.76 ^a
观察组	32	25.62 ± 7.18	44.59 ± 7.12 ^a
t值		-0.704	2.189
P值		0.484	0.032

注：与治疗前行组内比较，^aP<0.05

表5 两组患者治疗前与治疗4周后TUGT时间比较(s)

Table 5 TUGT results of the two groups of patients before treatment and 4 weeks after treatment (s)

组别	例数	治疗前	治疗后
对照组	31	24.44 ± 8.83	16.63 ± 5.94 ^a
观察组	32	25.06 ± 9.24	19.84 ± 7.66 ^a
t值		-2.275	0.335
P值		0.785	0.068

注：与治疗前行组内比较，^aP<0.05

本体感觉、前庭觉和视觉等多因素整合传输至大脑而形成^[19]。本体感觉不仅提供了有关肌肉和关节中产生力学效应的结构所处状态，还提供了人体所处空间位置和环境的状况；前庭觉主要负责提供头部相对于重力的位置以及头部线性加速度与成角加速度运动的信息；视觉主要提供人体与周围环境之间相对位置的信息，而且是从经验角度来理解这些信息^[11, 20]。有研究发现在稳定的支撑面上，本体感觉、前庭觉和视觉

分别占70%、20%和10%^[21-22]。Nardone A等人^[23]通过动态平衡仪的感觉统合测试，发现脑卒中患者的本体感觉、前庭觉和视觉的感觉得分相比较正常人均有不同程度的降低，并且利用3大感觉信息调节平衡的能力均有不同程度的下降。脑卒中患者的平衡障碍与患者感觉运动成分不足和选择恰当的感觉输入信号能力降低密切相关^[24-25]，在脑卒中存在感觉障碍的患者中，有11%~85%的患者存在本体感觉功能障碍^[26]。当本体感觉输入减退时，人体姿势控制的难度增加，身体维持平衡对视觉的依赖也会增加^[27]。当身体位置或姿势发生变化时，中枢神经系统根据这3种感觉的输入，了解人体重心的准确位置和支持面的状况，迅速判断感觉系统所提供的信息实用性，从而选择准确的感觉输入，形成神经系统的中枢整合，进而下达运动指令，调节姿势控制，维持人体平衡。

人体平衡测试系统是定量评定平衡能力的一种测试方法。静态平衡训练仪由测试和训练平台、电脑系统、支架3部分组成，测试和训练平台上有压力传感器，可以记录身体COP的位置变化，实时记录COP在受力平台上的投影和时间关系的曲线，是评估姿势功能的重要指标。COP的各种变量中，COP的速度在体现姿势控制系统的前馈机制中占主要作用；平均COP振幅的增加与姿势控制能力的提升成反比^[28]。常用的参数有轨迹总长度、轨迹面积图、COP的速度图、X轴和Y轴的活动等。在平衡的训练上，可以根据患者平衡功能测试的结果，有针对性地设计训练。患者站立在有压力传感器的平台上，利用视觉反馈，根据COP的位置，有控制地移动重心。此外，还可以训练患者躯干和下肢的负重，提高步行的稳定性，纠正错误的运动模式等^[29]。视觉反馈训练在康复治疗中被广泛应用于改善坐位或站位的姿势控制，

通过移动身体或躯干来转移重心^[30-31]。在临床中,有大量实践证明了基于 COP 的视觉反馈训练的有效性^[32-34]。

本研究结果显示,在经过 4 周的平衡训练后,两组脑卒中静态平衡仪的测试结果(患者轨迹总长度、轨迹面积图和速度图)、BBS 评分、MWS 和 TUGT 的结果均较治疗前有改善,差异有统计学意义($P < 0.05$),这表明对照组患者在姿势矫正镜下的平衡训练和观察组患者在静态平衡仪下的平衡训练均能提高脑卒中患者的姿势控制能力、平衡功能、最大步行速度和移动能力。观察组患者的静态平衡仪的测试结果(患者轨迹总长度、轨迹面积图和速度图)、BBS 评分、MWS 结果均优于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),而在 TUGT 的时间上,两者的结果无显著差别($P > 0.05$),表明平衡仪训练下的平衡训练较姿势矫正镜下的平衡训练可以更有效地提高脑卒中患者的姿势控制能力、平衡功能和最大步行速度,但在移动能力上,两者无明显差别。

在康复 4 周后的结果中,观察组的设计是在常规训练的基础上增加了平衡训练,针对平衡训练仪的测试结果进行训练,在以 COP 的指标为评估参数中,能实时地根据评估结果进行视觉反馈下的 COP 的训练,比较精准化^[35];而对照组是基于姿势矫正镜下的平衡训练,视觉反馈的是整体姿势的位置,尤其是左右的姿势控制,重心转移的具体数值和稳定性方面没有实时的定量反馈,主要依赖于来自感觉的综合感知。因此,在观察组患者轨迹总长度、轨迹面积图和速度图的结果及 BBS 的评分上能有更好的结果。这与多个采用平衡评估训练对脑卒中患者平衡功能改善效果的研究结果一致^[29, 36]。MWS 反映的是最大的步行速度,而步行速度由步行周期和步长所决定,患者的平衡能力改善后,能缩短步行的周

期,进而提高最大的步行速度。这与薛燕萍等人^[37]对 20 例无前庭功能病变的患者进行平衡功能测试的结果相同。虽然在 TUGT 的时长上,观察组数值总体上高于对照组,但两者之间比较,差异无统计意义。测试时存在的问题如下:TUGT 通常用来评估功能性移动能力和动态平衡能力^[15],涉及坐一站之间体位转换、来回的步行和转弯等多个过程,患者在测试期间可以使用手杖等辅助步行工具,对转身的方向也没有做要求。另外,患者可能只关注完成整个评估过程的时间,而并未注重姿势、平衡等,这可能会在一定程度上影响测试结果。

综上所述,针对脑卒中患者,采用可以实时反馈的平衡训练仪相对于姿势矫正镜下的平衡训练,能有效改善脑卒中患者静态平衡下 COP 的轨迹总长度、轨迹面积图和速度图,能提高患者的平衡能力和步行速度,加快脑卒中患者下肢运动功能的恢复,值得临床推广应用。但本研究只局限于基于视觉反馈下的两种静态平衡训练的比较,对动态平衡以及两者的联合作用未做深入研究。此外,本研究持续时间短,缺少长期疗效的追踪和随访,有待进一步的研究。

参考文献

- [1] Ekker M S, Boot E M, Singhal A B, et al. Epidemiology, aetiology, and management of ischaemic stroke in young adults [J]. *Lancet Neurol*, 2018, 17(9): 790-801.
- [2] Valery L F, Michael B, Norrving B, et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022 [J]. *International Journal of Stroke*, 2022, 17(1): 18-29.
- [3] WU S M, WU B, LIU M, et al. Stroke in China: advances and challenges in epidemiology, prevention, and management [J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(4): 394-405.
- [4] Lord S E, McPherson K, McNaughton H K, et al. Community ambulation after stroke: how important and

- obtainable is it and what measures appear predictive? [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(2): 234–239.
- [5] Nadeau S E, Wu S S, Dobkin B H, et al. Effects of task-specific and impairment-based training compared with usual care on functional walking ability after inpatient stroke rehabilitation: LEAPS Trial [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2013, 27(4): 370–380.
- [6] Nichols-Larsen D S, Clark P C, Zeringue A, et al. Factors influencing stroke survivors' quality of life during subacute recovery [J]. *Stroke*, 2005, 36(7): 1480–1484.
- [7] 卓大宏. 中国康复医学 [M]. 2版. 北京: 华夏出版社, 2003: 757–808.
- [8] de Oliveira C B, de Medeiros I R, Frota N A, et al. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation [J]. *J Rehabil Res Dev*, 2008, 45(8): 1215–1226.
- [9] Vistamehr A, Kautz S A, Bowden M G, et al. Correlations between measures of dynamic balance in individuals with post-stroke hemiparesis [J]. *J Biomech*, 2016, 49(3): 396–400.
- [10] 宋利娜, 张洪斌. 脑卒中偏瘫患者平衡功能康复方法研究进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27(8): 781–783.
- [11] 庄雯雯, 郑洁皎, 陈秀恩, 等. 脑卒中平衡功能障碍治疗的研究进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2016, 22(10): 1127–1131.
- [12] 中华医学会全国第四届脑血管疾病学术会议. 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. *中华神经科杂志*, 1996, (6): 60–61.
- [13] Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review [J]. *Phys Ther*, 2008, 88(5): 559–566.
- [14] Persson C U, Hansson P O, Sunnerhagen K S. Clinical tests performed in acute stroke identify the risk of falling during the first year: postural Stroke Study in Gothenburg (POSTGOT) [J]. *J Re-habil Med*, 2011, 43(4): 348–353.
- [15] Podsiadlo D, Richardson S. The Timed “Up & Go” : a test of basic functional mobility for frail elderly persons [J]. *J Am Geriatr Soc*, 1991, 39(2): 142–148.
- [16] Faria C D, Teixeira-Salmela L F, Nadeau S. Predicting levels of basic functional mobility, as assessed by the Timed “Up and Go” Test, for individuals with stroke: discriminant analyses [J]. *Disabil Rehabil*, 2013, 35(2): 146–152.
- [17] Sibley K M, Straus S E, Inness E L, et al. Balance assessment practices and use of standardized balance measures among Ontario physical therapists [J]. *Phys Ther*, 2011, 91(11): 1583–1591.
- [18] 张丽, 瓮长水, 王秋华, 等. 前庭感觉、本体感觉及视觉功能对老年人跌倒风险影响的因素分析 [J]. *中国康复理论与实践*, 2010, 16(1): 16–18.
- [19] Horlings C G C, Kùng U M, Van Engelen B G M, et al. Balance control in patients with distal versus proximal muscle weakness [J]. *Neuroscience*, 2009, 164(4): 1876–1886.
- [20] 黄小兵, 刘博. 平衡三联及中枢整合在人体平衡中的作用 [J]. *前庭医学*, 2009, 17(6): 534–553.
- [21] Peterka R J. Sensorimotor integration in human postural control [J]. *J Neurophys* 2002, 88(3): 1097–1118.
- [22] Hoark F B, Hlavacka F. Somatosensory loss increases vestibulospinal sensitivity [J]. *J Neurophysiol*, 2001, 86 (2): 575–585.
- [23] Nardone A, Godi M, Artuso A, et al. Balance rehabilitation by moving platform and exercises in patients with neuropathy or vestibular deficit [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2010, 91(12): 1869–1877.
- [24] Bonan I V, Colle F M, Guichard J P, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: balance on dynamic posturography [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(2): 268–273.
- [25] Bonan I V, Yelnik A P, Colle F M, et al. Reliance on visual information after stroke. Part II: Effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: a randomized controlled trial [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(2): 274–278.
- [26] Sullivan J E, Hedman L D. Sensory dysfunction following stroke: incidence, significance, examination, and intervention [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2008, 15(3): 200–217.
- [27] Vuilherme N, Danion F, Marin L, et al. The effect of expertise in gymnastics on postural control [J]. *Neurosci Lett*, 2001, 303(2): 83–86.
- [28] Pellerno L, Giannoni P, Marinelli L, et al. Effects of

- continuous visual feedback during sitting balance training in chronic stroke survivors [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2017, 14(1): 107–121.
- [29] 何蕾, 柴双双, 陈亚平. 平衡评估训练系统对脑卒中后平衡功能的康复效果 [J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27(7): 760–764.
- [30] Walker C, Brouwer B J, Culham E G. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke [J]. *Phys Therapy Pract*, 2000, 80(9): 886–895.
- [31] Moore S, Woollacott M. The use of biofeedback devices to improve postural stability [J]. *Phys Therapy Pract*, 1993, 2(1): 1–19.
- [32] Jung K, Kim Y, Chung Y, et al. Weight-shift training improves trunk control, proprioception, and balance in patients with chronic hemiparetic stroke [J]. *Tohoku J Exp Med*, 2014, 232(3): 195–199.
- [33] Tsaklis P V, Grooten W J, Franzen E. Effects of weight-shift training on balance control and weight distribution in chronic stroke: a pilot study [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2012, 19(1): 23–31.
- [34] Dault M C, Haart M, Geurts A C H, et al. Effects of visual center of pressure feedback on postural control in young and elderly healthy adults and in stroke patients [J]. *Hum Mov Sci*, 2003, 22(3): 221–236.
- [35] Ahn M H, Ahn C S, Kim M C. Effect of selective-task vs set-task program on balance and weight bearing of stroke patient [J]. *J Phys Ther Sci*, 2011, 23(5): 707–711.
- [36] Srivastava A, Taly A B, Gupta A, et al. Post-stroke balance training: role of force platform with visual feedback technique [J]. *J Neurol Sci*, 2009, 287(1–2): 89–93.
- [37] 薛燕萍, 许志强, 梁英. 视觉对脑卒中患者立位平衡功能的影响 [C]. *中国康复医学会第九届全国康复治疗学术年会论文集*, 2012: 780.

编 后 语

学科交叉是当今科技创新的源泉,是科技时代不可替代的研究范式。新医科、新工科建设的号角给医学和工学注入了无限活力,医工交叉为实现学科融合发展,建设医学新学科指明了新方向。我国医工融合发展潜力巨大,康复机器人系统联合新兴辅助技术,作为一种全新的治疗方法逐渐被应用到康复训练中,很好地满足了临床康复工作的需要。康复机器人系统凭借其可编程、自动化、康复训练强度高等优势,为患者提供专业而精准的康复治疗服务,可有效改善患者的运动功能,提高康复效率,减轻医患负担并最大限度地恢复患者日常生活能力、提高生活质量,值得临床推广。

本刊作为国内第一本机器人外科学与智慧医学领域全学科学术期刊,我们倍感责任重大。为了推动机器人在中国康复医学领域的发展,本刊重点策划了两期“康复机器人专栏”,第一期由吉林大学第二医院康复医学科主任刘忠良教授担任专栏主编,通过《康复机器人系统的研究现状与展望》《上肢康复机器人治疗脑卒中偏瘫患者上肢功能障碍的疗效》《下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响》以及《不同平衡训练策略对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响》四篇文章对康复机器人在临床中的应用做了详细阐述。下一期将重点阐述医工融合与康复机器人研发等方面的内容。

编辑部诚盼康复机器人研发领域的专家学者拨冗赐稿,共同促进该学科在中国的高质量发展。