

·论 著·

视觉反馈平衡训练仪训练对脑卒中后平衡及步行能力影响的 Meta 分析

王晓春¹, 王俊华², 谢水平¹

(1. 广州中医药大学第五临床医学院, 广州 510405; 2. 广东省第二中医院针灸康复二区, 广州 510095)

[摘要] 目的 系统评价视觉反馈平衡训练仪训练对脑卒中患者平衡能力、步行能力以及日常生活能力的康复疗效。**方法** 计算机检索 PubMed、Web of Science、EMBASE、Cochrane 图书馆、中国知网、万方、维普中文科技期刊全文数据库等国内外数据库从建库到 2018 年 4 月的有关文献, 收集视觉反馈平衡训练仪训练对脑卒中患者平衡及步行能力影响的临床随机对照试验, 并运用 RevMan 5.3 软件对符合纳入标准的所有结果进行 Meta 分析。**结果** 最后入选 12 篇文献共 565 例患者。Meta 分析结果显示: 视觉反馈平衡仪训练组与常规平衡训练组平衡量表评分 12 篇文献合并效应量均数差=6.49, 95% 可信区间 5.63~7.35, $Z=14.77$, $P<0.000\ 01$, 两组差异有统计学意义; 视觉反馈平衡仪训练组与常规平衡训练组“起立-行走”计时 6 篇文献合并效应量均数差=-3.91, 95% 可信区间-4.68~-3.14, $Z=9.97$, $P<0.000\ 01$, 两组差异有统计学意义; 视觉反馈平衡仪训练组与常规平衡训练组日常生活力量表评分 2 篇文献合并效应量均数差=5.58, 95% 可信区间 2.31~8.84, $Z=3.35$, $P=0.000\ 8$, 两组差异有统计学意义。**结论** 视觉反馈平衡训练仪训练能有效增强脑卒中患者的站位平衡功能并改善他们的步行能力与日常生活活动能力, 且较传统平衡训练改善更明显。但是目前与平衡仪训练相关的高水平的临床研究较少, 故需要进行大样本量的临床随机对照试验来证实其有效性。

[关键词] 脑卒中; 视觉反馈平衡训练仪训练; 平衡功能; 步行能力; 日常生活能力; Meta 分析

[中图分类号] R496; R743 **[文献标识码]** A **DOI:** 10.12019/j.issn.1671-5144.2019.02.009

Effect of Visual-Feedback Balance Training on Balance and Walking Ability after Stroke: A Meta-Analysis

WANG Xiao-chun¹, WANG Jun-hua², XIE Shui-ping¹

(1. The Fifth Clinical Medical College of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China; 2. Division 2, Department of Acupuncture and Rehabilitation, Guangdong Second Traditional Chinese Medicine Hospital, Guangzhou 510095, China)

Abstract: Objective To systematically review the effect of visual-feedback balanced training on balance, walking and daily living after stroke. **Methods** Randomized controlled trials (RCTs) about balance training instrument for balance and walking ability of stroke were electronically searched in PubMed, Web of Science, EMBASE, the Cochrane library, China National Knowledge Infrastructure, Wanfang Data, VIP Database for Chinese Technical Periodicals from the date of establishment to April 2018. Using RevMan 5.3 software to analyze all the results that conform to the standard by meta. **Results** A total of 565 patients of 12 RCTs were included. The results of meta analysis showed that after treatment, the Berg balance scale scores of 12 articles of balancing instrument training group and conventional balance

[基金项目] 广东省科技支撑计划资助项目(2014A020212251)

[作者简介] 王晓春(1991-), 女, 广东梅州人, 硕士研究生, 从事神经康复技术研究。

[通讯作者] 王俊华, Tel: 020-83482172; E-mail: junhuawang@qq.com

training group with effect of the amount of MD=6.49, 95% CI 5.63~7.35, Z=14.77, $P<0.000\ 01$, the two groups have significant difference. The "Up & Go test" of 6 articles of balancing instrument training group and conventional balance training group with effect of the amount of MD=-3.91, 95% CI -4.68~-3.14, Z=9.97, $P<0.000\ 01$, the two groups have significant difference. The modify Barthel scores of balancing instrument training group and conventional balance training group with effect of the amount of MD=5.58, 95% CI 2.31~8.84, Z=3.35, $P=0.000\ 8$, the two groups have significant difference. **Conclusion** Balanced training instrument exercises effectively enhance the balance function of stroke patients, improve their walking function and their daily living ability, and it is more obvious than traditional balance training. However, there are few high level clinical studies related to the training of balance instrument, so a large sample of clinical randomized controlled trials is needed to verify its effectiveness.

Key words: stroke; visual-feedback balance training; balance function; walking ability; daily living ability; meta analysis

平衡功能障碍及步行能力障碍是脑卒中后的常见并发症。据统计,我国每年10万人口中就有120~180人因脑卒中而发病,只有不到15%的患者能够摆脱残疾的影响,约有75%的患者存在不同程度的运动功能障碍,严重影响患者的生活质量,给患者、家庭、社会带来沉重的负担^[1-2]。其中平衡功能的恢复关系着步行能力和日常生活能力的恢复,因而寻求积极有效的增强脑卒中患者平衡功能的方法,对患者日常生活能力的提高有着极其重要的意义。

国内外已有相关研究发现视觉反馈平衡训练仪训练对卒中患者下肢功能的康复有一定的疗效^[3-5],但也有学者认为视觉反馈平衡训练仪训练与常规平衡训练并无显著性差异^[6]。目前此训练尚存在争议且相关高水平的研究少,每篇文献的研究样本量有限,设计方案各不相同,导致研究结果不一致。鉴于此,本研究利用循证医学 Meta 分析方法,尽可能地纳入符合要求的文献,对现有的视觉平衡训练仪应用于我国卒中患者的效果进行系统、客观、定量的分析与评价,以期为我国临床康复医师提供较为客观、科学的决策依据,并为我国平衡康复机器人和训练设备的研究提供临床依据。

1 资料和研究方法

1.1 检索策略

本研究检索了 PubMed、Web of Science、EMBASE、Cochrane 图书馆、中国知网、万方、维普中文科技期刊全文等国内外数据库从建库到2018年4月的文献。选取英文“stroke”、“visusal-feedback balance training”、“walking ability”、“balance function”和中文“脑卒中”、“脑中风”、“视觉反馈平衡训练仪训练”、“步行能力”、“平衡功

能”为主题词或检索词进行交叉检索。作者依据事先制定的纳入、排除标准,初步浏览标题和摘要,筛选文献并进一步阅读全文。再采用二次检索文献的方式进行检索,以避免漏查。对没有提供完整数据信息的文献,我们可通过电话或邮件的方式向作者索要原始数据,以避免数据不完整带来的偏倚。

1.2 文献纳入标准

①随机对照试验(randomized controlled trial, RCT);②符合第四届全国脑血管病会议通过的脑卒中诊断标准;③受试者意识清,没有认知障碍;④受试者视觉、听觉没有损伤;⑤治疗组采用平衡训练仪训练,对照组采用常规平衡训练,其他治疗方法两组大致相同;⑥以 Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)评分、“起立-行走”计时试验(time up and go test, TUGT)用时、改良 Barthe 指数(modify Barthel index, MBI)评分为结局指标。

1.3 文献排除标准

①重复发表;②综述类文献;③用中文和英文以外其它语言发表的文章;④存在较高的偏倚,受试者资料交代不清的;⑤患者有严重的心、肺、肝、肾疾病;⑥动物性试验。

1.4 文献选取与数据提取

首先由2名研究员依据上述的纳入、排除标准单独选择符合条件的文献,然后邀请第三名研究员对存在分歧的文献进行讨论,再由原研究员对筛选录入的文献进行全文阅读并提取以下数据:①一般资料:第一作者、发表日期等;②各研究的设计方案;③样本量、治疗效果;④结局指标。

1.5 文献质量评价

作者和另一位评价员采用 Jadad 评分标准^[7]对文献进行评价, Jadad 评分标准(表1)总分为7分:

表1 RCT的方法学质量评分标准

方法	评分
随机序列的产生	
恰当	2
不清楚	1
不恰当	0
随机化隐藏	
恰当	2
不清楚	1
非隐藏	0
盲法	
恰当	2
不清楚	1
非盲法	0
随访	
报告具体数量与理由	1
未报告	0

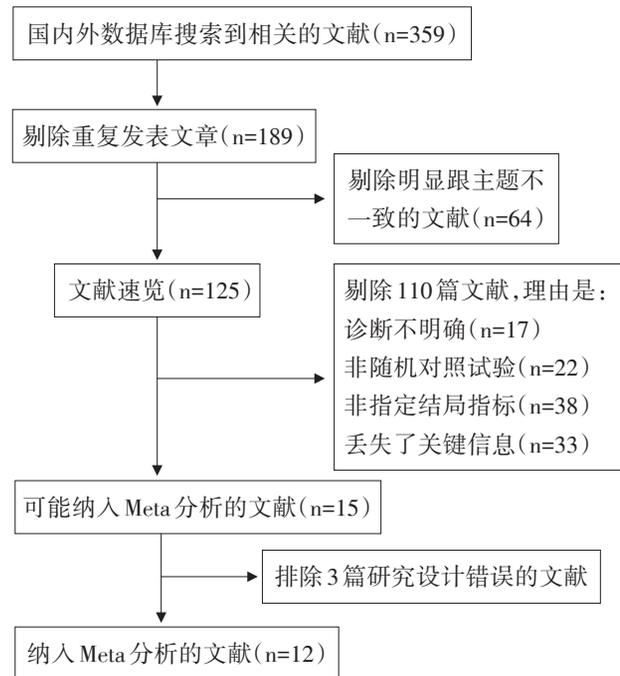


图1 文献检索流程图

1~3分为低质量文献;4~7分为高质量文献。2位研究员各自进行评价,出现分歧时通过与第三位研究员讨论解决。

1.6 统计学分析

本文采用RevMan 5.3软件对提取的数据进行Meta分析:①首先进行异质性检验,如 $P>0.1$, $I^2<50%$ 。则纳入研究之间没有异质性,采用固定效应模型,反之则采用随机效应模型分析;②连续变量采用均数差(mean difference, MD)表示,并计算其95%可信区间(confidence interval, CI),以 $P\leq 0.05$ 为差异有统计学意义;③利用漏斗图对纳入文献的偏倚情况进行分析。

2 结果

2.1 一般情况及质量评价

根据主题词,共检索到359篇文献,去除诊断不明确试验17篇、非随机和半随机对照试验22篇、结局指标非相关试验38篇、信息不全试验33篇。再根据研究目的及纳入与排除标准,进一步查阅全文,最终纳入12篇文献,高质量文献有8篇^[6, 8, 10, 12-14, 16, 18],低质量文献有4篇^[9, 11, 15, 17]。其中有2篇文章^[13, 18]对评价者采用盲法,10篇研究^[6, 8-12, 14-17]在盲法方面存在偏倚风险和分配方案的隐藏方面介绍不清。文献检索流程见图1。所纳入的文献的一般资料见表2。

2.2 发表偏倚情况分析

纳入文献形成的漏斗图(图2、图3)结果显示:纳入的12篇^[6, 8-18]以BBS为结局指标的文献分布较均匀,各样本研究结果大致围绕中心线呈对称排列分布在总体效应周围;纳入的6篇^[6, 8, 12-14, 18]以TUGT为结局指标的文献分布也较均匀,各样本研究结果大致围绕中心线呈对称分布在总体效应周围;据漏斗图结果可知,研究纳入的文献发表偏倚较小,可行Meta分析。以MBI为结局指标的文献较少,因此不做发表性偏倚分析。

2.3 异质性检验情况分析

异质性检验提示:①治疗后视觉反馈平衡仪训练组与常规平衡训练组 Berg 评分比较: $\chi^2=5.40$, $P=0.91>0.1$, $I^2=0\%<50%$,因此具有同质性,应用固定效应模型进行分析;②治疗后视觉反馈平衡仪训练组与常规平衡组 TUGT 计时比较: $\chi^2=2.77$, $P=0.74>0.1$, $I^2=0\%<50%$,因此具有同质性,应用固定效应模型进行分析;③治疗后视觉反馈平衡仪训练组与常规平衡组 MBI 评分比较:各研究具有异质性($\chi^2=41.98$, $P<0.000\ 01$, $I^2=95\%>50%$),采用随机效应模型进行Meta分析后,仍具有异质性,故采用敏感性分析异质性的来源。删除一项 MD>20 的研究^[11]后,各研究同质性较好($P=0.48$, $I^2=0\%<50%$),故采用固定效应模型进行Meta分析。

表 2 纳入文献的一般资料

研究项目	改良 Jadad 质量评分	受试人数			干预措施(时间方案)		结局指标
		试验组	对照组	合计	试验组	对照组	
Geiger ^[6] 2001	4	7	6	13	常规康复训练(50×2~3×4)+ NeuroCom 平衡训练(50×2~3×4)	常规康复训练(50×2~3×4)+传统平衡训练(50×2~3×4)	BBS、TUGT
Lee ^[8] 2012	4	20	20	40	常规康复训练(60×5×4)+Blance Control Trainer 平衡训练仪(20×5×4)	常规康复训练(60×5×4)	BBS、TUGT、MBI、FAC、10米步行测试、徒手肌力测试
Di ^[9] 2017	3	24	24	48	常规康复训练+Pro-Kin 平衡仪训练(30×5×6)	常规康复训练+常规平衡训练(30×5×6)	BBS、Fugl-Meyer 平衡、FAC、BI
Ding ^[10] 2013	4	20	20	40	常规偏瘫治疗(80×6×4)+Pro-Kin 平衡仪训练(40×6×4)	常规偏瘫治疗(80×6×4)	BBS、MBI、重心移动轨迹长度
Wang ^[11] 2012	3	26	26	52	常规康复训练(90×5×6)+针刺(30×5×6)+PC-708A 平衡仪	常规康复训练(90×5×6)+针刺(30×5×6)	BBS、MBI
Li ^[12] 2013	4	22	20	42	静动态站立平衡(30×6×4)	传统平衡训练(30×6×4)	BBS、TUGT、Brunnstrom 偏瘫步态分析
Xu ^[13] 2011	5	30	30	60	传统内科保守治疗+Bobath 偏瘫肢体功能训练+Pro-Kin 平衡仪训练(30×6×4)	传统内科保守治疗、Bobath 偏瘫肢体功能训练	BBS、TUGT
Huang ^[14] 2011	4	10	10	20	Smart-EquiTest 平衡仪(20×5×2)	传统平衡训练(20×5×2)	BBS、TUGT、SOT
Wang ^[15] 2010	3	20	20	40	常规康复训练(40×5×5)+Tetrax 平衡训练仪(30×5×5)	常规康复训练(40×5×5)+平衡板训练(30×5×5)	BBS、Holden 步行能力
Yang ^[16] 2012	4	15	15	30	Pro-Kin 平衡仪训练(20×7×4)	传统平衡训练(20×7×4)	BBS、重心移动轨迹长度、外周面积
Jiang ^[17] 2016	3	30	30	60	常规康复训练+PC-708A 平衡仪训练(30×6×5)	常规康复训练+传统平衡训练(30×6×5)	BBS、BI
Zai ^[18] 2005	6	62	58	120	常规康复训练+德国 MTD-systems 平衡训练仪(30×5×6)	常规康复训练+传统平衡训练(30×5×6)	BBS、TUGT

BI: 日常生活活动量表 Barthe 指数, Barthel index; FAC: 功能性步行量表, functional ambulation category scale; SOT: 感觉统合测试, sensory organization test

2.4 视觉反馈平衡仪训练的效果评价

2.4.1 Berg 平衡量表(BBS)评分

共有 12 篇文献研究^[6,8-18]是关于视觉反馈平衡仪训练对于脑卒中患者平衡方面的治疗效果的研究,试验组 286 例,对照组 279 例,共 565 例。Meta 分析结果发现,视觉反馈平衡仪训练组较常规平衡组 Berg 评分有显著性提高(MD=6.49, 95% CI 5.63~7.35, P<0.000 01),详见图 4。据此,可以认为视觉反馈平衡仪训练可有效改善脑卒中患者的平衡功能,预防跌倒,且较常规平衡训练效果更佳。

2.4.2 “起立-行走”计时(TUGT)试验

共有 6 篇文献研究^[6,8,12-14,18]是关于视觉反馈平衡仪训练对于脑卒中患者步行能力的治疗效果的研究,试验组 151 例,对照组 144 例。Meta 分析结果发现,视觉反馈平衡仪训练组较常规平衡组“起立-行走”用时有显著性降低(MD=-3.91, 95% CI=-4.68~-3.14, P<0.000 01),详见图 5。据此,可以认为视觉反馈平衡训练仪训练可有效改善脑卒中患者的步行能力,且较常规平衡训练效果更佳。

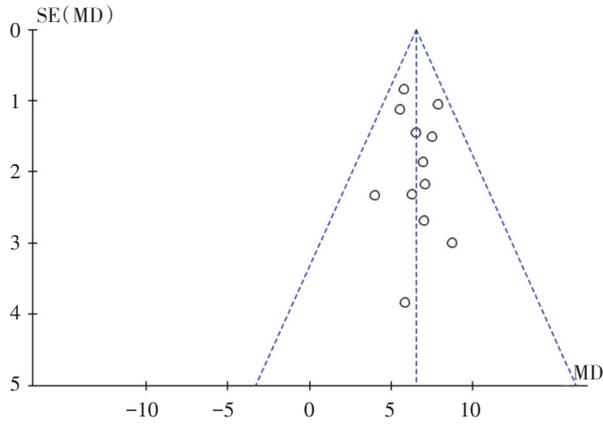


图2 以BBS为结局指标的文献漏斗图

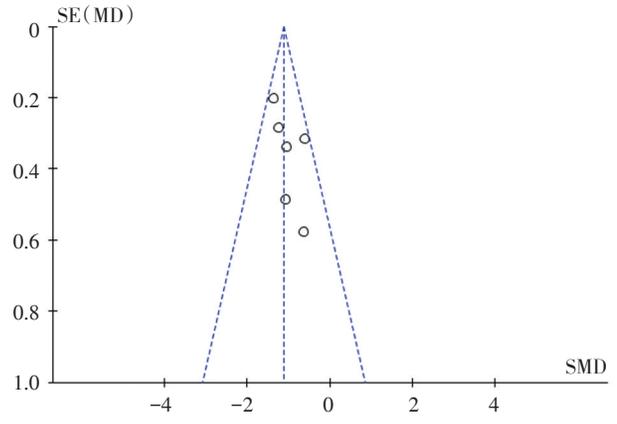


图3 以TUGT为结局指标的文献漏斗图

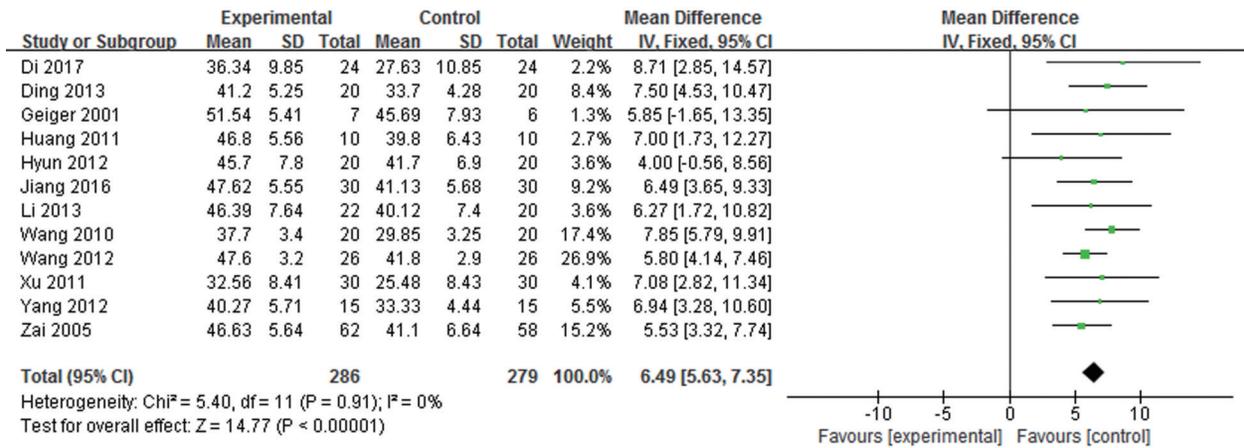


图4 视觉反馈平衡仪训练对于卒中患者平衡功能影响的森林图

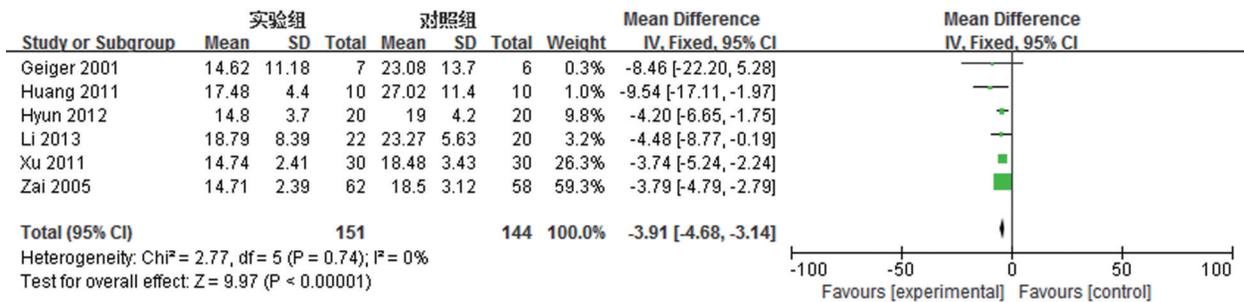


图5 视觉反馈平衡仪训练对于卒中患者步行能力影响的森林图

2.4.3 改良日常生活活动量表改良 Barthe 指数 (MBI) 评分

共有3篇文献研究^[8,10-11]是关于平衡训练仪对脑卒中患者日常生活能力的治疗效果的研究,但删除一项异质性较大的研究^[11](MD>20),仅有2篇文献研究可进行Meta分析。试验组40例,对照组40例,共80例。Meta分析结果发现,平衡仪组较常规平衡组 MBI 评分有显著性提高(MD=5.58, 95%CI 2.31~8.84, P=0.0008)。据此,可以认为平

衡仪训练可有效改善脑卒中患者的日常生活活动能力,且较常规平衡训练效果更佳。

3 讨论

脑卒中后约有75%的患者会出现下肢运动功能障碍,站立平衡功能障碍是脑卒中后的常见并发症,易导致站立重心分布不均、稳定性差,加重跌倒的风险,进而影响患者步行能力及日常生活能力,给患者、家庭及社会造成严重负担。因而,

偏瘫下肢平衡功能的康复一直是临床康复的重点与难点^[19-20]。无论是从文献报道还是临床实践看,视觉反馈平衡训练仪训练均被认为是脑卒中运动功能康复的有效方法。迪晓霞等^[9]采用 Pro-Kin 视觉反馈平衡训练仪联合常规康复训练对 24 例病程在 3 个月内的脑卒中患者进行训练,训练中根据患者障碍程度进行时间、速度、负重能力的相应调整,持续训练 6 周后发现,治疗组的平衡、步行、日常生活能力较仅采用常规康复训练的对照组疗效更佳。丁珊珊^[10]、杨婷^[16]、徐华平^[13]等同样采用 Pro-Kin 视觉反馈平衡训练仪进行研究,均显示视觉反馈平衡仪组脑卒中患者的平衡功能较常规组改善明显。王小清^[11]和曾慧强^[17]等分别采用联康 PC708A 视觉反馈型静态平衡测试训练仪对病程在 6 个月内的脑卒中患者进行研究,每天 30 min,分别经过 6 周、5 周的训练后发现联康 PC708A 视觉反馈型平衡训练仪训练较常规平衡训练更能有效改善脑卒中患者的平衡功能及社区日常生活能力。我国国内学者的研究结论与本文相符,视觉反馈平衡训练仪训练能有效增强脑卒中患者的站位平衡功能并改善他们的步行能力与日常生活活动能力,且较传统平衡训练改善更明显。而 2001 年 Geiger 等^[6]对 13 例偏瘫的患者进行 NeurCom 平衡仪训练对比常规平衡训练研究,每天 1 次 50 min,每周 2~3 次,连续训练 4 周后发现两组的 BBS 得分和 TUGT 得分均较前提高,但治疗后两组的得分并无显著性差异。Geiger 等^[6]的研究结论与我国学者的研究结论及本研究的结论有差异,可能与 Geiger 等入选的试验组的样本量偏少及每日训练时间太长(每日 1 次 50 min)有关:①样本量偏少,导致研究结论可信度不高;②一次训练时间过长,容易导致过度疲劳,不利于后续康复。国内与国外学者研究结论的差异性,提示我们以后可以从不同治疗时间方案去进一步探讨平衡训练仪训练的最佳时间方案,为世界脑卒中患者的康复治疗方案的调整提供依据。

Pro-Kin、PC-708A、MTD-systems、Smart-EquiTest、Neurocom、Balance Control Trainer、Tetrax 平衡仪均是一套利用视觉反馈对人体进行综合训练的静动态平衡训练系统,可通过静、动态站位平衡训练增强患者的本体感觉,改善前庭功能,还可定性、定量地作出客观评价,并在训练中通过视觉反馈功能,使患者及时地了解重心移动的轨迹,有利于患者及时调整姿势以维持平衡^[21-22]。

本研究共纳入 12 篇文献,8 篇高质量文献,565 例脑卒中患者。Meta 分析结果表明,视觉反馈平衡训练仪组较常规平衡训练组在脑卒中患者的平衡功能(MD=6.49,95%CI 5.63~7.35,Z=14.77,P<0.000 01)、步行能力(MD=-3.94,95%CI -4.68~-3.14,P<0.000 01)、日常生活能力(MD=5.58,95%CI 2.31~8.84,Z=3.35,P=0.000 8)等的康复方面疗效更显著。

本研究以较大样本量证实了视觉反馈平衡训练仪训练对脑卒中平衡、步行、日常生活能力有较佳的康复效果,其原因如下:①脑神经具有可塑性和功能重组的特点^[23-25],利用平衡训练仪训练可增强神经突触的功能,诱导神经运动通路的皮质重组;②平衡训练仪可以提供视觉反馈功能,有效增强患者训练的兴趣^[26];③平衡训练仪可以调整训练强度,以保证患者得到足够量的训练;④平衡训练仪可定量记录训练的数据,从而为康复治疗师制定训练方案提供依据。

总之,本研究为临床康复医师提供了较为客观、科学的决策依据,有望推动神经康复的进一步发展,在临床康复研究中具有非常重要的意义。但本研究也存在一定的局限性:根据改良 Jadad 质量评分,仍存在 4 篇低质量文献,一定程度上影响了证据的整体质量。目前,关于平衡训练仪训练的高水平研究仍然较少,所得结论并不完全可靠,因此需要进一步进行大样本、高质量、多中心的临床随机对照试验来证实其疗效。

[参 考 文 献]

- [1] 朱琪,乔蕾,杨坚,等. 视觉代偿对脑卒中偏瘫患者平衡功能障碍的影响[A]. 中国康复医学会第五次全国老年康复学术大会上海市康复医学会成立 20 周年暨老年康复诊疗提高班论文汇编[C]. 上海:2008:100-102.
- [2] 李媛媛. 2010 年全球脑卒中发病情况分析[D]. 郑州:郑州大学,2017.
- [3] 陈冲,高晓平,冯小军. MOTomed 智能运动训练系统训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能及日常生活活动能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2010,32(7):510-512.
- [4] HUNG J W, CHOU C X, HSIEH Y W, et al. Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014,95(9):1629-1637.
- [5] MACTASZEK J, BORAWSKA S, WOJCIKIEWICZ J. Influence of posturographic platform biofeedback training on the dynamic balance of adult strokepatients[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2014,23(6):1269-1274.

(下转第 101 页)

- we?[J]. *Pharmacol Res*, 2013, 69(1): 144-155.
- [27] CANI P D, DELZENNE N M. Interplay between obesity and associated metabolic disorders: New insights into the gut microbiota[J]. *Curr Opin Pharmacol*, 2009, 9(6): 737-743.
- [28] BROWN J M, HAZEN S L. The gut microbial endocrine organ: Bacterially-derived signals driving cardiometabolic diseases[J]. *Annu Rev Med*, 2015, 66: 343-359.
- [29] CANI P D, DELZENNE N M. The role of the gut microbiota in energy metabolism and metabolic disease[J]. *Curr Pharm Des*, 2009, 15(13): 1546-1558.
- [30] LIN H V, FRASSETTO A, KOWALIK E J Jr., et al. Butyrate and propionate protect against diet-induced obesity and regulate gut hormones via free fatty acid receptor 3 - independent mechanisms[J]. *Plos One*, 2012, 7(4): e35240.
- [31] KIMURA I, OZAWA K, INOUE D, et al. The gut microbiota suppresses insulin - mediated fat accumulation via the short - chain fatty acid receptor GPR43 [J]. *Nat Commun*, 2013, 4 (11): 1829.
- [32] TOLHURST G, HEFFRON H, YU S L, et al. Short-chain fatty acids stimulate glucagon - like peptide - 1 secretion via the G - protein-coupled receptor FFAR2[J]. *Diabetes*, 2012, 61(2): 364-371.

[收稿日期] 2017-07-05

(上接第91页)

- [6] GEIGER R A, ALLEN J B, O' KEEFE J, et al. Balance and mobility following stroke: Effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/force plate training [J]. *Phys Ther*, 2001, 81(4): 995-1005.
- [7] JADAD A R, MOORE R A, CARROLL D, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary?[J]. *Control Clin Trials*, 1996, 17(1): 1-12.
- [8] LEE S H, BYUN S D, KIM C H, et al. Feasibility and effects of newly developed balance control trainer for mobility and balance in chronic stroke patients: A randomized controlled trial[J]. *Ann Rehabil Med*, 2012, 36(4): 521-529.
- [9] 迪晓霞,李鑫铭,翟月萍. 平衡仪训练对脑卒中患者平衡功能及跌倒风险的影响[J]. *中国康复*, 2017, 32(3): 196-198.
- [10] 丁珊珊. 平衡仪平衡训练对改善偏瘫患者日常生活能力的疗效观察[J]. *中国伤残医学*, 2013, 21(9): 310-311.
- [11] 王小清,高崇,滕安琪,等. 静态平衡仪对脑卒中偏瘫患者平衡功能的影响[J]. *临床医学*, 2012, 32(11): 30-32.
- [12] 李中元,王雅青,马启寿,等. 静动态站立平衡仪治疗脑卒中偏瘫22例疗效观察[J]. *福建中医药大学学报*, 2013, 23(1): 62-63.
- [13] 徐华平,全莉娟,冯珍. PRO-KIN平衡仪训练对脑卒中患者平衡功能康复的疗效[J]. *南昌大学学报(医学版)*, 2011, 51(2): 66-67.
- [14] 黄小静,窦祖林,丘卫红,等. 动态姿态平衡仪训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2011, 26(11): 1029-1034.
- [15] 王建文,赵力生,李侠,等. 电脑平衡仪视觉反馈训练对偏瘫患者平衡功能和步行能力的影响[J]. *中国康复理论与实践*, 2010, 16(7): 657-658.
- [16] 杨婷,高政,尹玉文,等. 视觉反馈平衡训练仪对于脑卒中偏瘫患者平衡功能影响的临床研究[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2012, 6(19): 6046-6048.
- [17] 姜慧强,范振林,李琳. PC708A型平衡训练仪对脑卒中患者平衡功能及社区日常生活能力的影响[J]. *中国社区医师*, 2016, 32(35): 179-180.
- [18] 翟浩瀚. 平衡仪训练对偏瘫患者平衡和行走能力的影响[D]. 合肥:安徽医科大学, 2005.
- [19] PARK J, CHUNG Y. The effects of robot-assisted gait training using virtual reality and auditory stimulation on balance and gait abilities in persons with stroke [J]. *Neuro Rehabilitation*, 2018, 43(2): 227-235.
- [20] FERREIRA V, CARVAS N, ARTILHEIRO M C, et al. Interactive video gaming improves functional balance in poststroke individuals: Meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Eval Health Prof*, 2018, Jan 1: 163278718784998. [Epub ahead of print].
- [21] BYUN S D, JUNG T D, KIM C H, et al. Effects of the sliding rehabilitation machine on balance and gait in chronic stroke patients—a controlled clinical trial [J]. *Clin Rehabil*, 2011, 25(5): 408-415.
- [22] MACKINTOSH S F, HILL K D, DODD K J, et al. Balance score and a history of falls in hospital predict recurrent falls in the 6 months following stroke rehabilitation [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 2006, 87(12): 1583-1589.
- [23] 梁丹. 基于STDP的神经系统突触可塑性研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2014.
- [24] ASIMINA L, LOUKAS A, DIONYSIOS M, et al. fMRI as a molecular imaging procedure for the functional reorganization of motor systems in chronic stroke [J]. *Mol Med Rep*, 2013, 8(3): 775.
- [25] HAGMANN P, CAMMOUN L, GIGANDET X, et al. Mapping the structural core of human cerebral cortex [J]. *PLoS Biol*, 2008, 6(7): e159.
- [26] PELLEGRINO 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.

[收稿日期] 2018-04-19