

· 临床研究 ·

基于虚拟现实技术的康复训练对脑外伤恢复期患者平衡功能的影响

金星 许光旭 孟兆祥 陈谦 陈波 范章岭 王秀蓉

【摘要】 目的 观察脑外伤恢复期患者接受基于虚拟现实(VR)技术的康复训练前后平衡功能和姿势控制能力的变化,并与传统平衡训练进行比较。**方法** 选取苏北人民医院康复科住院脑外伤恢复期患者 42 例,按随机数字法分为实验组和对照组,每组 21 例。2 组患者均给予基础临床治疗和常规康复治疗,实验组在此基础上增加基于 VR 技术的平衡训练,包括拼图、踩鼠鼠和花园采摘三个项目,共 30 min,每周 6 次;对照组给予同等时间的传统平衡训练。于训练前(治疗前)和训练 8 周后(治疗后),分别采用 Berg 平衡量表和平衡测试仪对 2 组患者的平衡能力和姿势控制能力进行评定,并进行统计学分析比较。**结果** ①治疗后,实验组和对照组患者的 BBS 评分分别为(46.57±1.82)和(42.79±2.23)分,均较组内治疗前[(38.34±2.54)和(39.22±2.86)分]有显著改善($P<0.01$),且实验组治疗后的 BBS 评分明显高于对照组($P<0.001$)。②姿势控制能力方面,实验组治疗后的压力中心(COP)前后方向和左右方向摆动幅度标准差分别为(2.59±0.86)和(2.35±0.88),COP 前后方向和左右方向平均速度分别为(5.02±1.03)和(3.44±0.62)mm/s,COP 运动长度为(176.73±55.38)mm,COP 运动面积为(109.31±65.77)mm²,均较组内治疗前有明显改善($P<0.05$),且明显优于对照组治疗后,差异有统计学意义($P<0.05$);而对照组则较组内治疗前改善并不明显,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 基于 VR 技术的康复训练可有效改善脑外伤恢复期患者的平衡功能及姿势控制能力,且效果优于传统平衡训练。

【关键词】 脑外伤; 虚拟现实; 平衡功能; 康复训练

脑外伤的康复治疗作为康复医学领域研究的热门课题之一,近年来已取得了较大进展,但大部分脑外伤恢复期患者仍遗诸如平衡功能障碍和姿势控制障碍等问题,这些问题增加了患者的跌倒风险,限制其生活自理能力。目前,虚拟现实(virtual reality,VR)技术已广泛应用于国内外神经康复的多个领域,并取得积极的疗效^[1-7],但其对脑外伤恢复期患者平衡功能的影响却鲜有研究。因此,本研究旨在观察脑外伤恢复期患者接受基于 VR 技术的平衡训练前后平衡功能和姿势控制能力的变化,并与传统平衡训练进行比较。

对象与方法

一、研究对象及分组

入选标准:①确诊为因脑外伤引起的平衡功能障碍,符合脑外伤诊断标准,并经头颅 CT 或 MRI 证实;②意识清楚,生命体征稳定,无行为异常,能服从指令;③简易精神状态量表(mini-mental state examination,MMSE)评分≥24 分;④BBS 平衡功能评分≥35 分,在监护下能独立站立≥30 s;⑤经改良 Ashworth 量表评定,肌张力≤2 级;⑥既往无脑炎或其他中枢及周围神经系统疾病史;⑦年龄≥18 岁,病情稳定,且病程≥3 个月;⑧患者本人或其直系家属签署知情同意书。

排除标准:①存在下肢骨关节、肌肉等运动系统损伤或疾病;②病情不稳定或有癫痫病发作史;③因脑干、小脑、前庭等

损伤而影响平衡功能;④心、肺、肝、肾等重要脏器功能减退或衰竭;⑤严重的视觉、听觉或认知言语障碍,不能配合。

选取 2015 年 2 月至 2016 年 4 月在江苏省苏北人民医院康复科病房住院且符合上述标准的脑外伤恢复期患者 42 例,采用随机数字表法分为实验组和对照组,每组 21 例患者。2 组患者性别、年龄、身高、体重、病程、受教育程度等一般资料经统计学分析比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$)
		男	女		
实验组	21	17	4	43.10±5.89	135.85±31.24
对照组	21	18	3	42.03±6.47	131.69±32.33

组别	例数	受教育程度(例)		平均身高 (cm, $\bar{x}\pm s$)	平均体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)
		初中以上	初中以下		
实验组	21	15	6	169.36±11.05	68.20±15.85
对照组	21	14	7	166.31±10.88	67.97±16.47

二、治疗方法

所有患者均进行康复科常规药物治疗及常规康复训练,包括运动疗法,每次 40 min,每天 2 次,每周 6 天;作业疗法,每次 40 min,每天 1 次,每周 6 d。此外,对照组接受传统平衡训练,实验组接受基于 VR 技术的平衡训练,每天 30 min,每周 6 d。共训练 8 周。

(一)传统平衡训练

传统平衡训练由同一位专业物理治疗师实施,主要利用平衡垫、平衡板、Bobath 训练球或在平行杠内对患者进行训练,依据支撑面积由大到小,稳定性由高到低,质地由硬到软,平衡控制范围由小到大,由睁眼到闭眼,静态平衡-自动态平衡-他动态

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.06.002

作者单位:210029 南京,南京医科大学康复医学院(金星、许光旭);南京市栖霞区人民医院康复科(许光旭、陈谦);江苏省苏北人民医院康复医学科(金星、孟兆祥、陈波、范章岭、王秀蓉)

通信作者:许光旭,Email: xuguangxu1@126.com

平衡,由在注意下保持平衡到在不注意下保持平衡的原则,循序渐进地训练平衡功能。治疗师可用触觉、言语指导及姿势镜等设备训练患者姿势控制和重心转移能力^[8]。

(二)基于 VR 技术的平衡训练

使用 VR 康复训练系统(Silverfit,荷兰产),接受 3 种 VR 训练游戏,每种游戏各训练 10 min。康复训练系统主要适用于有平衡功能障碍的神经系统疾病、骨关节疾病患者以及老年人,其使用一个时差测距的 3D-摄像机来感应患者的 3D 图像。摄像机发射出红外线并接收患者反射,患者任何身体移动的细节都被软件记录下来。训练项目的等级根据患者的身体状况进行调整,患者实时接收反馈结果以保持患者主动性。具体内容如下。

1.拼图:患者采用站立位,屏幕中会出现一幅完整画作的不同分割部分,患者躯干左右倾斜响应任务选择变化。躯干向一侧倾斜以选择对象(拼图构件)完成任务。随着训练难度的增加,患者需决定要选择的对象(拼图构件),身体倾斜幅度增加,调整身体重心。另外,训练过程中会要求患者左转或右转并在适当的方向弯曲臀部。

2.踩鼯鼠:患者采用站立位,屏幕中会出现一块经常有鼯鼠出没的田地,患者根据电脑画面中任务的需求,前后左右移动身体重心,以不同的方向行进踩在鼯鼠上,随着难度级别的增加,对时间的限制增加。训练时患者的双脚出现在屏幕上。鼯鼠出现时,患者用脚轻踩地板将其赶走。如果患者不能轻踩,患者可以步行追逐鼯鼠以达到目标。

3.菜园采摘:患者采用站立位,画面中会出现一个菜园,其中有各种植物分布以及一把修剪工具,患者小范围走动,以移动屏幕的工具。当工具悬停在蔬菜上时,蔬菜开始闪烁,此时患者下蹲,即可收获蔬菜。此外,可在详细设置中根据患者的具体情况设置患者需下蹲的距离。

在训练的过程中,治疗师应根据患者的具体情况对训练的难度进行调整,从旁保障患者的安全,并可用言语给予患者一定的指导,但原则上尽量让患者自行完成训练。

三、评定方法

2 组患者在训练前(治疗前)、训练 8 周后(治疗后)进行评定,具体评定内容如下。

1.平衡能力评定:Berg 平衡量表(Berg Balance Scale,BBS)包括从坐到站起、无支撑站立、无支撑坐位、转移、闭眼站立、上臂前伸、弯腰拾物、双足交替踏台阶等 14 项与平衡相关的功能性活动,每项评分 0~4 分,0 分代表无法完成动作,4 分代表可正常完成动作,最高分 56 分。得分越高表明平衡功能越好,得分在 40 分以下,提示有跌倒的危险。

2.姿势控制能力评定:采用意大利 TechnoBody 公司生产的

PK254 平衡反馈训练仪,对受试者进行姿势控制能力测试。将 PK254 型系统自带的 4 个静止锁置于平衡板下方,将平衡板固定,使测试系统由动态转变为静态并采用 Prokin 软件里的静态评估模块进行姿势控制能力测试。通过 Prokin 软件下的静止稳定性模块,可直接得到压力中心(center of pressure,COP)的相关参数,包括前后方向摆动幅度标准差、左右方向摆动幅度标准差、前后平均运动速度、左右平均运动速度、运动长度、运动面积等 6 个量化指标,每项指标的测试时间为 30 s。

采用静态站立位标准姿势对患者进行测试,测试方法:①患者脱去鞋袜,双足以 A1-A5 为中心轴左右对称站立;②双足内侧缘分别在平衡板刻度值 5 上,双侧足弓最高点位于 A3-A5 轴上;③双上肢自然垂于身体两侧;④测试时患者挺胸抬头平视前方 1 m 处墙面上的标记点。

四、统计学方法

使用 SPSS 13.0 版统计学软件进行数据统计学分析处理,计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示,均经过正态分布及方差齐性检验,组内比较采用 *t* 检验,组间比较采用方差检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后 BBS 评分比较

训练前,2 组患者的 BBS 评分组间差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗后,2 组患者的 BBS 评分较组内治疗前有显著改善($P<0.01$),且实验组明显优于对照组,而治疗后 2 组患者的 BBS 评分组间比较,差异有统计学意义($P<0.001$)。

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

组别	例数	治疗前	治疗后
对照组	21	39.22±2.86	42.79±2.23 ^a
实验组	21	38.34±2.54	46.57±1.82 ^{bc}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$,^b $P<0.001$;与对照组治疗后比较,^c $P<0.001$

二、姿势控制能力

静态站立位下的 COP 相关参数可代表患者整个身体的静态站立姿势控制能力。训练前,2 组患者的 COP 前后方向和左右方向的摆动幅度标准差、前后方向和左右方向的平均运动速度及 30 s 内 COP 的运动长度和运动面积组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。训练 8 周后,2 组患者的上述各项数据指标均较组内治疗前有所改善,且与组内治疗前比较,实验组差异有统计学意义($P<0.05$),而对照组差异无统计学意义($P>0.05$)。实验组治疗后测得的上述各项数据指标均优于对照组治疗后($P<0.05$)。详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前、后静态双足站立下 COP 相关参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	摆动幅度标准差		平均速度(mm/s)		COP 运动长度(mm)	COP 运动面积(mm ²)
		COP 前后方向	COP 左右方向	COP 前后方向	COP 左右方向		
实验组							
治疗前	21	3.98±1.45	3.44±1.65	7.24±3.31	5.84±3.66	253.61±106.24	216.88±181.75
治疗后	21	2.59±0.86 ^{ab}	2.35±0.88 ^{ab}	5.02±1.03 ^{ab}	3.44±0.62 ^{ab}	176.73±55.38 ^{ab}	109.31±65.77 ^{ab}
对照组							
治疗前	21	4.22±1.38	3.38±1.59	7.18±3.21	5.82±3.71	247.03±110.36	218.02±179.65
治疗后	21	3.45±0.79	2.99±0.96	6.26±1.35	4.57±0.85	222.64±53.33	155.61±59.97

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

讨 论

机体平衡功能的强弱往往与身体的多个系统有关,如认知、小脑功能以及感觉和运动的反馈等^[9]。脑外伤患者临床表现除肌力和肌张力异常、平衡功能障碍及运动控制障碍等外,还常伴有认知功能的损害,主动配合训练的程度不高。传统的平衡功能训练一般是治疗师运用各种手法和器械辅助患者针对某一具体动作的重复练习,脑外伤恢复期患者由于长期接受康复训练,因而认为这些训练既无目的性,又缺乏趣味性^[10],且治疗师工作量大,易疲劳,训练效率也较低。相对而言,基于 VR 技术的平衡功能训练通过不同的游戏项目为患者创造了丰富的场景,能有效地调动患者参与训练的主观能动性,有效解决了脑外伤恢复期患者训练积极性和依从性低的问题。本研究结果显示,实验组和对照组患者的 BBS 评分均较组内训练前有明显提高(实验组 $P<0.001$,对照组 $P<0.01$),且治疗后实验组的 BBS 评分显著优于对照组($P<0.001$),说明基于 VR 技术的平衡训练及传统平衡训练均能有效提高脑外伤恢复期患者的平衡能力,而基于 VR 技术的平衡训练疗效要明显优于传统平衡训练。

另外,VR 技术训练多为任务导向性训练,任务导向性训练一个重要特点在于其为患者设置了具体的任务和目标,在完成任务的过程中,患者不断得到成功和失败的反馈,大脑对获得的信息进行整合和重组,促使运动模式不断调整,从而形成优化的神经网络和运动程序^[11]。而传统的平衡训练让患者进行了各个方向的重心转移,缺乏明确的任务目标,训练是否达到目标主要依靠治疗师的经验,若患者不能较好地配合或者治疗师的经验不足,甚至可能难以达到训练的目的。本研究结果显示,实验组患者静态站立位下的 COP 相关参数均较组内治疗前明显提高($P<0.05$),而对照组则提高不明显($P>0.05$),这说明基于 VR 技术的平衡训练在提高脑外伤恢复期患者姿势控制能力方面优于传统平衡训练。

VR 技术训练能为患者提供实时的视觉反馈,Albiol 等^[12]研究指出,如果康复训练中有特殊的感觉反馈,患者的功能水平将会更好。本研究中,拼图游戏需要患者在站立的情况下通过调整躯干的位置来移动图片到达指定的位置以完成任务,该过程中,患者通过观察屏幕里人体影像的投影,可以获知自身在空间里的定位及运动方向,对身体重心的视觉反馈可以让患者在站立和活动状态下整合躯体感觉和视觉信息^[13],这将更加有益于姿势控制能力的提升。随着训练进程的推进,基于 VR 技术的平衡训练还结合了感觉干扰和多重任务等元素。VR 的训练场景融合了诸如声、光、电等因素,对患者来说是一种干扰,会降低其姿势的稳定性。Yen 等^[14]研究报道,在本体感觉和视觉输入均不可靠的情况下,结合 VR 技术的平衡训练能够显著提高前庭觉信息的中枢组织和整合能力,从而提高患者的姿势稳定性;患者在接受训练的过程中,逐步获得对抗外界干扰的能力,学会选择更可靠的感觉信息参与到自身平衡的控制当中,重建感觉与运动之间的联系,提高姿势控制能力。本研究中,部分训练(如花园采摘)需要患者同时完成维持姿势、采摘鲜花和躲避小动物等多重任务,患者需要将注意力有效地分配到不同的任务当中,在此过程中逐步学会将注意力在不同任务间转换,而非

将注意力全部用于维持姿势稳定,从而为以后的日常生活活动打下坚实基础。

综上所述,基于 VR 技术的康复训练能显著提高脑外伤恢复期患者的平衡功能及姿势控制能力,且其训练效果优于传统平衡训练。本研究作为一个前期研究,尚存在不足之处:①未能就 VR 训练是否能比传统平衡训练更快地提高脑外伤患者的平衡功能进行探讨;②未能对脑外伤后偏瘫、双瘫等不同类型进行更细致的区别比较;③未能进行随访跟踪,无法获知 VR 训练对患者平衡功能的长远影响。这些问题有待于今后进一步深入研究探讨。

参 考 文 献

- [1] Burdea GC. Virtual rehabilitation-benefits and challenges[J]. *Methods Inf Med*, 2003, 42(42): 519-523. DOI: 10.1267/METH03050519.
- [2] Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review[J]. *Cyberpsychol Behav*, 2005, 8(3): 187-219.
- [3] Peñasco-Martín B, de los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, et al. Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation[J]. *Rev Neurol*, 2010, 51(8): 481-488.
- [4] Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2004, 1(1): 10. DOI: 10.1186/1743-0003-1-10.
- [5] 徐丽丽, 吴毅. 虚拟现实技术在脑卒中患者手功能康复中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2007, 29(2): 136-138.
- [6] 李科, 尧德中. 虚拟现实技术在认知康复中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2005, 27(4): 245-247.
- [7] 吴华, 顾旭东, 时美芳, 等. 虚拟现实技术结合运动想象疗法对脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36(1): 43-46. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.01.011.
- [8] 纪树荣. 运动疗法技术学[M]. 北京: 华夏出版社, 2011: 112-123.
- [9] Ng SS. Contribution of subjective balance confidence on functional mobility in subjects with chronic stroke[J]. *Disabil Rehabil*, 2011, 33(23-24): 2291-2298. DOI: 10.3109/09638288.2011.568667.
- [10] Gilgómez J, Lloréns R, Alcañiz M, et al. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2011, 8(1): 354-367. DOI: 10.1186/1743-0003-8-30.
- [11] 郭丽云, 田泽丽, 王潞萍, 等. 任务导向性训练结合肌力训练对脑卒中后遗症期偏瘫患者运动功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28(7): 643-644. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2013.07.011.
- [12] Albiol S, Gil-Gómez JA, Alcañiz M. Influence of tracking feedback in user motor response in rehabilitation therapy[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2011, 154(1): 34-38. DOI: 10.3233/978-1-60750-561-7-34.
- [13] Yavuzer G, Eser F, Karakus D, et al. The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial[J]. *Clin Rehabil*, 2006, 20(11): 960-969.
- [14] Yen CY, Lin KH, Hu MH, et al. Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: a randomized controlled trial[J]. *Phys Ther*, 2011, 91(6): 862-874. DOI: 10.2522/ptj.20100050.

(修回日期: 2016-04-28)

(本文编辑: 汪 玲)