

• 临床研究 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2024.09.029

虚拟现实技术及强制性运动疗法对脑卒中偏瘫患者康复效果的影响

董观记¹, 马慧¹, 李昌欣¹, 梁刚^{2△}

1. 陕西省榆林市第一医院康复医学科, 陕西榆林 718000;

2. 陕西省榆林市星云医院康复医学科, 陕西榆林 719000

摘要:目的 探讨虚拟现实技术及强制性运动疗法对脑卒中偏瘫患者康复效果的影响。方法 选取 2021 年 9 月至 2022 年 9 月于陕西省榆林市第一医院就诊的脑卒中偏瘫患者 80 例作为研究对象, 按照随机数字表法将其分为对照组和观察组, 每组 40 例。对照组采用常规康复训练, 观察组在常规康复训练的基础上加用虚拟现实技术及强制性运动疗法。观察并比较两组患者干预前后关节活动情况(评价指标为肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展与肘关节屈曲活动度)、上肢运动功能[采用简化的上肢运动功能量表(FMA-UE)进行评估]、平衡功能[应用平衡功能评价量表(FMA-B)进行评估]、日常生活活动能力[采用改良 Barthel 指数(MBI)评分进行评估]及生活质量(包括生理功能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、精神健康 5 个维度)。**结果** 干预后, 两组肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展、肘关节屈曲活动度以及 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分和生活质量 5 个维度评分均较干预前升高($P < 0.05$); 干预后观察组肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展、肘关节屈曲活动度以及 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分和生活质量 5 个维度评分均高于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 虚拟现实技术及强制性运动疗法对脑卒中偏瘫患者的康复效果明显, 可提高关节活动度、上肢运动功能、平衡功能、日常生活活动能力和生活质量。

关键词:虚拟现实技术; 强制性运动疗法; 脑卒中偏瘫; 康复效果; 关节活动功能; 上肢运动功能; 生活质量

中图分类号: R743.3

文献标志码: A

文章编号: 1672-9455(2024)09-1321-05

Effect of virtual reality technology and compulsory exercise therapy on the rehabilitation effect of patients with stroke hemiplegiaDONG Guanji¹, MA Hui¹, LI Changxin¹, LIANG Gang^{2△}

1. Department of Rehabilitation Medicine, the First Hospital of Yulin, Yulin, Shaanxi

718000, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, Xingyuan

Hospital of Yulin, Yulin, Shaanxi 719000, China

Abstract: Objective To explore the effects of virtual reality technology and compulsory exercise therapy on the rehabilitation effect of patients with stroke hemiplegia. **Methods** A total of 80 patients with stroke hemiplegia enrolled in the First Hospital of Yulin from September 2021 to September 2022 were selected as study subjects, which were divided into control group and observation group according to the randomized numerical table method, 40 cases in each group. In the control group, conventional rehabilitation training was used, while in the observation group, virtual reality technology and compulsory exercise therapy were added on the basis of conventional rehabilitation training. The ranges of motion (the evaluation indexes including shoulder flexion, shoulder adduction, shoulder abduction and elbow flexion), upper limb motor function [evaluated by simplified upper limb motor function scale (FMA-UE)], balance function [evaluated by balance function evaluation scale (FMA-B)], daily living activities [evaluated by modified Barthel Index (MBI)] and daily living activities [evaluated by modified Barthel Index (MBI)] and quality of life conditions (including five dimensions of physical function, somatic pain, general health, vigor, social function and mental health) in the two groups before and after the intervention were observed and compared. **Results** After the intervention, shoulder ante-flexion, shoulder adduction, shoulder abduction and elbow flexion ranges of motion, as well as FMA-UE, FMA-B, MBI scores and scores of five dimensions of life quality in both groups were higher than those before intervention ($P < 0.05$). The shoulder ante-flexion, shoulder adduction, shoulder abduction and elbow flexion ranges of motion, as well as FMA-UE, FMA-B, MBI scores and scores of five dimensions of life quality in the observation group after intervention were higher than those in the control group, and the differences were sta-

tistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** Virtual reality technology and compulsory exercise therapy are effective in the rehabilitation of patients with stroke hemiplegia, which can improve joint range of motion, upper limb motor function, balance function, daily living activities and quality of life.

Key words: virtual reality technology; compulsory exercise therapy; stroke hemiplegia; rehabilitation effect; joint movement function; upper limb motor function; quality of life

脑卒中偏瘫是一种常见的疾病^[1],患者往往会呈现四肢麻木、肌肉无力、运动协调性差、步态不稳等症状,严重者可以导致某个或多个肢体完全瘫痪^[2]。有些患者还可能会出现失语、认知障碍等症状,该病给患者的生活带来了很大的困扰和挑战^[3]。传统的物理康复治疗虽然有效,但治疗时间较长和康复费用较高^[4]。因此,个性化、系统化和长期化的康复训练是非常必要的,它可以促进神经可塑性的发展,帮助患者恢复肢体功能,提高生活质量和工作能力。虚拟现实技术是一种通过计算机模拟的虚拟环境^[5],可以让用户身临其境地感受到在现实中难以获得的体验。虚拟现实技术包括视觉、听觉、触觉和运动感等多个方面的模拟,通过特定的硬件设备(如头戴式显示器、手柄、定位装置等)提供与真实环境相似的感官刺激。虚拟现实技术已经被广泛应用于游戏、培训、设计等领域,目前正在逐步应用于医疗领域。强制性运动疗法是一种康复训练方法^[6],通常使用特定的设备帮助患者进行肢体活动,例如运动自行车、步态训练器等。这些设备通过机械或电子方式控制运动范围和速度,可以帮助患者进行锻炼并改善肌肉功能。但目前强制性运动疗法与虚拟现实技术联合应用的研究报道还比较少见,其对脑卒中偏瘫患者康复效果的研究更

是罕见。基于此,笔者对 2021 年 9 月至 2022 年 9 月在榆林市第一医院诊治的脑卒中偏瘫患者进行研究,旨在探讨虚拟现实技术及强制性运动疗法对患者康复效果的影响。现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 9 月至 2022 年 9 月于榆林市第一医院就诊的脑卒中偏瘫患者 80 例作为研究对象,纳入标准:(1)经头颅 CT 或 MRI 检查证实,且诊断符合全国第四届脑血管病学术会议修订的《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》^[7]中关于脑卒中的相关标准;(2)患侧上肢肩关节周围肌力 ≥ 2 级或Brunnstrom 分期 \geq Ⅲ期;(3)病程 ≤ 3 个月。排除标准:(1)老年痴呆或简易精神状态量表(MMSE)评分 ≤ 20 分,无法接受训练者;(2)合并严重心脏病患者或者合并其他不适宜进行康复训练的并发症者。患者或其家属自愿参与本研究并签署知情同意书,本研究获得陕西省榆林市第一医院医学伦理委员会批准通过(YZ2021-00822 号)。按照随机数字表法将本研究脑卒中偏瘫患者分为对照组和观察组,每组 40 例。两组性别、年龄、病程及脑卒中类型和偏瘫侧患者比例比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较[n(%)或 $\bar{x} \pm s$]

组别	n	性别		年龄(岁)	病程(d)	脑卒中类型		偏瘫侧	
		男	女			脑梗死	脑出血	左侧	右侧
观察组	40	28(70.0)	12(30.0)	54.40 \pm 9.11	57.30 \pm 11.76	31(77.5)	9(22.5)	23(57.5)	17(42.5)
对照组	40	26(65.0)	14(35.0)	55.03 \pm 9.16	58.15 \pm 12.09	28(70.0)	12(30.0)	25(62.5)	15(37.5)
χ^2/t		0.228		-0.306	-0.319	0.581		0.208	
P		0.633		0.76	0.751	0.446		0.648	

1.2 方法 对照组采用常规康复训练,训练内容主要包括肌力与耐力训练、助行器步行训练等,每次 30 min,每天 1 次,6 d 为 1 个疗程,连续治疗 3 个疗程。

观察组在对照组的基础上应用虚拟现实技术及强制性运动疗法进行康复训练。(1)评估患者的病情和康复需求:通过对患者进行身体评估和认知评估,了解患者的病情和康复需求,并根据评估结果制订个性化的康复方案。(2)设计虚拟现实训练方案:根据患者的康复方案,为其设计虚拟现实训练方案,包括虚拟现实技术的应用及强制性运动疗法的实施等内容。(3)进行虚拟现实训练:根据训练方案,为患者提

供虚拟现实训练,在训练过程中,患者可以通过头戴式显示器中的虚拟现实场景模拟进行肢体运动训练,提高肌肉的活动度和协调性,促进神经再生。(4)进行强制性运动疗法:在虚拟现实训练之后,为患者进行强制性运动疗法,在开始强制性运动疗法之前,需要根据患者的具体情况和康复需求,确定锻炼项目,常见的锻炼项目包括臂部和腿部肌肉的被动性运动训练、平衡能力训练、手指灵活性训练等。在热身之后,可以开始锻炼,具体的虚拟现实训练方法包括平衡训练、步态训练、肌肉力量训练、日常生活活动训练、情景模拟训练。(a)平衡训练。在虚拟环境中,患

者可以站在一个不稳定的平台上,通过调整身体重心来维持平衡。虚拟现实系统可以提供视觉和听觉反馈,帮助患者感知自己的平衡状态,并学会调整身体的姿势和重心。(b)步态训练。患者在虚拟环境中模拟行走。开始时,训练可能从简单的步行开始,然后逐渐增加难度,如上下楼梯、避开障碍物等。通过手持控制器和视觉反馈,患者可以了解自己的步态和行走模式,并改善步态的异常。(c)肌肉力量训练。虚拟现实系统可以模拟不同的阻力和重物,让患者进行肌肉力量训练。例如,患者可以模拟举起、搬运虚拟物体,以增加偏瘫侧肌肉的力量和耐力。(d)日常生活活动训练。利用虚拟现实技术,患者可以模拟完成日常生活中的各种活动,如梳头、洗脸、穿衣服等。这些训练可以帮助患者提高日常生活的自理能力。(e)情景模拟训练。通过虚拟现实技术,患者可以置身于各种真实生活场景中,如街道、室内环境等;这种训练有助于患者适应现实生活中的复杂环境,并提高他们在这些环境中的安全性和自信心;锻炼时间通常为 20~30 min,强度和时间的增加应根据患者的具体情况进行调整;在完成锻炼之后,需要进行冷却运动,包括慢步行、放松伸展等,以缓解肌肉疲劳和酸痛。(5)进行康复评估:在虚拟现实训练和强制性运动疗法过程中,需要进行康复评估,以了解患者的康复进展和疗效。根据评估结果,调整方案。(6)提供护理指导:在康复治疗过程中,护士需要向患者和家属提供一定的护理指导,包括如何进行日常生活自理、如何进行肢体训练、如何使用虚拟现实技术等内容。(7)定期随访:在康复治疗结束后,需要定期进行随访,以了解患者的康复情况和疗效,并及时进行调整和优化。每次 30 min,每天 1 次,6 d 为一个疗程,连续治疗 3 个疗程。

1.3 观察指标 (1)关节活动情况:评价干预前与干

预后患者的关节活动情况,评价指标为肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展与肘关节屈曲活动度。(2)上肢运动功能、平衡功能与日常生活能力:干预前、后,采用简化的上肢运动功能量表(FMFA-UE)^[8]评估上肢运动功能,包括患者前臂、手腕、手运动、协调与反射能力,满分为 66 分,上肢运动功能越好,则评分越高;应用平衡功能评价量表(FMA-B)^[9]评价患者的平衡功能,共包括 7 个调查项目,每个项目为 0~2 分,总分为 14 分,平衡功能越好,则评分越高。采用改良 Barthel 指数(MBI)^[10]评分评价日常生活能力,包括大小便控制、穿衣、修饰、洗澡、进食等,总分为 100 分,日常生活独立能力越好,则评分越高。(3)生活质量:干预前、后,采用 SF-36 健康调查简表(SF-36)^[11]评价患者的生活质量,包括生理功能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、精神健康 5 个维度,总分为 100 分,生活质量越好,则得分越高。

1.4 统计学处理 采用 SPSS22.0 统计软件进行数据分析。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用 *t* 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 干预前后两组患者关节活动情况比较 干预后,两组肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展、肘关节屈曲活动度大于干预前,且观察组干预后肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展、肘关节屈曲活动度均大于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

2.2 干预前后两组患者 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分比较 干预后,两组 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分较干预前升高,且干预后观察组 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3。

表 2 干预前后两组患者关节活动情况比较($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

组别	<i>n</i>	肩关节前屈活动度		肩关节内收活动度		肩关节外展活动度		肘关节屈曲活动度	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	40	35.43±10.85	83.25±19.86*	31.70±9.73	61.24±15.43*	15.47±4.33	27.63±5.17*	16.47±4.82	51.47±9.24*
对照组	40	35.79±10.03	72.66±19.75*	31.58±9.64	53.49±12.63*	15.90±4.64	22.48±5.23*	16.64±4.93	44.59±8.31*
<i>t</i>		-0.154	2.390	0.055	2.460	-0.426	4.424	-0.149	3.497
<i>P</i>		0.878	0.019	0.956	0.016	0.671	<0.005	0.882	0.001

注:与同组干预前比较,* $P < 0.05$ 。

表 3 干预前后两组患者 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	<i>n</i>	FMA-UE 评分		FMA-B 评分		MBI 评分	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	40	18.18±4.57	41.93±8.24*	5.70±1.54	12.25±3.04*	32.50±8.18	70.88±11.67*
对照组	40	17.90±4.43	36.23±7.25*	5.60±1.58	9.30±2.15*	32.58±8.44	61.93±10.47*
<i>t</i>		0.277	3.284	0.287	5.015	-0.040	3.611
<i>P</i>		0.782	0.002	0.775	<0.001	0.968	0.001

注:与同组干预前比较,* $P < 0.05$ 。

2.3 干预前后两组患者生活质量比较 干预前, 两组生理功能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、精神健康评分比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 干预后, 两组生理功能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会

功能、精神健康评分高于干预前, 且干预后观察组生理功能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、精神健康评分高于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 干预前后两组患者 SF-36 各维度得分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	n	生理功能				躯体疼痛			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
观察组	40	54.48±6.66	68.85±5.30	-13.304	<0.05	37.35±4.61	59.28±5.50	-30.375	<0.05
对照组	40	54.60±6.76	61.25±4.63	-7.504	<0.05	37.65±4.55	49.88±5.06	-13.501	<0.05
t		-0.083	6.828			-0.293	7.955		
P		0.934	<0.001			0.770	<0.001		

组别	n	总体健康				活力			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
观察组	40	27.03±6.09	53.23±7.57	-25.787	<0.05	39.28±5.37	65.23±6.24	-22.828	<0.05
对照组	40	26.50±5.21	43.83±7.02	-21.397	<0.05	39.70±5.23	57.78±5.95	-27.942	<0.05
t		0.414	5.754			-0.359	5.466		
P		0.680	<0.001			0.721	<0.001		

组别	n	社会功能				精神健康			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
观察组	40	45.03±5.77	66.00±7.44	-18.152	<0.05	56.43±6.98	70.30±6.53	-15.162	<0.05
对照组	40	45.25±5.54	56.38±6.85	-12.387	<0.05	55.93±6.96	62.30±6.85	-7.382	<0.05
t		-0.178	6.020			-0.321	5.346		
P		0.859	<0.001			0.749	<0.001		

3 讨 论

脑卒中患者之所以会发生偏瘫, 是因为脑卒中会导致大脑中枢神经系统的受损或死亡^[12], 从而影响大脑对身体某侧肌肉和运动神经的控制。通常情况下, 脑卒中中偏瘫是出现在脑卒中发生的那一侧身体上, 称为对侧偏瘫。当脑卒中发生在左半球时, 右侧身体会出现偏瘫^[13-14], 反之亦然。脑卒中偏瘫一般存在关节活动受限的问题, 其原因可能是由于麻痹导致肌肉失去了正常的收缩能力^[15], 不再像正常情况下那样能够把关节活动到最大程度。同时由于关节周围的软组织(如肌腱、韧带、筋膜等)变得紧张和缩短, 这也会使得关节活动程度减少。常规的康复训练难以较好地改善脑卒中患者的关节活动度, 是因为常规康复训练主要侧重于肌肉力量和平衡能力的恢复, 而对于关节柔韧性和关节活动范围的训练相对较少。此外, 因为每例患者受损部位和程度的不一样, 所以需要个性化、综合性的康复方案。本研究对观察组脑卒中偏瘫患者实施虚拟现实技术及强制性运动疗法进行干预, 结果发现, 干预后观察组肩关节前屈、肩关节内收、肩关节外展、肘关节屈曲活动度均大于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。原因可能为虚拟现实技术可以设计各种不同的训练环境, 针对患者不同的损伤

部位和程度进行针对性的康复训练。此外, 虚拟现实技术还可以用来改善患者动作的协调性、平衡感和空间感知力等^[16], 从而有助于患者更好地控制关节活动。同时强制性运动疗法可以帮助患者增加肌肉收缩的频率和强度, 从而增加动力学刺激, 促进肌肉的功能恢复^[17]。这种刺激可以通过电刺激、磁刺激等方式实现。因此虚拟现实技术和强制性运动疗法能够提高脑卒中偏瘫患者的关节活动能力。

FMA-UE、FMA-B 和 MBI 是 3 种评估脑卒中偏瘫患者康复情况的常用工具, 这 3 种评估工具有利于医护人员了解患者的康复情况, 发现康复过程中存在的问题, 以便及时调整治疗方案, 达到理想的康复效果^[18-19]。本研究结果显示, 干预后观察组 FMA-UE、FMA-B、MBI 评分均高于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。提示虚拟现实技术和强制性运动疗法可以提高脑卒中偏瘫患者的 FMA-UE、FMA-B 和 MBI 评分, 主要原因可能为:(1)增强动作反馈。虚拟现实技术和强制性运动疗法可以通过声音、图像等方式对患者进行动作反馈^[20], 使患者更清楚地感知自己的运动情况, 从而调整自己的姿势和动作。(2)提高肌肉控制力和协调性。虚拟现实技术和强制性运动疗法可以通过多次重复练习来促进运动神经元再生

和康复,从而提高肌肉控制力和协调性,加速恢复过程。(3)减轻疼痛和改善情绪。虚拟现实技术和强制性运动疗法可以通过刺激患者视觉、听觉等感官系统来改变患者的注意力和情绪状态,减轻疼痛感和焦虑情绪,从而更好地参与到康复治疗过程中。(4)增强治疗效果:虚拟现实技术和强制性运动疗法可以提高患者参与治疗的积极性和主动性^[21],使治疗效果更显著,从而提升上肢运动功能、平衡能力。

另外本研究还发现,干预后观察组生理功能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、精神健康评分高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。提示虚拟现实技术及强制性运动疗法可以在康复治疗中起到重要的作用,帮助脑卒中偏瘫患者更有效地恢复关节功能,提高生活质量。

综上所述,虚拟现实技术及强制性运动疗法对脑卒中偏瘫患者的康复效果有显著影响,并可提高关节活动情况、上肢运动功能、平衡功能、日常生活活动能力和生活质量。但本研究也存在不足之处,如选择的样本量较为有限等,笔者今后将进一步扩大样本量进行更深入的研究。

参考文献

[1] WANG S J, LEE C K, KANG H G, et al. Author correction: peripheral vasoreactivity in acute ischemic stroke with hemiplegia[J]. *Sci, Rep*, 2021, 11(1):18710.

[2] 黄小雄,陈瑜瑜,唐海源,等.邵阳地区脑卒中流行病学调查及临床干预研究[J].*湖南师范大学学报(医学版)*, 2021, 18(4):33-35.

[3] BYRD E M, JABLONSKI R J, VANCE D E. Understanding anosognosia for hemiplegia after stroke[J]. *Rehabil Nurs*, 2020, 45(1):3-15.

[4] WEN X, LI L, LI X, et al. Therapeutic role of additional mirror therapy on the recovery of upper extremity motor function after stroke: a single-blind, randomized controlled trial[J]. *Neural Plast*, 2022, 2022:8966920.

[5] 刘勇,谭同才,沈一吉,等.局部振动联合虚拟现实技术对脑卒中上肢运动功能的疗效观察[J].*中国康复医学杂志*, 2021, 36(8):1000-1003.

[6] 曲斯伟,朱琳,严莉,等.运动想象联合改良强制性运动疗法对脑卒中患者上肢运动功能的影响[J].*中国康复*, 2022, 37(3):131-135.

[7] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国各类主要脑血管病诊断要点 2019[J].*中华神经科杂志*, 2019, 52(9):710-715.

[8] HUANG C Y, CHIANG W C, YEY Y C, et al. Effects of virtual reality-based motor control training on inflamma-

tion, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. *BMC Neurol*, 2022, 22(1):21.

[9] 陈怡惠,廖燕焱,李中元,等.神经松动术对脑卒中后平衡功能疗效的影响[J].*按摩与康复医学*, 2021, 12(4):29-30.

[10] 王赛华,施加加,孙莹,等.简体版改良 Barthel 指数在脑卒中恢复期中的信度与效度研究[J].*中国康复*, 2020, 35(4):179-182.

[11] 韩小磊,王峰.偏瘫复原汤联合醒脑开窍针刺对卒中后偏瘫患者下肢运动功能及 SF-36 评分的影响[J].*中医药临床杂志*, 2020, 32(5):934-936.

[12] 袁丽,李航真,胥泽华,等.触觉振动反馈训练对脑卒中后偏瘫患者平衡及行走功能的影响[J].*中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44(10):888-893.

[13] TANABE J, AMIMOTO K, SAKAI K, et al. Effects of visual-motor illusions with different visual stimuli on the sit-to-stand of people with hemiplegia following stroke: a randomized crossover controlled trial[J]. *Hum Mov Sci*, 2022, 87:103021.

[14] ZHANG P, ZHANG J. Deep learning analysis based on multi-sensor fusion data for hemiplegia rehabilitation training system for stroke patients[J]. *Robotica*, 2021:1-18.

[15] 朱云红,曲宪双,闫鏐,等.大接经法与常规体针治疗法对脑卒中后肩痛治疗效果、神经功能、肩关节活动度等指标影响对比研究[J].*中华中医药学刊*, 2022, 40(2):202-205.

[16] 刘书轩,邱鹏,聂永琦,等.虚拟现实在脑卒中患者运动功能康复中的应用[J].*计算机工程与应用*, 2021, 57(21):68-79.

[17] 郑志达,刘亚.改良强制性运动疗法联合个体化作业疗法对脑卒中偏瘫患者肢体障碍及认知功能影响[J].*中国医药导报*, 2021, 18(20):74-77.

[18] 唐晓晓,洪永锋,毛晶,等.早期不同康复策略对脑卒中患者偏瘫侧上肢功能恢复的影响[J].*中国康复医学杂志*, 2022, 37(6):779-783.

[19] 陶峰,王传杰,陈本梅,等.低频重复经颅磁刺激联合镜像疗法对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及平衡能力的影响[J].*中国康复医学杂志*, 2022, 37(5):611-615.

[20] 陶峰,朱洁,王传杰,等.改良强制性运动疗法联合低频重复经颅磁刺激对脑卒中患者偏瘫上肢运动功能的影响[J].*中国临床医学*, 2021, 28(4):556-561.

[21] 杜振峰,刘永瑞,杨昀,等.音乐联合运动疗法对脑卒中患者运动功能和情绪的影响[J].*国际精神病学杂志*, 2022, 49(6):1059-1062.