



电子、语音版

· 论著 ·

电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复治疗 脑卒中的疗效

张伶俐, 刘继红, 韩春节, 童燕娜

首都医科大学附属北京潞河医院神经内科, 北京 101149

摘要:目的 探讨电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复对脑卒中患者运动功能及生活质量的影响。方法 选取首都医科大学附属北京潞河医院 2017 年 6 月至 2020 年 9 月收治的 150 例脑卒中患者, 分为观察组(67 例)与对照组(74 例)。对照组实施电脑康复治疗仪治疗, 观察组患者在对照组基础上联合超早期强化运动康复治疗。比较 2 组患者治疗前后简化 Fugl-Meyer 量表评分、改良阿什沃思量表评分、Brunnstrom 分级、生活质量综合评定问卷、凝血功能[凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、凝血酶原活动度(prothrombin activity, PTA)]、血常规及同型半胱氨酸水平。结果 治疗后, 观察组患者简化 Fugl-Meyer 量表评分(75.63±10.84)高于对照组(47.29±8.75)($P<0.05$); 改良阿什沃思量表评分(0.57±0.13)低于对照组(1.82±0.25)($P<0.05$)。治疗 3 个月后, 观察组患者 I 级、II 级患者比例均显著低于对照组($P<0.05$); III 级、IV 级、V 级患者比例均显著高于对照组($P<0.05$)。治疗 3 个月后, 观察组患者生活质量总评分为(73.21±4.98)分, 显著优于对照组的(60.37±5.22)分($P<0.05$)。治疗 3 个月后, 观察组 PTA、白细胞计数、血小板计数、同型半胱氨酸水平均低于对照组(均 $P<0.05$), 而 PT 和血红蛋白水平高于对照组(均 $P<0.05$)。结论 电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复可改善脑卒中患者的运动功能状态, 提升患者的生活质量, 改善患者的凝血功能。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2023, 50(4): 34-39]

关键词:脑卒中; 电脑康复治疗仪; 认知功能; 功能结局; 生活质量

中图分类号: R743.3

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2023.04.006

Efficacy of computer rehabilitation therapeutic apparatus combined with ultra-early intensive exercise rehabilitation in treatment of stroke

ZHANG Lingli, LIU Jihong, HAN Chunjie, TONG Yanna

Department of Neurology, Beijing Luhe Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 101149, China

Corresponding author: LIU Jihong, Email:lhyy_ljh@126.com

Abstract: **Objective** To investigate the effect of computer rehabilitation therapeutic apparatus combined with ultra-early intensive exercise rehabilitation on motor function and quality of life in patients with stroke. **Methods** A total of 150 patients with stroke who were admitted to Beijing Luhe Hospital Affiliated to Capital Medical University, from June 2017 to September 2020 were selected and divided into observation group with 67 patients and control group with 74 patients. The patients in the control group received treatment with a computer rehabilitation therapeutic apparatus, and those in the observation group received ultra-early intensive exercise rehabilitation therapy in addition to the treatment in the control group. The two groups were compared in terms of simplified Fugl-Meyer Assessment (FMA) score, modified Ashworth score, Brunnstrom stage, General Quality of Life Inventory, coagulation function [prothrombin time (PT) and prothrombin time activity (PTA)], routine blood test results, and homocysteine level before and after treatment. **Results** After treatment, compared with the control group, the observation group had a significantly higher simplified FMA score (75.63±

基金项目:北京市通州区科技计划项目(KJ2020CX002-04)。

收稿日期:2022-09-21;修回日期:2023-06-25

作者简介:张伶俐(1983—),女,本科,研究方向:脑血管病。

通信作者:刘继红(1971—),女,本科,研究方向:脑血管病。Email:lhyy_ljh@126.com。

10.84 vs 47.29±8.75, $P<0.05$) and a significantly lower modified Ashworth score (0.57 ± 0.13 vs 1.82 ± 0.25 , $P<0.05$). After 3 months of treatment, compared with the control group, the observation group had a significantly higher proportion of patients with grade I/II disease ($P<0.05$) and a significantly lower proportion of patients with grade III/IV/V disease ($P<0.05$). After 3 months of treatment, the observation group had a significantly better total quality of life score than the control group (73.21 ± 4.98 vs 60.37 ± 5.22 , $P<0.05$). After 3 months of treatment, compared with the control group, the observation group had significantly lower PTA level, white blood cell count, platelet count, and homocysteine level ($P<0.05$) and significantly higher levels of PT and hemoglobin ($P<0.05$). **Conclusions** Computer rehabilitation therapeutic apparatus combined with ultra-early intensive exercise rehabilitation can improve the motor function, quality of life, and coagulation function in patients with stroke.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2023, 50(4): 34–39]

Keywords: stroke; computer rehabilitation therapeutic apparatus; cognitive function; functional outcome; quality of life

脑卒中是指由于脑部血管突然破裂或因血管阻塞导致血液不能流入大脑而引起脑组织损伤的一组疾病,致死率及致残率极高,也是社会医疗费用增加的主要原因之一。既往研究表明^[1-2],脑卒中首次发病的患者有复发的风险。脑卒中患者常伴有不同程度的功能障碍,同时复发会造成各项功能障碍的加重,造成患者生活自理能力低下,长期卧床。长期卧床会影响心肺功能,并增加骨质疏松、肌肉萎缩、下肢深静脉血栓等并发症的风险,进而对患者造成二次伤害^[3]。因此积极寻找提升疗效改善预后的方法至关重要。超早期活动是指在脑卒中发作后 24 h 内进行一定频率的下床活动并持续至出院,由澳大利亚 Bernhard 等在脑卒中早期活动的基础上提出^[4]。本研究采用电脑康复治疗仪,产品应用内源性神经递质调控技术,以经颅电刺激为主、功能电刺激为辅,在激活重点区域神经元群的同时兼顾了对全脑刺激,促进神经组织结构重建,修复病理损伤的神经元,改善患者肌张力,促进其恢复正常功能,还可有效预防肌肉的失用性综合征^[5]。目前国内两者联用的临床研究鲜有,缺少对疗效的关注。因此,本研究选取 150 例脑卒中患者作为研究对象,探讨电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复治疗脑卒中患者运动功能及生活质量的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取我院 2017 年 6 月至 2020 年 9 月收治的 150 例脑卒中患者作为研究对象,其中男 87 例,女 63 例,平均年龄为 (73.6 ± 5.8) 岁。随机分为观察组与对照组:观察组 70 例,剔除 3 例,最终纳入 67 例;对照组 80 例,剔除 6 例,最终纳入 74 例。2 组一般资料的比较差异无统计学意义 ($P>0.05$),具有可比性(表 1)。

纳入标准:①影像学检查及临床诊断为脑卒中^[6];② ≥ 60 岁;③脑卒中后 1~16 周;④能参加神经心理评估及生活质量评估^[7]。

排除标准:①呼吸衰竭或严重充血性心力衰竭;②外

伤性脑损伤;③严重失语、精神错乱或严重精神病合并症;④中枢性睡眠呼吸暂停;⑤有脑卒中史。

本研究为前瞻性病例对照研究。已经我院医学伦理委员会同意(批准号:2020-LHKY054)。所有患者及其家属均签署知情同意书。

1.2 研究方法

2 组患者康复治疗时间为经抢救治疗后脑出血 14 d,脑梗死 7 d。患者生命体征平稳,无意识障碍。对照组在脑卒中常规治疗和常规康复基础上,实施电脑康复治疗仪[批准文号:京药监械(准)字 2010 第 2260197 号,北京宝润佳科技有限公司]治疗。电脑康复治疗仪操作步骤:①连通电源线,将电极板安放在患者患部,电极板与人体之间用干燥的毛巾做垫子。②按照治疗需要,选择“治疗时间”(定时时间),将“输出选择”调整至“预热”。③开启电源,电压 220 V,“预热”2 min。④频率范围 0.15~14 Hz,正弦波形,波形输出幅度 0~60 V 连续可调,脉冲宽度 (0.1 ± 0.05)ms。⑤根据治疗的需要及患者耐受程度,选择不同的电流数值。⑥治疗结束后关断电源,取下电极板。每次治疗 30 min,每日 1 次,连续治疗 3 个月。

观察组在对照组基础上联合超早期强化运动康复。具体步骤:①在患者有意识的运动想象后,主动通过健侧手给予患侧手被动运动的指令,带动患侧手完成想象的动作。②在增强患侧肢体视觉信息输入的同时,协同触觉信息和本体感觉信息的输入,通过多模态信息协同刺激。较传统镜像疗法能数倍提高患者肢体感知,高度还原手功能运动真实场景,更加有效地激活中枢神经,促进脑卒中偏瘫上肢运动功能恢复。③下肢运动同理,并尽早辅助患者下床运动。运动量以患者耐受为主。④采用脑健康家认知功能康复训练和评估软件进行认知功能训练,根据患者评估结果采用不同的训练模块,每日 30 min,连续治疗 3 个月。系统围绕七大认知领域及主要情绪障碍类型,为训练者提供痴呆防治、抗脑萎缩、增强记忆、调节抑郁、舒缓焦虑等五大专业训练方案。

1.3 观察指标

1.3.1 简化Fugl-Meyer量表评分与改良阿什沃思量表评分 Fugl-Meyer量表涵盖了运动、感觉、平衡、关节活动度和疼痛5个领域的内容,包括上肢、下肢能否做出反射活动等,共100分,评分越高则运动功能越好^[8]。改良阿什沃思量表可以分为6个等级。0级:表现为正常的肌张力,计0分;1级:肌张力略微增加,主要是在被动屈伸时,会出现突然卡住的情况,计1分;1+级:肌张力轻微增加,计2分;2级:肌张力比较明显增强,受累部分很容易被移动,计3分;3级:肌张力严重增加,计4分;4级:受累部分出现僵直,不能活动,计5分^[9]。

1.3.2 Brunnstrom分级 Brunnstrom分级有6个分级。1级:无任何随意运动,手、上下肢无任何运动;2级:有联合反应、可共同运动,仅有极少的随意运动;3级:随意出现的共同运动,如手可抓握、不能伸展;4级:可以分离运动,如手能捏、小范围伸展;5级:肌张力逐渐恢复,可看见分离精细运动,手指可同时伸展、但单独伸展差;6级:运动能力接近正常,速度和准确性较正常差^[10]。

1.3.3 生活质量 采用生活质量综合评定问卷^[11]对患者生活质量进行评价,包括躯体、心理、社会、角色4个维度,分数越高则生活质量越高。

1.3.4 血液检测指标 检测2组患者凝血功能[凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、凝血酶原活动度(prothrombin activity, PTA)]、血常规[血红蛋白(hemoglobin, Hb)、白细胞(white blood cell, WBC)、血小板(platelet, PLT)]及同型半胱氨酸(homocysteine, Hcy)^[12]。

1.4 统计学方法

采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用成组 t 检验;计数资料以例数和百分率 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用卡方检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

2组的一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。

2.2 简化Fugl-Meyer量表评分及改良阿什沃思量表评分

治疗前,2组患者的简化Fugl-Meyer量表评分与改良阿什沃思量表评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗3个月后,观察组的Fugl-Meyer量表评分高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);改良阿什沃思量表评分低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表2。

2.3 Brunnstrom分级

治疗前,2组的Brunnstrom分级各级比例的比较差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗3个月后,观察组I级、II级患者比例均低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);

表1 2组患者的一般资料比较

项目	观察组 (n=67)	对照组 (n=74)	t/χ^2 值	P值
年龄/岁; $(\bar{x}\pm s)$	67.9±5.3	69.4±8.5	0.703	0.681
性别 $[n(\%)]$			3.451	0.063
男	35(52.2)	50(67.6)		
女	32(47.8)	24(32.4)		
受教育年限/年; $(\bar{x}\pm s)$	6.2±2.8	6.6±3.1	0.801	0.425
体重指数/(kg/m ²); $(\bar{x}\pm s)$	23.9±3.6	22.1±5.2	1.281	0.866
脑卒中类型 $[n(\%)]$			0.873	0.646
缺血性脑卒中	45(67.2)	54(73.0)		
出血性脑卒中	16(23.9)	16(21.6)		
其他	6(8.9)	4(5.4)		
病变位置 $[n(\%)]$			1.749	0.417
大脑半球	57(85.0)	67(90.5)		
小脑	5(7.5)	2(2.7)		
脑干	5(7.5)	5(6.8)		

表2 2组简化Fugl-Meyer量表评分及改良阿什沃思量表评分比较 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	简化Fugl-Meyer量表评分		改良阿什沃思量表评分	
		治疗前	治疗3个月	治疗前	治疗3个月
观察组	67	20.66±4.31	75.63±10.84	3.25±1.37	0.57±0.13
对照组	74	20.94±4.27	47.29±8.75	3.19±1.41	1.82±0.25
t 值		0.387	17.151	0.256	76.708
P值		0.699	<0.001	0.799	<0.001

III级、IV级、V级患者比例均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表3。

表3 2组患者Brunnstrom分级比较 $[n(\%)]$

组别	例数	I级		II级	
		治疗前	治疗3个月后	治疗前	治疗3个月后
观察组	67	40(59.7)	2(3.0)	19(28.4)	3(4.5)
对照组	74	47(63.5)	22(29.7)	17(23.0)	23(31.1)
χ^2 值		0.216	15.372	0.536	16.547
P值		0.642	<0.001	0.464	0.001

2.4 生活质量

治疗前,两组生活质量评分各维度及总分比较差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗3个月后,观察组患者的生活质量评分各维度及总分均优于对照组($P<0.05$)。见表4。

2.5 凝血功能及血常规

治疗前,2组患者的凝血功能和血常规各项指标比较差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗3个月后,观察组WBC、PLT、Hcy低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);PT、PTA、Hb高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表5。

续表3 2组患者Brunnstrom分级比较 [n(%)]

组别	例数	Ⅲ级		Ⅳ级		Ⅴ级	
		治疗前	治疗3个月	治疗前	治疗3个月	治疗前	治疗3个月
观察组	67	5(7.5)	36(53.7)	2(3.0)	18(26.9)	1(1.5)	8(11.9)
对照组	74	5(6.8)	22(29.7)	3(4.1)	5(6.8)	2(2.7)	2(2.7)
χ^2 值		0.027	8.366	0.117	10.416	0.247	4.554
P值		0.870	0.004	0.732	0.001	0.619	0.033

表4 2组患者治疗前后生活质量 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	健康状态		身体功能	
		治疗前	治疗3个月	治疗前	治疗3个月
观察组	67	11.71±1.42	24.49±2.31	12.92±1.63	23.36±2.29
对照组	74	11.29±1.68	19.22±3.28	12.71±1.67	17.22±2.41
t值		1.595	10.924	0.754	15.468
P值		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

续表4 2组患者治疗前后生活质量 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	社会功能		心理健康		总分	
		治疗前	治疗3个月后	治疗前	治疗3个月后	治疗前	治疗3个月后
观察组	67	11.26±1.55	13.98±2.34	8.15±1.48	19.82±1.36	41.66±4.28	73.21±4.98
对照组	74	11.19±1.61	11.25±2.57	8.24±1.42	13.76±1.41	41.15±4.17	60.37±5.22
t值		0.262	6.571	0.368	25.918	0.716	14.907
P值		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

表5 2组患者治疗前后凝血功能及血常规比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	PT/s		PTA/%		WBC/($\times 10^9/L$)	
		治疗前	治疗3个月后	治疗前	治疗3个月后	治疗前	治疗3个月后
观察组	67	25.53±5.45	23.75±4.52	34.46±5.74	42.74±8.45	7.46±1.68	8.45±2.32
对照组	74	25.76±5.46	20.38±3.54	35.34±5.63	45.73±8.48	7.45±1.85	8.56±2.45
t值		1.755	4.543	1.547	6.735	0.572	7.643
P值		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

续表5 2组患者治疗前后凝血功能及血常规比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	Hb/(g/L)		PLT/($\times 10^9/L$)		Hcy/($\mu\text{mol/L}$)	
		治疗前	治疗3个月	治疗前	治疗3个月	治疗前	治疗3个月
观察组	67	119.58±15.35	138.37±18.58	113.74±43.62	102.48±32.25	31.73±3.43	21.27±2.45
对照组	74	126.45±15.4	126.34±18.38	114.46±43.73	109.52±32.35	30.34±3.52	26.34±2.53
t值		0.105	5.843	0.462	7.964	0.843	5.783
P值		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

3 讨论

有研究发现,脑卒中对运动功能会有不良影响^[13-14]。对脑卒中患者进行康复治疗可改善其运动功能,而脑卒中患者是否获得早期康复治疗可影响其预后。

电脑康复治疗仪以脑生理学、磁生物学、生物物理学和临床脑病治疗学为基础。有研究显示,电脑康复治疗仪可以舒张脑血管、改善血管弹性,增加大脑局部血流量,改善脑血液微循环;启动脑内源性神经保护机制,保

护神经细胞,改善脑细胞的代谢环境,使受损脑细胞代谢加快;稳定脑神经细胞膜电位,抑制去极化波,引导非正常脑电趋向正常^[15-16]。

脑损伤超早期患者的身体功能虽然存在障碍,但运动“流程图”(基于心理神经肌肉理论)仍保存完整或部分保存,即假定在实际活动时所涉及的运动“流程图”,在“运动想象”过程中可被强化和完善,因为想象涉及与实际运动同样的运动“流程图”^[17-18]。因此,在脑卒中偏瘫患者超早期给予综合康复训练,有利于调节神经生化标志物水平,减轻脑神经组织的损害程度,促进神经组织再生和修复,加快偏瘫肢体运动功能恢复,降低并发症发生率,改善了疾病预后,对病人重新回归社会具有重要的意义^[19-20]。

脑卒中早期,肢体因锥体束休克而处于软瘫状态,此时良肢位置的摆放、肢体关节的被动运动等康复治疗措施可以有效地缓解或避免异常运动模式和肢体痉挛的产生或程度^[21-22]。有部分学者认为,脑卒中偏瘫患者进入恢复期后才可以进行康复训练,以避免病情加重。但超早期强化运动康复的介入提高了患者中枢神经系统的可塑性,可以较好地挖掘损伤修复的潜力,通过刺激患侧肢体兴奋脑组织内的尚未坏死的神经细胞,促进末端突出再生^[23-24]。本研究结果显示,康复治疗组 Fugl-Meyer 评分高于对照组,改良阿什沃量表评分低于对照组;治疗3个月后,观察组 I 级、II 级患者比例显著低于对照组,III 级、IV 级、V 级患者比例显著高于对照组。这说明电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复对患者的运动功能具有明显改善作用,其可通过电流形成一个环路,部分电流穿过颅骨作用于大脑皮质,改变神经元的静息电位,调节神经元的兴奋性和相关神经递质的分泌,进而影响相应的感知觉、运动和认知行为。

PT 可反映机体的凝血时间,在血栓性疾病中显著缩短。PTA 水平检测在生理学层面中与脑卒中患者的预后状况存在潜在关联,对预测脑卒中预后状况患者的严重程度均有一定的诊断价值。PLT 可较好地反映机体血小板的生成和衰老情况。Hb 是恢复颅内损伤神经元功能的关键所在,低 Hb 水平可导致脑卒中患者血管远端组织出现缺血性损伤,若机体代偿机制不足的情况下,增加大脑再次损伤的风险,进而影响预后。Hcy 是与记忆功能有关的重要生物学分子。超早期康复管理能有效减少神经元细胞的凋亡速率及神经元组织细胞的破坏,进而减缓人体损伤程度,促进神经元功能的恢复与重新构建,同时利于患肢血液循环、改善运动功能障碍。本研究结果显示,观察组的生活质量调查问卷各维度评分和总分高于对照组;观察组 WBC、PLT、Hcy 低于对照组,PT、PTA、Hb 高于对照组。这说明电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复治疗对患者的生活质量提升程度大于单纯康复

锻炼。

本研究尚存在不足:①本研究同时纳入了缺血性脑卒中和出血性脑卒中患者,但没有对这两类患者进行区分分析;②本研究未涉及超早期康复治疗对认知功能的影响。未来的研究将进一步探讨电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复对认知功能及功能结局关系的神经病理学机制。

综上所述,电脑康复治疗仪联合超早期强化运动康复可改善脑卒中患者的运动功能,提升患者的生活质量,改善患者的凝血功能。

参 考 文 献

- [1] 周小玲,蒋锡丽,吴立业. 磁共振成像液体衰减反转恢复高信号血管征对大脑中动脉急性脑梗死静脉溶栓治疗预后的影响[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2023, 50(1): 46-49.
- [2] MARÁNDOLA MM, JIMÉNEZ - MARTÍN I, RODRÍGUEZ - YÁÑEZ M, et al. [Constraint-induced movement therapy in the rehabilitation of hemineglect after a stroke] [J]. Rev Neurol, 2020, 70(4): 119-126.
- [3] ASTRAKAS LG, LI SS, OTTENSMEYER MP, et al. Peak activation shifts in the sensorimotor cortex of chronic stroke patients following robot-assisted rehabilitation therapy[J]. Open Neuroimag J, 2021, 14: 8-15.
- [4] PIGNOLO L, BASTA G, CAROZZO S, et al. A body-weight-supported visual feedback system for gait recovering in stroke patients: a randomized controlled study[J]. Gait Posture, 2020, 82: 287-293.
- [5] CHENG N, PHUA KS, LAI HS, et al. Brain-computer interface-based soft robotic glove rehabilitation for stroke[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2020, 67(12): 3339-3351.
- [6] SZTURM T, IMRAN Z, POOYANIA S, et al. Evaluation of a game based Tele rehabilitation platform for in-home therapy of hand-arm function post stroke: feasibility study[J]. PM R, 2021, 13(1): 45-54.
- [7] AIL NLM, AMBAR R, WAHAB MHA, et al. Development of a wrist rehabilitation device with android-based game application [J]. J Phys Conf Ser, 2020, 1529(2): 022110.
- [8] 张玉阁,张通. 脑卒中偏瘫患者下肢 Fugl-Meyer 评分与步态参数的相关性研究[C]//中华医学会第十八次全国神经病学学术会议论文汇编(下). 中国四川成都, 2015-09-18, 2015: 344-345.
- [9] LI F, WU Y, LI X. Test-retest reliability and inter-rater reliability of the Modified Tardieu Scale and the Modified Ashworth Scale in hemiplegic patients with stroke[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2014, 50(1): 9-15.
- [10] 欧彩娣,李锦才. Brunnstrom 技术在脑卒中患者肢体综合训练中应用的疗效观察[J]. 中外医学研究, 2020, 18(9): 164-166.
- [11] MEHTA S, SICO JJ. Abstract P34: comparing the burden of telehealth versus in-person speech rehabilitation therapy -

- perspectives from patients and care partners[J]. *Stroke*, 2021, 52 (Suppl_1): AP34.
- [12] NIEMEIJER M, SVÆRKE KW, CHRISTENSEN HK. The effects of computer based cognitive rehabilitation in stroke patients with working memory impairment: a systematic review [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29(12): 105265.
- [13] RANZANI R, LAMBERCY O, METZGER JC, et al. Neurocognitive robot-assisted rehabilitation of hand function: a randomized control trial on motor recovery in subacute stroke[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2020, 17(1): 115.
- [14] WUENNEMANN MJ, MACKENZIE SW, LANE HP, et al. Dose and staffing comparison study of upper limb device - assisted therapy[J]. *NeuroRehabilitation*, 2020, 46(3): 287-297.
- [15] RUSTAMOV N, HUMPHRIES J, CARTER A, et al. Theta - gamma coupling as a cortical biomarker of brain - computer interface - mediated motor recovery in chronic stroke[J]. *Brain Commun*, 2022, 4(3): fcac136.
- [16] HARRISON M, PALMER R, COOPER C. Factors associated with adherence to self-managed aphasia therapy practice on a computer - a mixed methods study alongside a randomized controlled trial[J]. *Front Neurol*, 2020, 11: 582328.
- [17] PIZZOLATO C, GUNDUZ MA, PALIPANA D, et al. Non - invasive approaches to functional recovery after spinal cord injury: therapeutic targets and multimodal device interventions [J]. *Exp Neurol*, 2021, 339: 113612.
- [18] PIOVESAN D, KUMAR SHANMUGAM S, ARUMUGAM Y, et al. Improving healthcare access: a preliminary design of a low - cost arm rehabilitation device[J]. *J Med Device*, 2020, 14(1): 011103.
- [19] GANDHI DBC, STERBA A, KATE MP, et al. Computer game-based rehabilitation for poststroke upper limb deficits - systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Physiother*, 2020, 7 (1): 47-53.
- [20] OZEN S, SENLIKCI HB, GUZEL S, et al. Computer game assisted task specific exercises in the treatment of motor and cognitive function and quality of life in stroke: a randomized control study[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30(9): 105991.
- [21] GANDHI DB, PANDIAN JD, SZTURM T, et al. A computer-game-based rehabilitation platform for individuals with fine and gross motor upper extremity deficits post-stroke (CARE FOR U) - protocol for a randomized controlled trial[J]. *Eur Stroke J*, 2021, 6(3): 291-301.
- [22] LEE E. The effect of transcranial direct current stimulation on smartphone addiction and stress: a randomized controlled study [J]. *Phys Ther Rehabil Sci*, 2021, 10(1): 76-81.
- [23] JUNG SH, KIM SK, LEE JH, et al. Reliability and validity of pelvic mobility measurement using a cushion sensor in healthy adults[J]. *Phys Ther Rehabil Sci*, 2020, 9(2): 74-81.
- [24] DAWSON J, ENGINEER ND, PRUDENTE CN, et al. Vagus nerve stimulation paired with upper - limb rehabilitation after stroke: one-year follow-up[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2020, 34(7): 609-615.

责任编辑:龚学民