

上下肢联动训练对脑卒中患者运动功能的效应*

卞敏洁¹ 毛玉蓉¹ 肖 湘¹ 修 敏¹ 吴立姝¹ 徐建晴¹ 杨书情¹ 王月嫣¹ 唐 雁¹ 黄东锋^{1,2}

摘要

目的:探讨上下肢联动训练对脑卒中偏瘫患者运动功能的效应。

方法:选取中山大学附属第七医院和深圳市罗湖区人民医院脑卒中偏瘫患者120例,参照随机数字表法将入组患者分为对照组和试验组,每组60例。对照组采用常规康复训练,试验组采用常规康复训练及上下肢联动训练。比较试验前后、3个月随访的组间Fugl-Meyer评分(Fugl-Meyer assessment, FMA)、Berg评分(Berg balance scale, BBS)、上肢动作研究量表(action research arm test, ARAT),以及改良Barthel指数评估(modified Barthel index, MBI)变化。

结果:试验组干预后和随访3个月FMA下肢、FMA总分、ARAT、BBS、MBI与干预前相比显著提高($P<0.05$);试验组与对照组之间的干预后与随访3个月的FMA下肢、FMA总分和ARAT均有显著差异($P<0.05$)。

结论:相较于常规康复治疗方法,上下肢联动训练改善脑卒中患者的运动功能更明显,并拥有一定的延续效果,特别是改善上肢的功能。

关键词 上下肢联动训练;脑卒中;运动功能;日常生活活动能力

中图分类号:R743.3,R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2026)-06-0907-06

The effectiveness of extremity-linkage training on motor and balance function in patients with stroke/BI-AN Minjie, MAO Yurong, XIAO Xiang, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2026, 41 (6): 907—912

Abstract

Objective: To investigate the effectiveness of extremity-linkage training on motor function and balance function of poststroke patients with hemiplegia.

Method: Total 120 patients with stroke hemiplegia from The Seventh Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University and Luohu People's Hospital of Shenzhen were divided into control group and experimental group by random number table method, with 60 cases in each group. The control group received conventional rehabilitation training, and the experimental group received conventional rehabilitation training and extremity-linkage training. The total training time of the two groups was the same. The changes of Fugl-Meyer assessment (FMA), Berg balance scale (BBS), action research arm test (ARAT) and modified Barthel index (MBI) were compared before and after treatment and at 3 months' follow-up.

Result: Lower extremity and total score of FMA, ARAT and BBS of the experimental group were significantly increased after intervention and at 3 months' follow-up compared with before intervention ($P<0.05$). There were significant differences in lower extremity and total score of FMA and ARAT between the experimental group and the control group after intervention and at 3 months' follow-up ($P<0.05$).

Conclusion: Compared with conventional rehabilitation therapy, extremity-linkage training can improve the motor function of stroke patients more obviously, and has a certain continuation effect, especially to improve the

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2026.06.009

*基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFC2004300,2020YFC2004304);中山大学5010计划项目(2014001)

1 中山大学附属第七医院康复医学科,广东省深圳市,518107; 2 通讯作者

第一作者简介:卞敏洁,女,中级治疗师;收稿日期:2023-08-16

function of the upper limb, which has important guiding value in clinical practice and can be used as a supplement to the conventional rehabilitation therapy.

Author's address Department of Rehabilitation, the Seventh Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Shenzhen, Guangdong, 518107

Key word extremity-linkage training; stroke; motor function; activity of daily living

据世界卫生组织统计,脑卒中已成为世界范围内人类死亡和残疾的主要原因之一^[1]。现如今脑卒中的全球每年发病率约为1220万例,造成了一个重大的健康问题^[2]。在中国,过去30年中脑卒中的发病率几乎翻了一番,给中国社会带来了巨大的负担^[3]。约88%的脑卒中后出院患者仍存在运动功能障碍,主要表现为肌力不足、肌张力异常、体位反射异常,躯体运动的稳定性、准确性和协调性障碍^[4]。特别是站立行走能力障碍造成了移动能力有限,而上肢的运动功能障碍影响了日常功能活动,引起脑卒中幸存者在身体和心理上的问题,并最终影响了他们的生存质量^[5]。因此,运动功能的恢复是卒中康复的主要目标。

近年来,上下肢联动训练用于康复治疗越来越普遍,此技术主要通过设备联动装置,使上下肢的健侧与患侧共同参与训练。运动模式上下肢分离是卒中后患者常见的障碍,有试验证实,通过训练可以改善上下肢运动的协调能力,从而改善脑卒中患者的平衡及运动功能^[6]。近期,也有脑氧饱和度检测设备应用于上下肢联动训练中,研究发现在训练中,脑卒中患者对侧运动区和同侧运动区均有激活^[7]。上肢功能恢复也可能受益于肢体间的协调训练,因为大多数日常活动需要双手协调使用来完成任务^[8]。然而现有的研究尚缺乏随访观察,上下肢联动训练对脑卒中患者的长期效果仍不清晰,因此本研究旨在探讨上下肢联动训练对脑卒中患者运动功能的短期和3个月的效果,与常规康复治疗效果进行对比,为长期效果的研究提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

通过临床文献样本量估算,选择2021年2月—2023年8月在中山大学附属第七医院和深圳市罗湖区人民医院进行治疗的脑卒中患者120例为研究对象,脑卒中诊断符合1995年中华医学会第四次脑血

管病学术会议修订的诊断标准^[9]。本研究遵循的程序符合中山大学附属第七医院和深圳市罗湖区人民医院伦理委员会制定的伦理学标准,在得到伦理委员会批准后,完成多中心的临床研究注册。参与试验观察的医生及治疗师均完成标准化操作培训并通过考核。入组患者由医生筛选后,征得患者及其家属的入组知情同意,在签署知情同意书后,采用统一的随机数字表法随机将患者分为治疗组60例和对照组60例。

两组患者一般临床资料比较,组间差异较小,无显著性意义($P>0.05$)。见表1。

表1 两组患者一般临床资料

组别	例数	性别(例)		偏瘫侧(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	病程 ($\bar{x}\pm s$,d)
		男	女	左	右		
对照组	60	47	13	31	29	60.18 $\pm$ 10.99	39.07 $\pm$ 30.46
试验组	60	46	14	29	31	59.73 $\pm$ 11.04	36.72 $\pm$ 46.50

纳入标准:经CT或MRI检查诊断为脑梗死或脑出血,病情稳定,年龄:40—80岁;GCS昏迷量表评分 ≥ 8 ;改良Ashworth评分 ≤ 2 分;能维持坐位 ≥ 2 min。

排除标准:充血性心力衰竭;近期骨折需固定限制活动的患者;恶性进行性高血压;下肢深静脉血栓;活动性肝病;严重肝肾功能不全;呼吸功能衰竭;既往有精神疾病史或服用抗精神病药物病史;入组前已开始本试验方案系统干预1周以上者。

样本量计算:利用G*Power软件(版本3.1,德国),根据两独立样本 t 检验的运算方式,参考FMA的结局指标变化,考虑 $\alpha=0.05$, $\beta=0.2$,效应量 $d=0.46$,提示为120个受试者的估计总样本量。

1.2 康复训练方案

本研究对照组采用常规的康复训练,包括个性化肢体的主被动训练、活动受限关节的活动度训练、躯体平衡功能训练、手功能训练、日常生活活动能力训练、神经肌肉电刺激等,1次/d,每次120min,5次/周,共治疗3周。试验组采用常规康复训练以及上

下肢联动训练,治疗总时长与对照组一致,上下肢联动训练:训练采用上下肢主被动运动评估训练仪(SL4-3M,广州一康)。训练开始前,调整座位位置、把手高度,使患者能抓握训练手柄或扶手,患者肩部自然下垂,准备开始时肘关节尽量保持 90° ,以达到最佳运动效果;下肢固定时,膝关节屈曲 70° — 85° ,可以使腿部募集最多运动单位,训练体位更舒适。向患者解释说明训练的目的、操作方法,并对患者患侧肢体进行保护,穿戴相应的前臂套件、前臂绑带、踏板绑带及小腿绑带,以保证训练过程中安全,同时嘱托照护者在旁监护患者训练。并根据患者个体情况预先选择被动、主动或抗阻模式,调整运动速度或阻力大小。训练过程中,患者尽可能保持躯干直立,患侧腿在矢状面运动。运动过程中,当使用上肢训练器时下肢训练器也会同时训练,或使用下肢训练器时上肢训练器也会同时训练。由健侧与患侧上下肢共同做画圈运动,当上、下肢达到能推动扶手或脚踏时,设备系统可识别为患者进行主动或抗阻训练;如未能推动扶手或脚踏,则系统调整为被动训练。治疗过程中监测患者的心率,心率不超过 $(220 - \text{年龄})$ 的 $70\%^{[10]}$;同时监测患者的主观疲劳程度,若有不适则降低运动强度。每次训练20min,每天1次,每周5天,共训练3周。

1.3 评估指标

患者入组时由1名医生进行筛选评估,并联系特定的治疗师进行干预。干预前后及3个月后随访的评估由另外的治疗师完成,且该治疗师对患者的分组不知情,不参与试验设计及康复治疗。

评估分为:①运动功能:采用简化Fugl-Meyer运动功能评价量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)

和上肢动作研究量表(action research arm test, ARAT)评估;②平衡功能:采用Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)评估;③日常生活活动能力:采用改良Barthel指数评估(modified Barthel index, MBI)。

1.4 统计学分析

采用SPSS 26.0统计软件处理,对照组与试验组性别比、卒中类型以及偏瘫侧别比较采用 χ^2 检验,年龄、病程,以及试验前后的评分采用均数 $\pm$ 标准差表示。组间差异用独立样本 t 检验。试验组与对照组训练前、后FMA、ARAT、BBS、MBI比较,若训练前两组患者基础值无差异,采用单因素ANOVA检验;若基础值有差异,则以此作为协变量进行分析。本研究中 $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 上下肢联动训练对脑卒中患者FMA运动功能的影响

试验组干预后和随访3个月FMA下肢和FMA总分与干预前相比显著提高($P<0.05$);试验组与对照组之间的干预后与随访3个月的FMA下肢、FMA总分均有显著差异($P<0.05$)。基线数据无显著性差异($P>0.05$)。见表2。

2.2 上下肢联动训练对脑卒中患者上肢ARAT、BBS和MBI评分的影响

试验组训练后、随访3个月ARAT、BBS、MBI与干预前相比显著提高($P<0.05$);试验组与对照组之间的干预后和随访3个月的ARAT有显著差异($P<0.05$)。基线数据无显著性差异($P>0.05$)。见表3。

表2 两组患者FMA运动功能的干预前、干预后及3个月随访的比较

($\bar{x}\pm s$,分)

组别	干预前			干预后			随访3个月		
	FMA上肢	FMA下肢	FMA总分	FMA上肢	FMA下肢	FMA总分	FMA上肢	FMA下肢	FMA总分
对照组	19.52 $\pm$ 19.88	19.35 $\pm$ 7.36	45.90 $\pm$ 24.93	29.52 $\pm$ 19.11	20.72 $\pm$ 6.90	47.48 $\pm$ 23.02	33.68 $\pm$ 20.50	22.18 $\pm$ 6.79	51.73 $\pm$ 23.63
试验组	30.83 $\pm$ 18.82	21.88 $\pm$ 6.74 ^②	52.72 $\pm$ 23.78 ^②	35.73 $\pm$ 19.88	24.53 $\pm$ 6.92 ^{①②}	63.95 $\pm$ 25.21 ^{①②}	38.67 $\pm$ 20.05	26.62 $\pm$ 6.55 ^{①②}	70.35 $\pm$ 25.64 ^{①②}

注:①与对照组比较有显著性差异($P<0.05$);②干预前、干预后、随访3个月之间比较有显著性差异($P<0.05$)。

表3 两组患者ARAT、BBS和MBI的干预前、干预后及3个月随访的比较

($\bar{x}\pm s$,分)

组别	干预前			干预后			随访3个月		
	ARAT	BBS	MBI	ARAT	BBS	MBI	ARAT	BBS	MBI
对照组	12.82 $\pm$ 20.19	26.88 $\pm$ 17.66 ^②	56.26 $\pm$ 27.32 ^②	17.53 $\pm$ 21.33	30.93 $\pm$ 18.26 ^②	65.25 $\pm$ 26.03 ^②	20.55 $\pm$ 21.70	35.68 $\pm$ 17.74 ^②	73.58 $\pm$ 25.35 ^②
试验组	15.38 $\pm$ 18.16 ^②	26.27 $\pm$ 15.65 ^②	56.25 $\pm$ 23.89 ^②	22.75 $\pm$ 22.12 ^{①②}	33.00 $\pm$ 15.96 ^②	66.75 $\pm$ 25.17 ^②	27.18 $\pm$ 22.26 ^{①②}	37.60 $\pm$ 15.31 ^②	73.17 $\pm$ 23.88 ^②

注:①与对照组比较有显著性差异($P<0.05$);②干预前、干预后、随访3个月之间比较有显著性差异($P<0.05$)。

3 讨论

脑卒中后遗留肢体运动功能障碍是临床上的常见问题,如何有效地改善患者的功能活动是康复治疗的重点。本研究的治疗过程中无不良事件及肢体继发损伤。

本研究结果显示,试验组患者训练3周以及随访3个月后,FMA下肢、FMA总分、ARAT、BBS和MBI的评分较训练前均显著提高($P<0.05$),这说明上下肢联动训练对患者的运动功能、平衡功能和日常生活活动能力均有改善。本研究有关及时效应的研究结果与此前其他研究相符。李岩等^[6]研究表明,上下肢联动训练相较于常规康复训练,通过改善脑卒中后偏瘫患者的运动功能和平衡功能,在促进功能恢复方面更具优势。总体来说,原因可能为上下肢联动训练模拟步行状态,在训练过程中躯干、骨盆、上下肢为一个整体共同运动。训练时,健侧肢体带动患侧肢体,交替运动可以提高协调功能,从而提高肌力,降低患侧肌张力,因此上下肢联动训练改善运动功能、躯干控制能力,从而提高躯体的平衡能力^[5]。而且本研究在此前研究的基础上,进一步证实,上下肢联动训练对运动功能的改善效应可以保留一定时长,在3个月的随访时患者的相关功能仍有进展。

在运动方面,本研究发现了上下肢联动训练对上肢的改善作用,且相较于对照组,试验组的改善效果更显著,而这一点在之前的研究中体现较少。大多数已发表的文献研究了单肢康复方案的效率,且上肢功能恢复的总体结果仍不令人满意,这一事实证明,很大比例的脑卒中患者在脑卒中发生数年后仍存在上肢功能缺陷。一项初步研究比较了单肢训练和双臂机器人设备的益处,结果显示双臂训练更有利^[11]。早期文献表明,双手任务表现相关的激活模式,与手指对立等单手任务并不相似。而且最近又提出理论,即单手运动任务涉及双半球激活模式,类似于双手运动中典型观察到的双侧神经激活^[12]。因此,从理论上讲,脑卒中患者可能从双手训练任务中比单手训练任务获益更多。而上肢的运动功能在日常生活活动中起了极大的作用,可以初步解释本研究结果中的试验组MBI有改善的原因。

另外,上下肢联动训练可个性化进行训练量及

训练形式的安排,早期或运动能力较差的患者仍可以进行训练。训练可依照患者具体情况进行:对于肌力较弱的患者,如果患侧无法完成相应的动作,可以使用健侧肢体带动患侧肢体运动;待患侧肢体肌力增加后,则可以设定患侧肢体带动健侧肢体运动;而且在运动期间,可以牵拉患侧运动的关节附近韧带以改善升高的肌张力,进而提高患者上下肢的运动功能。其次,患者在上下肢联动训练时采取坐姿体位,下肢可以不完全负重,有效减轻下肢的痉挛,配合联动运动,可以促进肌肉的收缩运动。有研究表明,训练时患侧屈膝动作时同时做踝背屈动作,有利于诱发胫前肌的自主收缩,增强胫前肌力量,并由此缓解足下垂的症状^[13]。同时,因为上下肢联动训练时,患侧的髋关节、膝关节及踝关节都能得到运动训练,针对关节受限的部位可以增加其关节活动度;因此对膝过伸、足下垂等卒中后常见肢体活动受限功能障碍有一定矫正作用^[14]。除此之外,在训练时,患者的患侧需要控制膝关节的方向,因此通过训练可以增强患侧膝关节稳定性和控制能力,对改善患者下肢运动功能具有重要作用^[15]。除了基础的关节活动度和运动控制的改善,上下肢联动训练还可以提高协调和大脑的激活。通过健侧与患侧双侧交替运动,提高各肌群的协调能力;脑卒中后患者的上肢和下肢功能恢复之间具有正相关的关系,卒中康复应同时考虑下肢和上肢的运动,上下肢联动训练同时训练了上肢及下肢^[16]。也有研究证实,在静息状态下,同侧前额叶皮质和双侧运动皮质之间建立代偿连接,以维持身体的平衡和稳定;在未受影响的上肢的多关节联动运动中,对侧运动皮质补偿了同侧的部分功能;在患肢多关节联动运动中,对侧前额叶皮质与同侧运动皮质之间的功能性连接增强提示代偿机制的建立^[17]。上下肢联动训练同时运动到了多个关节、患侧与健侧同时运动,与本研究结果提示的上下肢联动训练对运动功能改善的作用相符。

在感觉方面,脑卒中后偏瘫患者因为感觉运动神经损伤,从而躯干及下肢肌力下降,导致运动功能、躯干控制、平衡协调能力下降。有研究证实,脑卒中患者双侧康复训练运动功能改善的效果相较于单纯偏瘫侧肢体训练效果更好,这也可能与上下肢联动训练时手部、足底皮肤触、压觉刺激和多关节的

本体感觉输入,外周的感觉信息传入有关^[7]。通过多方面的感觉刺激,脑卒中偏瘫患者下肢肌肉减少痉挛,同时具有减少肌肉萎缩,改善下肢肌力,改善关节活动度的作用。另外,从本体感觉的角度来说,在肢体与躯干处于不同的体位时,不同的本体感觉传递到中枢神经系统,激活大脑皮质的特异性反应,在不断调整姿势中诱发大脑可塑性,促进大脑功能重组,从而恢复或者重建代偿丧失功能^[18]。上下肢联动训练抑制异常模式,从而在躯干对线方面有改善^[19]。同时,上下肢联动训练可以促进感觉输入,特别是前庭的感觉信息。前庭是参与身体平衡比较重要的部分,提供身体位置的关键信息,刺激大脑,增加大脑信息反馈。基于这套理论,有相关研究提示,相比常规康复干预,前庭训练在改善患者的平衡能力方面效率更高^[20]。

本研究结果提示,上下肢联动训练对平衡功能也有改善作用,原因可能如下:一方面,上下肢联动训练改善躯干的运动能力。训练时上身会被上下肢的运动带动,从而躯干左右摇摆,增加躯干旋转和头部旋转,由此提高躯干控制能力。躯干连接四肢,躯干肌的作用非常重要,是四肢活动的基础,是人体运动时的核心,在维持体平衡能力时主动稳定,因此训练躯干肌有助于改善平衡功能^[21]。另一方面,平衡功能和感觉之间相关,本体感觉、前庭觉等感觉的提高对改善平衡功能也有重要意义^[22]。上下肢联动训练使患者上肢屈伸,下肢蹬踏,模拟步行姿态,同时改善下肢关节活动度,在步态周期中提高患侧下肢摆动相的稳定性,增加支撑相的控制能力,从而可以改善卒中后偏瘫患者的平衡功能、纠正异常步态^[23]。

上下肢联动训练相较于常规康复训练,显示界面可将运动的频率、速度实时反馈给患者,以便使患者自主调整运动,加上训练时游戏等交互的设置,提高患者的主动参与程度,提高训练的积极性。作为一种特定任务训练疗法,上下肢联动训练促进大脑的可塑性。虽然常规的康复治疗也针对四肢进行运动训练,可以改善运动功能情况,但是和上下肢联动训练相比,患者的积极性和治疗师的人力成本具有差异。考虑到现有常规治疗方式对治疗师人力成本的要求,上下肢联动训练可以作为临床实践中可替代治疗师一对一训练的方式之一。

试验结果表明,试验组的运动功能和平衡功能提高虽然改善的程度不优于对照组,但是在干预后改善,而且改善的部分主要是下肢功能,可能原因:①干预时间较短;②患者进行上下肢联动训练的时间较短。参考部分研究应用30min/d^[13,23]—50min/d^[7],本研究及其他研究的时长为20min/d,相对而言较短^[24]。本研究的对照组训练时长为120min,上下肢联动的训练时长占比仅为1/6,因此,今后研究中需要增加下肢联动的训练时长以验证有效性。

本研究区别于以往研究,同时着重于3个月的随访结果。经过随访结果的分析,肢体运动功能、平衡功能的结果和干预前后均有显著差异,由此提示上下肢联动训练对肢体运动功能、平衡功能、日常生活活动能力的改善作用具有延续性。有研究表明在上下肢联动训练中,脑卒中患者可以获得大脑损伤功能补偿^[17]。在上肢及下肢的运动中,可维持长达1年的功能增益^[25]。结合本研究结果推测,上下肢联动训练对于脑卒中患者的中枢存在功能损伤部位的刺激并尝试补偿相应功能;由于运动训练对大脑的可塑性^[26],本研究的训练可能具有对大脑功能重建的持续效应,而不是一过性效果。本研究也同时用了2个临床试验中心收集相关数据,分别位于市中心区域和郊区,从而解决单个医院患者特点局限的问题。本研究还有不足之处,研究运动功能以量表为主,无法进一步对中枢和外周肌肉的改变进行定量分析。后期将使用氧饱和度等客观指标观察研究上下肢联动训练对患者脑部以及患侧肌肉激活代谢等影响。

参考文献

- [1] Lindsay MP, Norrving B, Sacco RL, et al. World stroke organization (WSO): global stroke fact sheet 2019[J]. Int J Stroke, 2019,14:806—817.
- [2] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990—2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. Lancet Neurol, 2021,20(10):795—820.
- [3] 《中国脑卒中防治报告2020》编写组.《中国脑卒中防治报告2020》概要[J]. 中国脑血管病杂志,2022,19(2):136—144.
- [4] Cassidy JM, Wodeyar A, Srinivasan R, et al. Coherent neural oscillations inform early stroke motor recovery[J]. Hum Brain Mapp, 2021,42:5636—5647.

- [5] Selves C, Stoquart G, Lejeune T. Gait rehabilitation after stroke: review of the evidence of predictors, clinical outcomes and timing for interventions[J]. Acta Neurologica Belgica, 2020, 120(4):783—790.
- [6] 李岩,傅建明,李辉,等.四肢联动训练对脑卒中患者平衡及运动功能的影响[J].中国康复医学杂志,2019,34(1):78—80.
- [7] Huo C, Xu G, Li Z, et al. Limb linkage rehabilitation training-related changes in cortical activation and effective connectivity after stroke: A functional near-infrared spectroscopy study[J]. Sci Rep, 2019,9(1):6226.
- [8] Arya KN, Pandian S, Sharma A, et al. Interlimb coupling in poststroke rehabilitation: a pilot randomized controlled trial[J]. Top Stroke Rehabil, 2020, 27: 272—289.
- [9] 全国第四届脑血管病学术会议标准(1995)[J].中华神经科杂志, 1996, 29(6): 376—381.
- [10] 武晟竹.不同强度功率自行车训练对脑卒中患者心肺功能的影响[D].天津体育学院,2023.
- [11] Yeganeh Doost M, Herman B, Denis A, et al. Bimanual motor skill learning and robotic assistance for chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled trial[J]. Neural Regen Res, 2021, 16:1566—1573.
- [12] Chettouf S, Rueda-Delgado LM, de Vries R, et al. Are unimanual movements bilateral?[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2020,113: 39—50.
- [13] 高崇,章礼勤,刘淑晨,等.四肢联动训练增进脑卒中偏瘫患者下肢肌肉激活及协调性[J].中国运动医学杂志,2020,39(5): 363—367.
- [14] 毛利军,陈世宏,冯炜珍,等.四肢联动配合康复训练治疗脑卒中膝过伸临床观察[J].浙江中西医结合杂志,2016,26(1): 52—54.
- [15] Noh HJ, Lee SH, Bang DH. Three-dimensional balance training using visual feedback on balance and walking ability in subacute stroke patients: a single-blinded randomized controlled pilot trial[J]. Stroke Cerebrovasc Dis, 2019, 28(4):994—1000.
- [16] Arya KN, Pandian S, Kumar D. Does an association exist between the hierarchical motor components of upper and lower limbs in stroke?[J]. Bodyw Mov Ther, 2016,20(3):504—511.
- [17] Chu Q, Guo X, Zhang T, et al. Stroke-related alterations in the brain's functional connectivity response associated with upper limb multi-joint linkage movement[J]. Brain Sci, 2023,13(2):338.
- [18] 荣积峰,吴毅,路微波,等.四肢联动对脑卒中偏瘫患者平衡功能和步行能力的影响[J].中国康复医学杂志,2015,30(10): 1063—1065.
- [19] 章金蓉,包凤岐,费惠慧,等.心肺运动试验指导下四肢联动训练治疗脑卒中后非特异性腰痛的效果研究[J].实用心脑血管病杂志,2022,30(1):117—123.
- [20] 关晨霞,郭钢花,郭小伟,等.脑卒中偏瘫患者在坐位躯干旋转时躯干肌群表面肌电信号特征研究[J].中国康复,2017,32(3): 192—195.
- [21] 段好阳,刘福迁,闫兆红,等.四肢联动功能训练对脑卒中患者躯干控制能力及平衡功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2015,37(10):747—749.
- [22] 梁顺利,吴忱,张荣博,等.虚拟现实训练对有平衡障碍的小脑梗死患者平衡和步态的影响[J].中国康复医学杂志,2020,35(6):700—704.
- [23] 段云欣,杨傲然,王寒明,等.镜像疗法联合四肢联动训练治疗脑卒中后偏瘫的临床疗效及其对患者下肢功能、日常生活活动能力的影响研究[J].实用心脑血管病杂志,2021,29(10): 91—95.
- [24] 原娟,赵素霞,侯利.四肢联动联合虚拟现实技术在中风恢复期患者中的应用观察[J].实用中西医结合临床,2021,21(6): 45—46.
- [25] Kwakkel G, Kollen BJ, Wagenaar RC. Long term effects of intensity of upper and lower limb training after stroke: a randomised trial[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2002, 724:473—479.
- [26] Dimyan MA, Cohen LG. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke[J]. Nature Reviews Neurology, 2011,7:76—85.