

基于游戏的整合性神经肌肉训练联合常规康复治疗对痉挛性偏瘫儿童的影响

卢文清^{1,2}, 武志华¹, 高婧慧¹, 刘文近¹, 黄艳^{1*}

1 山东大学附属儿童医院, 山东 济南 250022;

2 烟台黄金职业学院, 山东 烟台 265401

* 通信作者: 黄艳, E-mail: jnhuangyan@163.com

收稿日期: 2024-10-15; 接受日期: 2025-01-26

基金项目: 济南市卫生健康委员会科技计划项目(2023-2-133); 山东省儿童健康与疾病临床医学研究中心项目(RC011);

济南市医疗卫生行业高层次人才专项(202412)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2025.02005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 目的 观察基于游戏的整合性神经肌肉训练(INT)联合常规康复治疗对痉挛性偏瘫(SH)儿童的影响。**方法** 选择2023年1—6月在山东大学附属儿童医院康复科接受治疗的SH儿童40例,采用随机数字表法分为对照组和试验组,每组20例。其中对照组因提前出院脱落3例,试验组因注射肉毒素脱落1例、提前出院脱落2例,2组最终各纳入17例。对照组接受常规康复治疗(作业疗法、蜡疗和低频脉冲电刺激)和常规运动疗法训练(肌力训练、关节活动度训练、平衡训练和步态训练),每个项目训练20 min/次,1次/d,5次/周,持续治疗12周。试验组在对照组常规康复治疗基础上接受基于游戏的整合性神经肌肉训练,包括力量训练、速度灵敏训练、动态稳定性训练、快速伸缩复合训练、核心稳定性训练,20 min/次,1次/d,5次/周,持续治疗12周。治疗前后分别采用BioNeuro生物反馈仪和Flexcomp Infiniti System表面肌电分析系统测量分析患侧被动牵伸状态下股四头肌、腓肠肌、腓肠肌和内收肌的均方根值(RMS);采用Microfet2手持肌力测试仪测量患侧髋屈肌、髋伸肌、膝伸肌、膝屈肌、踝背屈肌和踝跖屈肌的肌力;采用粗大运动功能量表88项(GMFM-88)D区和E区的分值评定粗大运动功能;采用Berg平衡量表(BBS)评定平衡功能;采用10 m最大步行速度测试(10MWT)评定步行能力。**结果** ① 下肢RMS:与治疗前比较,2组治疗后下肢肌肉腓肠肌、股四头肌、腓肠肌和内收肌RMS均明显降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。与对照组比较,试验组治疗后腓肠肌、股四头肌、腓肠肌和内收肌RMS均明显更低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。② 下肢肌力:与治疗前比较,2组治疗后髋屈肌、髋伸肌、膝屈肌、膝伸肌、踝背屈肌、踝跖屈肌肌力均明显升高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。与对照组比较,试验组治疗后髋屈肌、髋伸肌、膝屈肌、膝伸肌和踝跖屈肌肌力均明显更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。③ GMFM-88、BBS评分和10MWT:与治疗前比较,2组治疗后GMFM-88 D、E区评分,BBS评分和10MWT均明显升高,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。与对照组比较,试验组治疗后GMFM-88 D区评分、BBS评分均明显更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 基于游戏的INT联合常规康复治疗可有效降低SH儿童下肢肌张力,提高下肢肌力,改善粗大运动功能和平衡功能,值得临床推广。

关键词 痉挛性偏瘫;整合性神经肌肉训练;体育游戏;运动功能;平衡功能;步行功能

引用格式: 卢文清, 武志华, 高婧慧, 等. 基于游戏的整合性神经肌肉训练联合常规康复治疗对痉挛性偏瘫儿童的影响[J]. 康复学报, 2025, 35(2): 138-145.

LU W Q, WU Z H, GAO J H, et al. Effects of game-based integrative neuromuscular training combined with conventional rehabilitation on children with spastic hemiplegia [J]. Rehabil Med, 2025, 35(2): 138-145.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2025.02005

©《康复学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 4.0 协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

2022年全球脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)流行病学研究表明,高收入地区CP患病率正在下降^[1],而中国CP儿童的总患病率为2.07‰,且呈上升趋势^[2]。在CP临床分型中,约80%为痉挛性偏瘫(spastic hemiplegia, SH)^[3],SH儿童由于仅一侧肢体受累,尽早接受科学的康复治疗可明显提高其运动和日常生活活动能力,促进其回归社会。但SH儿童的康复治疗之路漫长且艰辛。目前临床广泛应用的康复治疗方法常采用针对性单一因素治疗缓解肌张力、提高肌力、增加关节活动度,侧重于减少二次损伤、活动受限以及后续并发症等^[4]。这虽然在一定程度上改善患儿临床症状,但是其对运动功能的改善效果不明显^[5-6]。有临床实践指南指出,改善CP儿童身体功能的干预,应注重整体功能的提升,而不仅仅在于改善肌力、肌张力和关节活动度^[7]。

整合性神经肌肉训练(integrative neuromuscular training, INT)综合运用多种训练手段,能够全面提升整体运动功能,与CP儿童康复治疗的需求相契合。有研究表明,7~12周的整合性神经肌肉训练可提高健康儿童和青少年(5~14岁)的肌肉力量、基本运动技能和部分身体素质指标^[8]。对长期住院或癌症治疗期间的儿童和青少年进行研究,INT亦是一种可行的锻炼方式,在INT训练期间具有挑战性、激励性的游戏锻炼方法可能会改善癌症幸存儿童的依从性和长期生活方式行为^[9]。脑瘫患儿的康复是一个漫长的过程,儿童在治疗过程中逐渐出现烦躁、兴趣降低,以致配合度和参与度下降,从而造成康复效果的下降。游戏的方式可以使幼儿释放天性,激发幼儿兴趣,使其更好地参与到游戏当中,进而达到身体活动的需要^[10]。本研究探讨基于游戏的整合性神经肌肉训练联合常规康复治疗对SH儿童下肢运动功能的影响。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准 符合《中国脑性瘫痪康复指南(2022)第一章:概论》^[11]有关SH的诊断标准、临床分型和分级标准。

1.1.2 纳入标准 ① 年龄3~6岁;② 粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system, GMFCS)级别Ⅰ~Ⅱ级;③ 无严重并发症及癫痫;④ 患儿可以理解指令并服从指令配合运动训练及评估;⑤ 患儿家长知情同意,并签署知情同意书。

1.1.3 排除标准 ① 智力、听力及视力严重障碍,影响测评;② 6个月内进行过手术治疗、注射过肉毒素;③ 患儿心肺功能较差,不适宜运动;④ 存在其他神经系统以外的器质性病变及代谢障碍的疾病;⑤ 存在关节肌肉固定挛缩及变形。

1.1.4 中止和脱落标准 ① 突发身体不适,无法继续参与;② 因各种原因中途出院;③ 患者或家属主动要求退出本研究。

1.2 一般资料

根据文献和预试验的结果,用G*Power软件进行计算,本研究分为2组,双侧检验 $\alpha=0.05$,把握度 $(1-\beta)=0.8$,得出样本量28例,考虑脱落率20%,本研究最低样本量35例。选择2023年1—6月在山东大学附属儿童医院康复科接受康复治疗的40例SH儿童,采用随机数字表法分为对照组和试验组,每组20例。其中对照组因提前出院脱落3例,试验组因注射肉毒素脱落1例、提前出院2例,最后2组均纳入17例。2组性别、年龄、身高、体质量、GMFCS分级等一般资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表1。本研究方案已通过山东大学附属儿童医院医学伦理委员会伦理审批(审批号:SDFE-IRB/P-2023025)。

表1 2组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups

组别	例数	性别		年龄/($\bar{x}\pm s$,岁)	身高/($\bar{x}\pm s$,cm)	体质量/($\bar{x}\pm s$,kg)	GMFCS分级	
		男	女				Ⅰ级	Ⅱ级
对照组	17	9	8	5.23±1.17	104.79±7.11	16.29±5.92	12	5
试验组	17	10	7	5.20±1.23	104.74±7.23	16.32±6.05	13	4

2 方 法

2.1 治疗方法

2.1.1 对照组 接受常规康复治疗 and 常规运动疗法训练。

2.1.1.1 常规康复治疗 在康复治疗师的指导下进行偏瘫肢体综合训练。

(1)作业疗法 主要包括下肢感觉输入,四点支撑、坐站转移、穿脱衣服、独立如厕等日常生活活

动能力训练。20 min/次,1 次/d,5 次/周,持续治疗 12 周。

(2)蜡疗 将蜡块紧密贴合包裹于偏瘫侧下肢,缓解肌张力,20 min/次,1 次/d,5 次/周,持续治疗 12 周。

(3)低频脉冲电刺激 将电极贴于偏瘫侧下肢股直肌、半腱半膜肌、腓肠肌内侧头和内收肌肌腹上,设置电刺激的频率为 30 Hz,脉冲宽度 0.5 ms,周期 1.5 s,间隔 1 s,电流 20 mA^[12-13]。20 min/次,1 次/d,5 次/周,持续治疗 12 周。

2.1.1.2 常规运动疗法训练 接受以 Bobath 疗法为主要的传统康复训练方法。20 min/次,1 次/d,5 次/周,持续治疗 12 周。

(1)肌力训练 针对下肢的主要肌肉群(如股四头肌、臀大肌、胫前肌等)进行负重训练。

(2)关节活动度训练 治疗师通过被动运动患儿的髋关节、膝关节、踝关节等,保持关节的活动范围,防止关节挛缩。

(3)平衡训练 让患儿进行骨盆控制、单腿站立、闭目站立等训练,提高平衡能力。

(4)步态训练 纠正偏瘫步态,上下楼梯练习。

2.1.2 试验组 在对照组常规康复治疗基础上接受基于游戏的整合性神经肌肉训练,包括力量训练、速度灵敏训练、动态稳定性训练、快速伸缩复合训练、核心稳定性训练。20 min/次,1 次/d,5 次/周,持续治疗 12 周。具体训练计划见表 2。训练过程中使参与者达到中等有氧强度^[11],教会其基本的运动技能,训练强度以患者主观疲劳程度(ratings of perceived exertion, RPE)评分 11~14 分,介于轻松和稍微感觉累之间。

表 2 基于游戏的整合性神经肌肉训练

Table 2 Game-based integrative neuromuscular training program

时间	周一	周二	周三	周四	周五
上午	动态稳定性训练、力量训练	快速伸缩复合训练、核心稳定性训练	速度灵敏训练、动态稳定性训练	动态稳定性训练、快速伸缩复合训练	力量训练、速度灵敏训练
下午	常规康复治疗(作业疗法、蜡疗、低频脉冲电刺激)				

2.1.2.1 力量训练

(1)双脚跳圈 每人手中拿 2 个呼啦圈,呼啦圈依次摆放在面前,双脚起跳跳进圈中,然后转身将身后的呼啦圈捡起放到身前,再双脚跳进身前的呼啦圈,以此重复,行进一段固定的距离。

(2)螃蟹走 设定一段距离,模拟螃蟹横爬,微蹲两髋外展,缓慢向前移动,待逐渐适应后可手持沙包以增加负荷。

(3)鸭子走 双脚略微打开,双腿下蹲,双脚后跟尽量抬起,缓慢向前移动。

(4)垫脚戴帽子 儿童直立于攀岩墙前,将帽子挂到高处的攀岩石上,不允许双脚离地。

2.1.2.2 速度灵敏训练

(1)小鸡下蛋 游戏开始后,将 1 个橡皮球夹在大腿中间从起点直线运送至终点处的小框中。运送路径从直线变为 S 形曲线,逐渐在路途中设置障碍。

(2)戴帽子 游戏开始后,走/跑至标志处,将套圈套至圆柱上后折回。

(3)疯狂球球 2 位老师分别站在教室两侧,小朋友站在场地中间,1 位老师负责抛掷球,使球在地

面上弹起,另 1 位老师接球。在此过程中儿童负责躲避,被砸到的将会被淘汰。

(4)左右摇摆 教师站在教室中间,儿童呈一列纵队站于教师面前,儿童根据老师手势,向左向右跑并快速返回。逐渐适应后改为反向口令跑,即教师向左指,儿童向右跑。

2.1.2.3 动态稳定性训练

(1)小马过河 设定一段距离模拟河道,在河道上放置 3 个 BOSU 球,想要通过河道只能走在 BOSU 球上,掉下即为失败,需从头开始。

(2)独木桥 小朋友在独木桥上行走,排列组合不同类型的独木桥(平板、翘板、弹力带),由简到难,先走平板后增加翘板再增加弹力带。待逐渐适应后可手拿小沙包走平衡木,转运沙袋。

(3)海盗船航行 让儿童坐于吊船上,双手抓紧,老师控制吊绳或坐垫,不断改变方向、速度,模拟海上航行情境。

(4)瑜伽球上坐 儿童于肋木旁,坐在瑜伽球上,双手抓在肋木上,教师于身旁保护,一开始由教师晃动瑜伽球使儿童处于不稳定状态下自己控制保持平衡,待逐渐适应后,改为单手抓扶。

(5)滑板车 儿童俯爬在滑板车上,教师控制滑板车从高台上滑下,儿童需控制身体保持在滑板车上。

(6)抛接球 儿童站在摇板上保持平衡,一位教师一直于身旁保护,另一位教师站在儿童面前1.5 m处开始抛球,儿童站在摇板上接球,然后再把球抛回,以此重复。

2.1.2.4 快速伸缩复合训练

(1)摸高够球 将可粘贴在毛毡墙的动物形状的沙包放于距离儿童头顶20 cm处,使其原地起跳后能够得着,比赛在固定时间内谁能够得着的沙包多,适应后逐渐增加高度。

(2)小猫偷鱼干 教师持泡沫棍,将海洋球用线缠绕吊于泡沫棍上,有球一端置于身后。游戏开始后,儿童扮演小猫微蹲绕教师转圈,找准时机迅速起身跳起够到海洋球视为成功。比赛在固定时间内谁够得的海洋球更多。

(3)足球射门 儿童站在球门前1.5 m处,大腿带动小腿向后预摆,身体稍前倾,大腿带动小腿迅速前摆,通过足内侧踢球。适应后逐渐增加距球门的距离。

2.1.2.5 核心稳定性训练

(1)小熊钻洞 用泡沫垫在地上架起拱桥,模仿小熊四爪爬,依次穿过,碰到或碰倒洞即为失败。适应后逐渐抬高拱桥的高度,从胸爬变为蹲走。

(2)障碍爬 在平地上每间隔1 m放置1个木桩,儿童两点支撑横排穿过障碍,过程中不能碰到木桩。适应后逐渐增加木桩的高度。

(3)腹顶皮球 臀桥位准备,教师手持1个气球于儿童腹上一段距离处,球落的一瞬间腹部顶起,待落下后再次顶起。

(4)双脚投篮 儿童仰卧在软垫上,屈髋屈膝,双脚前放1个球桶,双脚夹住1个皮球,用脚将球夹进桶内。比赛规定时间内谁进的球数更多。

(5)仰卧投篮 仰卧位,两脚举起1个篮筐,双手持球放在胸前,将球缓慢放进篮筐。

2.2 观察指标

于治疗前和治疗12周后,由同1名康复治疗师对所有受试者均进行以下指标评估,评定者对分组情况不知情。

2.2.1 下肢肌张力 采用BioNeuro生物反馈仪(加拿大Thought Technology公司,型号:Infiniti3000A)和Flexcomp Infiniti System表面肌电分析系统(加拿

大Thought Technology公司,型号:SA7550)测量分析患侧被动牵伸状态下股四头肌、腓肠肌、腓肠肌和内收肌的均方根值(root mean square,RMS)。RMS>10 μ V表示肌肉肌张力高。RMS越高表示肌张力越高,患儿下肢运动功能越受限^[14]。

2.2.2 下肢肌力 采用Microfet2手持肌力测试仪(美国Hoggan公司,型号:Microfet2)测量患侧髋屈肌、髋伸肌、膝伸肌、膝屈肌、踝背屈肌和踝跖屈肌的肌力。肌力值越高表示患者下肢肌肉力量越好。

2.2.3 粗大运动功能 采用粗大运动功能量表88项(Gross Motor Function Measure-88,GMFM-88)中D区和E区的分值评定粗大运动功能。GMFM-88 D区总分39分(13项),E区总分72分(24项),得分越高表示粗大运动功能越好。

2.2.4 平衡功能 采用Berg平衡量表(Berg Balance Scale,BBS)评定平衡功能。BBS评分共14项,满分56分,评分越高,平衡功能越好。

2.2.5 步行能力 采用10 m最大步行速度测试(10-meter walk test,10MWT)评定步行能力。选取1处20 m长的步行通道,在起点处、距起点2 m处(A点)、距离起点12 m处(B点)、终点处分别进行标记。指示儿童以最快的速度行走,行走至A点时开始计时,走至B点时停止计时。记录步行10 m所用时间,测试3次,取平均值,计算步行速度。步行速度越快表示步行能力越好。

2.3 统计学方法

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计量资料符合正态分布以($\bar{x}\pm s$)表示,组内治疗前后比较采用配对 t 检验,组间比较采用两独立样本 t 检验。计数资料采用频数表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 2组治疗前后下肢RMS比较

与治疗前比较,2组治疗后腓肠肌、股四头肌、腓肠肌和内收肌RMS均明显降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。与对照组比较,试验组治疗后腓肠肌、股四头肌、腓肠肌和内收肌RMS均明显更低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。见表3。

3.2 2组治疗前后下肢肌力比较

与治疗前比较,2组治疗后髋屈肌、髋伸肌、膝屈肌、膝伸肌、踝背屈肌、踝跖屈肌肌力均明显升高,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。与对照组比较,试验组治疗后髋屈肌、髋伸肌、膝屈肌、膝伸肌

和踝跖屈肌肌力均明显更高,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。见表4。

表 3 2组治疗前后下肢RMS比较($\bar{x}\pm s$)							μV
Table 3 Comparison of RMS of lower extremity between two group before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)							μV
组别	例数	时间	腓绳肌	股四头肌	腓肠肌	内收肌	
对照组	17	治疗前	20.65 $\pm$ 7.38	15.40 $\pm$ 4.47	18.87 $\pm$ 6.80	23.24 $\pm$ 5.99	
		治疗后	18.09 $\pm$ 7.42 ¹⁾	13.23 $\pm$ 4.91 ¹⁾	16.94 $\pm$ 5.48 ¹⁾	19.89 $\pm$ 6.67 ¹⁾	
试验组	17	治疗前	19.70 $\pm$ 7.30	15.54 $\pm$ 5.15	18.13 $\pm$ 7.70	23.47 $\pm$ 10.98	
		治疗后	13.49 $\pm$ 3.93 ¹⁾²⁾	9.82 $\pm$ 3.39 ¹⁾²⁾	11.94 $\pm$ 5.06 ¹⁾²⁾	12.59 $\pm$ 7.47 ¹⁾²⁾	

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group, 2) $P<0.05$.

表 4 2组治疗前后下肢肌力比较($\bar{x}\pm s$)								N
Table 4 Comparison of muscle strength of lower extremity between two groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)								N
组别	例数	时间	髋屈肌	髋伸肌	膝屈肌	膝伸肌	踝背屈肌	踝跖屈肌
对照组	17	治疗前	61.52 $\pm$ 19.38	45.65 $\pm$ 12.46	45.01 $\pm$ 12.24	59.63 $\pm$ 13.61	41.28 $\pm$ 7.45	52.33 $\pm$ 14.88
		治疗后	83.58 $\pm$ 20.76 ¹⁾	59.00 $\pm$ 18.30 ¹⁾	54.66 $\pm$ 14.35 ¹⁾	74.98 $\pm$ 17.56 ¹⁾	49.82 $\pm$ 11.91 ¹⁾	64.81 $\pm$ 20.97 ¹⁾
试验组	17	治疗前	61.30 $\pm$ 18.34	46.49 $\pm$ 16.82	45.66 $\pm$ 16.64	58.06 $\pm$ 19.52	41.94 $\pm$ 10.37	52.77 $\pm$ 13.45
		治疗后	98.51 $\pm$ 21.64 ¹⁾²⁾	77.65 $\pm$ 20.27 ¹⁾²⁾	68.62 $\pm$ 24.01 ¹⁾²⁾	91.29 $\pm$ 26.78 ¹⁾²⁾	53.92 $\pm$ 12.99 ¹⁾	84.24 $\pm$ 21.13 ¹⁾²⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group, 2) $P<0.05$.

3.3 2组治疗前后GMFM-88、BBS评分和10MWT比较

与治疗前比较,2组治疗后GMFM-88 D、E区评分,BBS评分和10MWT均明显升高,差异均具有统

计学意义($P<0.05$)。与对照组比较,试验组治疗后GMFM-88 D区评分、BBS评分均明显更高,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。见表5。

表 5 2组治疗前后GMFM-88、BBS评分和10 MWT比较($\bar{x}\pm s$)						
Table 5 Comparison of GMFM-88,BBS scores and 10MWT between two groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)						
组别	例数	时间	GMFM-88评分/分		BBS评分/分	10MWT/(m/min)
			D区	E区		
对照组	17	治疗前	27.65 $\pm$ 2.29	44.47 $\pm$ 7.12	33.70 $\pm$ 3.70	34.42 $\pm$ 4.81
		治疗后	31.47 $\pm$ 3.06 ¹⁾	47.71 $\pm$ 6.93 ¹⁾	36.12 $\pm$ 3.48 ¹⁾	37.62 $\pm$ 4.41 ¹⁾
试验组	17	治疗前	27.59 $\pm$ 2.55	44.41 $\pm$ 9.87	33.59 $\pm$ 3.82	34.92 $\pm$ 5.99
		治疗后	34.59 $\pm$ 2.32 ¹⁾²⁾	51.94 $\pm$ 10.56 ¹⁾	40.65 $\pm$ 2.96 ¹⁾²⁾	39.14 $\pm$ 7.72 ¹⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group, 2) $P<0.05$.

4 讨 论

4.1 基于游戏的INT联合常规康复治疗可有效降低SH儿童下肢肌张力

本研究结果显示,与对照组比较,试验组治疗后腓绳肌、股四头肌、腓肠肌和内收肌RMS均明显更低,提示基于游戏的INT联合常规康复治疗可有效降低SH儿童下肢肌张力。可能与以下因素有关:基于游戏的INT可加大皮肤、肌肉、肌腱和关节的外周输入,激发SH儿童大脑对神经冲动的传导,实现神经功能的重建,从而有效缓解肌肉痉挛的情况,降低肌张力^[15]。此外,游戏能够提供一种情绪

上的逃避和放松,帮助SH儿童缓解压力和焦虑。积极的情绪调节可促进SH儿童身心健康,享受游戏过程,从中获得更多的乐趣和满足感,促进主动运动^[12],从而降低SH儿童肌张力。这与白艳等^[16]研究显示,游戏联合整合性的康复训练可明显改善SH儿童肌张力的结果相似。

4.2 基于游戏的INT联合常规康复治疗可提高SH儿童下肢肌力

本研究结果显示,与对照组比较,试验组治疗后髋屈肌、髋伸肌、膝屈肌、膝伸肌和踝跖屈肌肌力均明显更高,提示基于游戏的INT联合常规康复治

疗可提高SH儿童下肢肌力。可能与以下原因有关:

① 提高SH儿童大腿肌群的肌肉力量及神经适应性。INT通过力量训练、快速伸缩复合训练、速度灵敏训练可在一定程度上激活SH儿童神经肌肉功能,使神经系统产生适应性变化,激活原动肌,提高大腿肌群的肌肉力量^[17-19]。② 提高SH儿童动作协调性。INT通过创设多种游戏情境,将运动置于特定的活动环境中,增加运动的趣味性和吸引力,并设定相应的目标,激发SH儿童参与运动的热情和挑战欲望,通过自身努力克服困难,获得成就感,使其更愿意主动参与到运动中^[13]。通过长时间的INT干预,SH儿童在执行新的动作任务时,中枢神经系统就可以迅速反应,调节运动感觉系统以完成动作指令,提高患儿的动作协调性和对相关肌群的控制能力。这与BABADI等^[20]研究结果相似。但值得注意的是,2组治疗后踝背屈肌的肌力差异无统计学意义,可能与SH儿童INT干预过程中,较少主动进行踝背屈肌训练有关。有研究显示,偏瘫患者治疗后存在患侧胫骨前肌肌力增加不明显的问题^[21]。胫骨前肌肌力差是SH儿童常见的问题之一。SH儿童由于大脑无法正常向肌肉发送信号,从而出现神经控制的中断或减弱直接导致肌肉无法有效地收缩。SH儿童由于一侧肢体活动受限,胫骨前肌得不到足够的锻炼和刺激,长时间处于不活动状态,这会导致肌肉逐渐萎缩,肌力进一步下降。

4.3 基于游戏的INT联合常规康复治疗可改善SH儿童粗大运动功能和平衡功能

本研究结果显示,与对照组比较,试验组治疗后GMFM-88 D区评分、BBS评分均明显更高,提示基于游戏的INT联合常规康复治疗可以改善SH儿童粗大运动功能和平衡能力。可能与以下原因有关:① 提高SH儿童动态稳定性。INT的动态稳定性训练(摇板上抛接球、瑜伽球上坐、BOSU球上行走等)为训练过程创造不稳定平面,通过以上动作指令的训练可使SH儿童脊柱深层小肌肉群和浅层大肌肉群一同激活,以维持脊柱的稳定,从而使躯体保持稳定^[22-23]。② 提高SH儿童平衡功能。下肢肌肉力量的平衡是保持静态平衡的前提,由于SH儿童双下肢肌力的不平衡导致身体重心向健侧腿偏移,脊柱两侧的肌肉力量不平衡,平衡能力较差。INT的力量训练可提高SH儿童脊柱周围浅层大肌肉群和骨盆周围肌肉的肌肉力量,增强“脊柱-骨盆-髋关节”系统的稳定性^[24],从而提高患儿下肢平

衡功能和运动功能。这与徐学翠等^[25]研究结果相似。但值得注意的是,2组治疗后10MWT差异无统计学意义,提示基于游戏的INT在改善SH儿童步行速度方面的优势并不明显。这与张亚男等^[26-27]研究结果不同,可能与其纳入病例平均年龄13岁,且步行能力较好有关。本研究纳入的SH儿童年龄为3~6岁,该年龄段是儿童走、跑、跳能力发展的阶段,正常儿童5岁时才能在行走的过程中较灵活地控制自己的步幅、步频、行走的方向或变换各种行走姿势。SH儿童大脑受损会影响肢体的控制能力,部分SH儿童还伴有发育迟缓,其走、跑、跳能力可能明显弱于正常发育儿童。

5 小 结

基于游戏的INT联合常规康复治疗可有效降低SH儿童下肢肌张力,提高下肢肌力,改善粗大运动功能和平衡功能,值得临床推广。但本研究仍存在一些不足之处,如纳入样本量较少、未进行出院后随访等。下一步研究还需扩大样本量,加强出院后随访,针对不同SH儿童运动障碍特点设计更科学合理的训练方案,为SH儿童运动功能的恢复提供更科学的治疗方案。

参考文献

- [1] MCINTYRE S, GOLDSMITH S, WEBB A, et al. Global prevalence of cerebral palsy: a systematic analysis [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2022, 64(12): 1494-1506.
- [2] YANG S Y, XIA J Y, GAO J, et al. Increasing prevalence of cerebral palsy among children and adolescents in China 1988-2020: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Rehabil Med*, 2021, 53(5): jrm00195.
- [3] GARFINKLE J, LI P, BOYCHUCK Z, et al. Early clinical features of cerebral palsy in children without perinatal risk factors: a scoping review [J]. *Pediatr Neurol*, 2020, 102: 56-61.
- [4] FURTADO M A S, AYUPE K M A, CHRISTOVÃO I S, et al. Physical therapy in children with cerebral palsy in Brazil: a scoping review [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2022, 64(5): 550-560.
- [5] LABAF S, SHAMSODDINI A, HOLLISAZ M T, et al. Effects of neurodevelopmental therapy on gross motor function in children with cerebral palsy [J]. *Iran J Child Neurol*, 2015, 9(2): 36-41.
- [6] PARK E Y, KIM W H. Effect of neurodevelopmental treatment-based physical therapy on the change of muscle strength, spasticity, and gross motor function in children with spastic cerebral palsy [J]. *J Phys Ther Sci*, 2017, 29(6): 966-969.
- [7] JACKMAN M, SAKZEWSKI L, MORGAN C, et al. Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: international clinical practice guideline [J]. *Dev*

- Med Child Neurol, 2022, 64(5):536-549.
- [8] FAIGENBAUM A D, MYER G D, FARRELL A, et al. Integrative neuromuscular training and sex-specific fitness performance in 7-year-old children: an exploratory investigation [J]. J Athl Train, 2014, 49(2):145-153.
 - [9] SCHMIDT-ANDERSEN P, FRIDH M K, MÜLLER K G, et al. Integrative neuromuscular training in adolescents and children treated for cancer (INTERACT): study protocol for a multicenter, two-arm parallel-group randomized controlled superiority trial [J]. Front Pediatr, 2022, 10:833850.
 - [10] 钱怡. 体感游戏在脑瘫学生上肢功能康复中的应用研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2021: 5-7.
QIAN Y. Research on the application of somatosensory games in the functional rehabilitation of upper limbs of cerebral palsy students [D]. Shanghai: East China Normal University, 2021: 5-7.
 - [11] 中国康复医学会儿童康复专业委员会, 中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会, 中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2022)第一章: 概论[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(12): 887-892.
Chinese Association of Rehabilitation Medicine Pediatric Rehabilitation Committee, Chinese Association of Rehabilitation of Disabled Persons Rehabilitation Committee for Cerebral Palsy, Chinese Medical Doctor Association Pediatric Rehabilitation Committee, et al. Chinese rehabilitation guidelines for cerebral palsy (2022) part 1: overview [J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2022, 37(12): 887-892.
 - [12] 陈玲芝, 孙向荣, 赵雪频. 低频脉冲电刺激联合肌力训练对痉挛型脑瘫儿童运动和平衡功能的影响[J]. 现代实用医学, 2022, 34(3): 370-372.
CHEN L Z, SUN X R, ZHAO X P. Effects of low frequency pulse electrical stimulation combined with muscle strength training on motor and balance function in children with spastic cerebral palsy [J]. Mod Pract Med, 2022, 34(3): 370-372.
 - [13] 兰天. 核心控制训练联合低频脉冲电刺激对痉挛型脑瘫患儿粗大运动功能的影响[J]. 中国民康医学, 2020, 32(17): 71-72.
LAN T. Effects of core control training combined with low frequency pulse electrical stimulation on gross motor function in children with spastic cerebral palsy [J]. Med J Chin People's Heal, 2020, 32(17): 71-72.
 - [14] 何婷, 张洁, 刘延萍, 等. 针刺核心肌群对痉挛型脑瘫儿童步行功能及下肢表面肌电的影响[J]. 中国医药导刊, 2021, 23(12): 881-886.
HE T, ZHANG J, LIU Y P, et al. Effects of core muscle acupuncture on walking function and sEMG of lower limbs in children with spastic cerebral palsy [J]. Chin J Med Guide, 2021, 23(12): 881-886.
 - [15] 范晶晶, 宋辰风, 李芳, 等. 运动康复治疗对小儿脑瘫的临床疗效及对运动功能的改善效果[J]. 临床研究, 2022, 30(8): 91-94.
FAN J J, SONG C F, LI F, et al. The clinical effect and improvement of motor function of exercise rehabilitation treatment on pediatric cerebral palsy [J]. Clin Res, 2022, 30(8): 91-94.
 - [16] 白艳, 王秀霞, 陈海英. 游戏疗法联合综合训练在痉挛型脑瘫患儿康复中的价值分析[J]. 中国全科医学, 2019, 22(29): 3639-3642.
BAI Y, WANG X X, CHEN H Y. Value of game therapy combined with comprehensive training in rehabilitation of children with spastic cerebral palsy [J]. Chin Gen Pract, 2019, 22(29): 3639-3642.
 - [17] EMERY C A, ROY T O, WHITTAKER J L, et al. Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: a systematic review and meta-analysis [J]. Br J Sports Med, 2015, 49(13): 865-870.
 - [18] TROWELL D, VICENZINO B, SAUNDERS N, et al. Effect of strength training on biomechanical and neuromuscular variables in distance runners: a systematic review and meta-analysis [J]. Sports Med, 2020, 50(1): 133-150.
 - [19] ŠKARABOT J, BROWNSTEIN C G, CASOLO A, et al. The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training [J]. Eur J Appl Physiol, 2021, 121(3): 675-685.
 - [20] BABADI S, VAHDAT S, MILNER T E. Neural substrates of muscle co-contraction during dynamic motor adaptation [J]. J Neurosci, 2021, 41(26): 5667-5676.
 - [21] 李娟, 罗伦, 张禄菊, 等. FES 康复踏车联合太极运动想象疗法对脑卒中患者下肢运动功能、本体感觉以及 ADL 的影响[J]. 神经损伤与功能重建, 2021, 16(3): 180-182, 186.
LI J, LUO L, ZHANG L J, et al. Effects of FES rehabilitation treadmill combined with Tai Chi motor imagery therapy on motor function, proprioception and ADL of lower limbs in stroke patients [J]. Neural Inj Funct Reconstr, 2021, 16(3): 180-182, 186.
 - [22] 董学曼, 南静, 张晓刚, 等. 束带强化核心肌群稳定性训练对痉挛性脑瘫患儿下肢运动能力、NGF 及 ET 水平的影响[J]. 黑龙江医药科学, 2021, 44(6): 24-25.
DONG X M, NAN J, ZHANG X G, et al. Effects of band strengthening core muscle stability training on lower limb motor ability, NGF and ET levels in children with spastic cerebral palsy [J]. Heilongjiang Med Pharm, 2021, 44(6): 24-25.
 - [23] 胡锦鹏. 核心稳定性训练在痉挛型脑瘫患儿康复治疗中的应用研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2020: 10-11.
HU J P. Study on the application of core stability training in the rehabilitation of children with spastic cerebral palsy [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2020: 10-11.
 - [24] 李平, 陈菁, 陈志艳, 等. 核心稳定性训练结合循经推拿对痉挛性脑瘫患儿肌张力和运动能力影响研究[J]. 亚太传统医药, 2021, 17(9): 93-96.
LI P, CHEN J, CHEN Z Y, et al. Core stability training combined with circulation massage in children with spastic cerebral palsy studies on the influence of muscle tone and motor ability [J]. Asia Pac Tradit Med, 2021, 17(9): 93-96.
 - [25] 徐学翠, 余艳, 李司南, 等. 基于 ICF-CY 框架下游戏疗法联合康复训练对脑瘫患儿的疗效观察[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(11): 34-37, 47.

- XU X C, YU Y, LI S N, et al. Therapeutic effect of game therapy combined with rehabilitation training in children with cerebral palsy based on ICF-CY framework [J]. *J Clin Med Pract*, 2022, 26(11):34-37,47.
- [26] 张亚男,陈伟,刘鹏,等. 情景互动智能步行训练对痉挛性脑性瘫痪儿童下肢运动功能的影响[J]. *中国康复*, 2019, 34(10): 521-524.
- ZHANG Y N, CHEN W, LIU P, et al. Effects of situational interactive intelligent walking training on lower extremity motor function in children with spastic cerebral palsy [J]. *Chin J Rehabil*, 2019, 34(10):521-524.
- [27] 宋美萍. 运动康复训练与体育教学活动整合对学龄期脑瘫儿童运动功能影响的实证研究[D]. 济南:山东体育学院, 2021: 3-5.
- SONG M P. An empirical study on the influence of the integration of sports rehabilitation training and physical education activities on the motor function of school-age children with cerebral palsy [D]. Jinan:Shandong Sport University, 2021:3-5.

Effects of Game-Based Integrative Neuromuscular Training Combined with Conventional Rehabilitation on Children with Spastic Hemiplegia

LU Wenqing^{1,2}, WU Zhihua¹, GAO Jinghui¹, LIU Wenjin¹, HUANG Yan^{1*}

¹ Children's Hospital Affiliated to Shandong University, Jinan, Shandong 250022, China;

² Yantai Gold College, Yantai, Shandong 265401, China

*Correspondence: HUANG Yan, E-mail:jnhuangyan@163.com

ABSTRACT Objective To observe the effects of game-based integrative neuromuscular training (INT) combined with conventional rehabilitation on children with spastic hemiplegia (SH). **Methods** A total of 40 children with SH receiving rehabilitation treatment in the Department of Rehabilitation of Children's Hospital Affiliated to Shandong University from January to June 2023 were randomly divided into control group and experimental group using the random number table method, with 20 cases in each group. During the course of the treatment, three cases in the control group dropped out due to early discharge, one case dropped out due to botulinum toxin injection and two cases dropped out due to early discharge in the experimental group. Finally, 17 cases were included in each group. The control group received conventional rehabilitation treatment (occupational therapy, paraffin therapy, and low-frequency pulsed electrical stimulation) and conventional motor training (muscle strength training, joint range of motion training, balance training and gait training), 20 minutes each item, once a day, five times a week for 12 weeks. The experimental group received game-based integrative neuromuscular training in addition to the the conventional rehabilitation treatment of the control group, including strength training, speed and agility training, dynamic stability training, plyometric training, core stability training, 20 minutes a time, once a day, five times a week for 12 weeks. Before and after treatment, BioNeuro biofeedback instrument and Flexcomp Infiniti System surface electromyography analysis system were used to measure and calculate the root mean square (RMS) values of the quadriceps, hamstrings, gastrocnemius and adductor muscles on the affected side under passive stretching; Microfet2 handheld muscle strength tester was used to measure the muscle strength of the hip flexors, hip extensors, knee flexors, knee extensors, ankle dorsiflexors and ankle plantar flexors on the affected side; Gross Motor Function Measure 88 (GMFM-88) scores in dimensions D and E were used to evaluate the gross motor function; Berg Balance Scale (BBS) was used to evaluate the balance function; 10-meter walk test (10MWT) was used to evaluate the walking ability. **Results** (1) Lower limb RMS: compared with those before treatment, the RMS values of the hamstrings, quadriceps, gastrocnemius and adductor muscles in the affected limb under passive stretching decreased significantly in both groups after treatment, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Compared with the control group, the RMS values of the hamstrings, quadriceps, gastrocnemius and adductor muscles in the affected limb were significantly lower in the experimental group after treatment, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). (2) Lower limb muscle strength: compared with that before treatment, the muscle strength of the hip flexors, hip extensors, knee flexors, knee extensors, ankle dorsiflexors and ankle plantar flexors in the affected limb in both groups increased significantly after treatment, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Compared with the control group, the muscle strength of the hip flexors, hip extensors, knee flexors, knee extensors and ankle plantar flexors in the affected limb were significantly higher in the experimental group after treatment, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). (3) Scoring of GMFM-88, BBS and 10MWT: compared with those before treatment, the GMFM-88 scores in dimensions D and E, BBS score, and 10MWT in both groups after treatment increased significantly, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Compared with the control group, the GMFM-88 score in dimension D and BBS score in the experimental group were significantly higher after treatment, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Game-based integrative neuromuscular training can effectively reduce the muscle tone of the lower limbs in children with SH, improve lower limb muscle strength, gross motor function, and balance function, which is worthy of clinical promotion.

KEY WORDS spastic hemiplegia; integrative neuromuscular training; sports games; motor function; balance function; walking function

DOI:10.3724/SP.J.1329.2025.02005