·临床研究·

触觉反馈强化训练联合镜像神经元康复系统对痉挛性偏瘫脑瘫儿童精细运动功能的影响

陆祖韬[1,2] 顾秋燕[2,3] 葛向阳[2] 贾杰[4,5*]

（1.河南医药大学第三附属医院，新乡 453100；2.南通大学附属妇幼保健院儿童康复科，南通 226018；3.香港理工大学康复治疗科学系，香港 999077；4.复旦大学附属华山医院康复医学科，上海 200040；5.国家神经疾病医学中心，上海 200040）

【摘要】 目的 观察触觉反馈强化训练联合镜像神经元康复训练系统对痉挛性偏瘫脑瘫儿童精细运动功能的影响。**方法** 选取2022年7月至2024年12月就诊于南通大学附属妇幼保健院的44例痉挛性偏瘫脑瘫儿童，随机分为对照组和联合训练组，研究中共脱落5例患儿，最终对照组19例和联合训练组20例完成本次研究。两组患儿均接受常规康复训练和镜像神经元康复训练系统治疗，联合训练组在对照组基础上接受触觉反馈强化训练，连续12周。治疗前后采用Peabody精细运动发育量表（Peabody developmental motor scale-fine motor, PDMS-FM）、Carroll上肢功能评定量表（upper extremity functional test, UEFT）以及儿童功能独立性评定量表（Wee function independence measure for children, WeeFIM）进行评定。**结果** 治疗后，两组患儿PDMS-FM评分、UEFT评分和WeeFIM评分均较组内治疗前显著改善（$P<0.001$），且联合训练组PDMS-FM评分、UEFT评分和WeeFIM评分高于对照组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。**结论** 触觉反馈强化训练联合镜像神经元康复训练系统能够进一步提高痉挛性偏瘫脑瘫儿童的上肢精细运动功能。

【关键词】 脑性瘫痪；痉挛性偏瘫；触觉；镜像神经元；精细运动

【中图分类号】 R742.3；R493 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202602009

Effects of intensive tactile feedback training combined with mirror neuron system theory on fine motor function in children with spastic hemiplegic cerebral palsy

Lu Zutao[1,2], Gu Qiuyan[2,3], Ge Xiangyang[2], Jia Jie[4,5]*

(1.The Third Affiliated Hospital of Henan Medical University, Xinxiang 453100, China; 2.Department of Children Rehabilitation Medicine, Affiliated Maternity and Child Health Care Hospital of Nantong University, Nantong 226018,China; 3.Department of Rehabilitation Sciences, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077,China; 4.Department of Rehabilitation Medicine, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China; 5.National Center for Neurological Diseases, Shanghai 200040, China)

【Abstract】 Objective To observe the effects of intensive tactile feedback training combined with mirror neuron system theory on fine motor function in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. **Methods** 44 children with spastic hemiplegia and cerebral palsy in Affiliated Maternity and Child Health Care Hospital of Nantong University were divided into combined group and control group by randomly. A total of 5 children were lost to follow-up in this study. Finally, 19 children in the control group and 20 children in the combined group completed the study. All patients received routine rehabilitation training and mirror neuron system theory, and the combined group received intensive tactile feedback training in addition. The upper limb function of the two groups

基金项目：南通大学临床医学专项科研基金项目（2023LQ006）

第一作者：陆祖韬，男，在读硕士研究生，主管技师，研究方向：儿童康复

通信作者：贾杰，女，博士研究生，主任医师，研究方向：神经康复

were analyzed by the Peabody developmental motor scale–fine motor(PDMS–FM), Carroll upper extremity functional test(UEFT) and Wee function independence measure for children(WeeFIM) before and after treatment for 12 weeks respectively. **Results** After 12 weeks of treatment, both of the PDMS–FM score、the UEFT score and WeeFIM score of two groups were significantly improved than those before the treatment(P<0.001), and the scores of the combined group increased more significantly than the control group(P<0.05). **Conclusion** The intensive tactile feedback training combined with mirror neuron system theory can improve the fine motor function in children with spastic hemiplegic cerebral palsy.

【**Key words**】 Cerebral palsy; Spastic hemiplegia; Tactile; Mirror neuron; Fine motor

脑性瘫痪（cerebral palsy, CP）简称脑瘫，是由中枢神经系统损伤引起的永久性疾病，核心症状为运动障碍和姿势控制异常[1-2]。痉挛性偏瘫是CP常见的一种临床亚型，占所有脑瘫类型的35%～40%[1,3]，其典型特征是上运动神经元损伤引起的中枢性神经功能缺陷及继发性肌肉骨骼问题，不仅导致患肢手灵活性受损、精确抓握能力和运动协调性下降等功能障碍，还会严重限制患者在日常生活中的功能独立性并降低其生活质量[3-4]。因此，针对上肢精细功能障碍开展康复干预一直是痉挛性偏瘫CP综合治疗中的核心环节。

研究[1,3]证实，基于镜像神经元理论的动作观察疗法以及运动想象训练与强制诱导运动疗法、双侧强化运动训练等相结合的神经发育运动疗法能够不同程度地提升痉挛性偏瘫CP儿童精细运动及协调功能，但针对其手部躯体感觉缺陷而采用“感觉–运动”联合干预模式的研究相对较少[5]。然而，研究[6-8]表明，超过90%的痉挛性偏瘫CP儿童受累侧手存在不同程度的躯体感觉缺陷，且以触觉缺陷为主。Poitras等[2]的系统评价显示，触觉功能与偏瘫型CP儿童的上肢精细运动表现呈中度到高度的关联性。触觉辨别和感知缺陷已被证实是导致该型患儿上肢运动障碍的重要原因，严重影响患儿精细抓握、手指选择性运动控制等精细运动功能[2,5-8]。因此，近年来越来越多的研究将CP视为一种感觉–运动障碍，并强调应探索兼顾感觉系统和运动系统的联合干预方案[9-10]。本研究旨在探究触觉反馈强化训练联合镜像神经元康复系统改善痉挛性偏瘫CP儿童上肢精细运动功能的效果，现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究于2022年7月至2024年12月在南通大学附属妇幼保健院儿童康复门诊招募痉挛性偏瘫CP儿童共44例，均符合2022版《中国脑性瘫痪康复指南》中痉挛性偏瘫脑性瘫痪的诊断和分型标准[1]，采取随机数字表法将其分为对照组和联合训练组，每组22例。

纳入标准：①年龄31～72个月；②可以执行简单指令，韦氏幼儿版智力量表（Wechsler preschool and primary scale of intelligence, WPPSI）评分>50分；③手功能分级系统（manual ability classification system, MACS）Ⅰ～Ⅲ级；④无严重听力和视力障碍；⑤患儿家长签署知情同意书。排除标准：①严重骨质疏松或骨折未愈合者；②半年内接受过外科矫形手术或肉毒毒素注射治疗者。脱落标准：因病情变化、转院以及个人意愿等各种原因导致无法完成全部训练或主动退出研究者。本研究获南通大学附属妇幼保健院医学伦理委员会批准（批件号：Y2020094）。

本次研究共脱落5例患儿（2例随家庭住址变迁转赴外市康复治疗，3例因肺炎等其他疾病反复住院未能按照既定方案完成训练），最终完成本次研究的痉挛性偏瘫CP儿童共39例，其中，对照组19例，联合训练组20例。两组一般资料比较，差异无统计学意义（P>0.05），具有可比性，见表1。

1.2 干预方法

两组患儿均接受常规康复训练以及镜像神经元康复训练系统治疗，联合训练组在对照组基础上接受触觉反馈强化训练，且触觉反馈强化训练均在镜像神经元康复训练完成后进行。

表1 两组一般资料比较

组别	例数	性别（例）		年龄（月，$\bar{x} \pm s$）	偏瘫侧别（例）		MACS级别（例）		
		男	女		右侧	左侧	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
联合训练组	20	13	7	55.52 ± 8.68	13	7	5	12	3
对照组	19	12	7	54.52 ± 10.26	11	8	3	10	6
χ^2/t值		0.014[a]		0.220[b]	0.208[a]		1.657[a]		
P值		0.905		0.827	0.648		0.437		

注：MACS为手功能分级系统；[a]为χ^2值；[b]为t值。

1.2.1 常规康复训练

常规康复训练主要包括：①以患肢牵伸、关节活动度改善、肌力和肌耐力提升为主的综合运动治疗30 min/次；②以患侧上肢任务导向性活动训练为主的作业疗法治疗20 min/次；③气动式手康复设备训练10 min/次；④腕伸展肌群中频脉冲电疗20 min/次。1次/d，4次/周，为期12周。

1.2.2 镜像神经元康复训练系统治疗

选用镜像神经元康复训练系统（生产企业：广州穗海新峰医疗设备制造股份有限公司，型号：SHXF–102）实施镜像疗法治疗。该设备系统集成超过600种不同情景模式下的训练方案，涉及上肢及手部精细功能的训练情景达300种以上，囊括精细捏取、抓握力量、手腕灵活性、双手协调以及手眼协调等多种日常生活所需的功能性动作。所有纳入研究的CP儿童均采用运动训练模式，该模式每一训练方案融合“动作观察–运动想象–模仿执行”联合训练机制，系统对每项动作的示范视频播放3次，两次播放间设置5 s暂停。要求患儿认真观察动作细节并且在暂停期内回顾想象刚才观察到的动作，随后尝试模仿执行。依序反复重复该过程直到完成所有规定训练项目。30 min/次，1次/d，4次/周，为期12周。

1.2.3 触觉反馈强化训练

参考Kuo等[11]和Wuang等[12]研究方案，本次研究中触觉反馈强化训练从形状、大小、重量、纹理、软硬度和数量6个感知维度逐一进行。首先进行热身项目，使患儿充分理解规则。让患儿用其健侧手触摸盒子中的一个样本物体，并要求他们感受该物体的某一项指定特征（如形状、大小、重量、纹理、软硬度和数量等），10 s后，要求患儿使用偏瘫侧手在盒子中触摸并找到与样本物体具有相同特征的物体，整个过程中患儿没有视觉参与。然后进行正式训练，训练方法与热身项目相同。要求患儿在视线被遮挡的情况下，先使用其健侧手探索、触摸盒子中具有某一指定特征的样本物品，并告知其需要感知的指定特征。在健侧手充分感受样本物体的指定特征后，要求患儿使用偏瘫侧手从盒子中探索、触摸并找出具有相同特征的物体。该项任务将重复进行，直到患儿作出正确的选择。在一个物体集合中所有物品都被正确选中后，更换至下一个物体集合继续练习，直到形状、大小、重量、纹理、软硬度、数量6个感知维度的触觉反馈强化训练全部完成。30 min/次，1次/d，4次/周，为期12周。

1.3 观察指标

治疗前后，由同一位经过培训的主管作业治疗师独立进行各项功能评估，且该评估治疗师不清楚分组情况。

1.3.1 Peabody精细运动发育量表（Peabody developmental motor scale-fine motor, PDMS-FM）

采用PDMS–FM从抓握以及手眼协调2个方面来评估患儿精细运动及协调功能，该量表总分196分，由98条评估小项组成，每条小项0～2分。总分越高，则精细功能越好[13]。

1.3.2 Carroll上肢功能评定量表（upper extremity functional test, UEFT）

UEFT总共包含33个评估条目，每个条目0～3分，最高99分。该量表29条评估小项为单侧操作，在偏瘫型CP儿童群体中具有良好的信效度，得分越高提示上肢运动功能越好[14]。

1.3.3 儿童功能独立性评定量表（Wee function independence measure for children, WeeFIM）

WeeFIM总共包含18项评估内容，每项1～7分，总分126分，得分越高提示功能独立性越好[15]。

1.4 统计学方法

本研究所得数据由2名不了解分组情况的课题组成员独立完成录入，然后交叉核对以确保数据完整准确录入。使用SPSS 23.0统计学软件对数据进行分析处理。计数资料采用χ^2检验。符合正态分布的计量资料采用均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）形式表示，组内比较采用配对样本t检验，组间比较采用独立样本t检验。以P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 PDMS–FM评分

治疗前，两组PDMS–FM评分比较，差异无统计学意义（P>0.05）。治疗后，联合训练组PDMS–FM评分高于对照组，差异有统计学意义（P<0.05）。见表2。

表2 两组患儿治疗前后PDMS–FM评分比较（分，$\bar{x} \pm s$）

组别	例数	治疗前	治疗后	t值	P值
联合训练组	20	102.15 ± 18.91	120.90 ± 18.07	17.798	<0.001
对照组	19	100.42 ± 17.00	107.84 ± 15.61	7.968	<0.001
t值		0.300	2.409		
P值		0.766	0.021		

注：PDMS–FM为Peabody精细运动发育量表。

2.2 UEFT评分

治疗前，两组UEFT评分比较，差异无统计学意义（P>0.05）。治疗后，联合训练组UEFT评分高于对照组，差异有统计学意义（P<0.05）。见表3。

表3 两组患儿治疗前后UEFT评分比较（分，$\bar{x} \pm s$）

组别	例数	治疗前	治疗后	t值	P值
联合训练组	20	42.80 ± 9.08	54.05 ± 10.38	20.934	<0.001
对照组	19	41.95 ± 7.29	47.11 ± 8.20	13.161	<0.001
t值		0.322	2.310		
P值		0.749	0.027		

注：UEFT为Carroll上肢功能评定量表。

2.3 WeeFIM评分

治疗前，两组WeeFIM评分比较，差异无统计学意义（P>0.05）。治疗后，联合训练组WeeFIM评分高于对照组，差异有统计学意义（P<0.05）。见表4。

表4 两组患儿治疗前后WeeFIM评分比较（分，$\bar{x} \pm s$）

组别	例数	治疗前	治疗后	t值	P值
联合训练组	20	81.45 ± 7.01	93.50 ± 8.78	15.325	<0.001
对照组	19	80.89 ± 7.94	87.58 ± 7.53	43.419	<0.001
t值		0.232	2.255		
P值		0.818	0.030		

注：WeeFIM为儿童功能独立性评定量表。

3 讨论

本研究针对痉挛性偏瘫CP儿童上肢精细运动功能，设计实施了一种兼顾感觉系统和运动系统的联合干预方案，结果显示，在常规康复训练和镜像神经元康复训练系统治疗的基础上，辅以触觉反馈强化训练治疗痉挛性偏瘫CP儿童12周后，联合训练组的PDMS–FM评分、UEFT评分和WeeFIM评分均较对照组显著提高（P<0.05），表明触觉反馈强化训练可作为痉挛性偏瘫CP儿童常规康复疗法的有益补充。

一直以来，偏瘫型CP儿童上肢功能障碍的干预重点都集中于改善患侧肢体运动功能障碍[4,11,16]。新近研究[6–8]表明，80%～97%的偏瘫型CP儿童伴有不同程度的触觉知觉缺陷，且触觉知觉缺陷与手灵巧性、指尖精确抓握等精细运动协调能力显著相关，严重影响患儿的精细运动表现。精细运动能力在很大程度上依赖于手部躯体感觉系统的发展，尤其是触觉反馈的灵敏性以及触知觉信息在大脑中的理解整合，对手精细运动执行过程中动作的实时在线调节起到至关重要的作用[4,8]。研究[7]发现，初级运动皮质区富含一系列与手部相对应的神经元，这些神经元依赖于复杂的感觉–运动交互反馈机制。此外，皮质脊髓束能直接调节脊髓水平的触知觉躯体感觉输入，对手部动作的精准执行非常重要[7,17]。研究[5–7]认为，直接参与运动控制的大脑皮层、基底神经节、小脑和脊髓等诸多中枢神经系统结构都非常依赖于多模态感觉信息，这些信息或提供躯体周围环境和动作表现即时反馈，或提供用于

动作前馈控制的感觉运动表征。因此，运动行为被认为受到广泛分布的感觉–运动神经网络的调节[4–8]，且动作的精准执行依赖躯体感觉输入以及感觉运动整合。以上研究结果强调，在规划上肢功能障碍康复策略时，必须考虑触觉感知、触觉辨别等躯体感觉障碍的不利影响[6]。

研究[17–18]表明，痉挛性偏瘫CP儿童初级躯体感觉皮质区普遍存在不同程度的功能损害，而上肢和手执行日常生活任务时所必需的任何目标导向性动作都涉及与外部环境的紧密交互，这个过程依赖于感觉–运动整合[3,5–7]。外周感觉受体收集到身体表面或皮下的感觉信息并作出反应，将产生的躯体感觉信息通过丘脑向对侧初级躯体感觉皮质区投射并最终进入大脑皮层，因此初级躯体感觉皮质区对于处理外部环境信息和身体受刺激部位的体感特征是至关重要的[8,17–18]。众所周知，手部强化训练可以诱导大脑功能重组和神经可塑性改变。基于磁共振功能成像（functional magnetic resonance imaging, fMRI）和脑磁图（magnetoencephalography, MEG）的神经影像学研究[18]表明，这种改变不仅仅体现在初级运动皮质区（M1区），在初级躯体感觉皮质区同样会发生类似的神经重组。基础研究[11]也表明，8周的丰富环境训练增强了大鼠对触觉刺激的电生理反应，且大鼠的感觉皮质区在触觉强化训练后发生了神经可塑性改变。因此，本研究针对痉挛性偏瘫CP儿童患侧手普遍存在的触觉躯体感觉缺陷，反复实施密集性的触觉反馈强化训练，在重建患侧手感觉–运动整合功能、改善精细运动能力的同时，介导了初级躯体感觉皮质区的神经可塑性改变，促进大脑受损感觉运动皮质区的功能重组，从而取得更好的治疗效果[19–21]。

本研究中两组患儿均接受了镜像神经元康复训练系统治疗，结果显示治疗后两组患儿的PDMS–FM评分、UEFT评分和WeeFIM评分均较组内治疗前显著提高（$P<0.001$）。既往研究[22–24]证实，基于镜像神经元的动作观察疗法（action observation therapy, AOT）和运动想象训练（motor imagery training, MIT）在痉挛性偏瘫CP儿童上肢精细功能康复训练中具有良好的临床效果。相较于单一AOT或MIT，本研究采用的镜像神经元康复训练系统融合了“动作观察–运动想象–模仿执行”联合训练模式，其核心机制在于动作观察阶段患儿大脑的额顶镜像系统（包括Broca区、运动前皮质区腹侧、顶下小叶等区域）被激活，镜像神经元放电模式与实际执行动作时相似，形成“观察–执行”匹配[22,25]。这种映射使患儿无需实际运动即可理解动作目标，尤其适用于因痉挛导致主动运动受限的患儿。在运动想象阶段，患儿在脑海中重复演练观察到的动作，激活与实际执行重叠的运动皮层及小脑等区域，增强运动皮层神经兴奋性[22,26]。随后在模仿执行阶段，借助镜像视觉反馈和双侧同步训练，将预激活的运动通路转化为实际动作输出，最终有效改善患儿上肢精细运动功能。

综上所述，在常规康复训练和镜像神经元康复训练系统治疗的基础上，联合触觉反馈强化训练可以更有效地改善痉挛性偏瘫CP儿童上肢精细运动功能，提示本研究采用的“感觉–运动”联合干预模式值得在临床中推广应用。但需要指出的是，本研究也存在样本量偏小、未随访长期疗效等不足，且本次研究仅纳入痉挛性偏瘫CP儿童作为研究对象，而触觉障碍等躯体感觉缺陷在不同类型CP儿童中普遍存在，因此本课题组在后续研究中将开展更多高质量、大样本临床研究，进一步探索针对CP儿童肢体功能障碍行之有效的、兼顾感觉系统和运动系统的联合干预方案，以期为CP儿童的康复治疗提供参考。

[参 考 文 献]

[1] 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)：简介[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(12): 885–886.

[2] Poitras I, Martinie O, Robert M T, et al. Impact of sensory deficits on upper limb motor performance in individuals with cerebral palsy: a systematic review[J]. Brain Sci, 2021, 11(6): 744.

[3] 王海南, 刘鹏, 张明, 等. 基于中文版上肢技巧质量测试的个体化训练联合镜像疗法对脑瘫患儿上肢运动功能和日

常生活活动能力的影响［J］. 中华物理医学与康复杂志, 2024, 46(6): 506–511.

［4］ Jovellar–Isiegas P, Resa Collados I, Jaén–Carrillo D, et al. Sensory processing, functional performance and quality of life in unilateral cerebral palsy children: a cross–sectional study［J］. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(19): 7116.

［5］ Brun C, Traverse É, Granger É, et al. Somatosensory deficits and neural correlates in cerebral palsy: a scoping review［J］. Dev Med Child Neurol, 2021, 63(12): 1382–1393.

［6］ McLean B, Taylor S, Valentine J, et al. Somatosensory discrimination impairment in children with hemiplegic cerebral palsy as measured by the sense_assess© kids［J］. Aust Occup Ther J, 2021, 68(4): 317–326.

［7］ Dan B. Cerebral palsy is a sensorimotor disorder［J］. Dev Med Child Neurol, 2020, 62(7): 768.

［8］ Papadelis C, Butler E E, Rubenstein M, et al. Reorganization of the somatosensory cortex in hemiplegic cerebral palsy associated with impaired sensory tracts［J］. Neuroimage Clin, 2017, 17: 198–212.

［9］ Santana C A S, Dos Santos M M, de Campos A C. Interrelationships of touch and proprioception with motor impairments in individuals with cerebral palsy: a systematic review［J］. Percept Mot Skills, 2022, 129(3): 570–590.

［10］ 顾秋燕, 倪钰飞, 葛晓云, 等. 气动式手康复设备对痉挛型偏瘫脑性瘫痪儿童手功能的效果［J］. 中国康复理论与实践, 2023, 29(1): 93–97.

［11］ Kuo H C, Gordon A M, Henrionnet A, et al. The effects of intensive bimanual training with and without tactile training on tactile function in children with unilateral spastic cerebral palsy: a pilot study［J］. Res Dev Disabil, 2016, 49–50: 129–139.

［12］ Wuang Y P, Huang C L, Wu C S. Haptic perception training programs on fine motor control in adolescents with developmental coordination disorder: a preliminary study［J］. J Clin Med, 2022, 11(16): 4755.

［13］ 贠国俊, 郭莹莹, 张冬雪, 等. 应用磁共振扩散张量成像技术评价手–臂双侧强化训练对痉挛型偏瘫患儿上肢功能的临床效果［J］. 中国康复, 2023, 38(4): 200–203.

［14］ 杨阳, 刘合增, 李志林, 等. 鼓圈音乐治疗对痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢的影响［J］. 中国康复, 2024, 39(6): 340–343.

［15］ Kim G W, Kim H, Jeon J Y, et al. Validity and reliability of functional independence measure for children (WeeFIM) for children with cerebral palsy［J］. Inquiry, 2022, 59: 469580211072454.

［16］ Auld M L, Johnston L M. Perspectives on tactile intervention for children with cerebral palsy: a framework to guide clinical reasoning and future research［J］. Disabil Rehabil, 2018, 40(15): 1849–1854.

［17］ Trevarrow M P, Kleinsmith J, Taylor B K, et al. The somatosensory cortical activity in individuals with cerebral palsy displays an aberrant developmental trajectory［J］. J Physiol, 2021, 599(4): 1281–1289.

［18］ Song Y, Renoul E, Acord S, et al. Aberrant somatosensory phase synchronization in children with hemiplegic cerebral palsy［J］. Neurosci Lett, 2021, 762: 136169.

［19］ Auld M L, Johnston L M. Getting inTOUCH: outcomes of a knowledge translation intervention for tactile assessment knowledge, barriers, and practice in paediatric therapists working with children with cerebral palsy［J］. Disabil Rehabil, 2019, 41(19): 2350–2358.

［20］ Steinbusch C V M, Defesche A, van der Leij B, et al. The effect of bimanual intensive functional training on somatosensory hand function in children with unilateral spastic cerebral palsy: an observational study［J］. J Clin Med, 2023, 12(4): 1595.

［21］ Jobst C, D'Souza S J, Causton N, et al. Somatosensory plasticity in hemiplegic cerebral palsy following constraint induced movement therapy［J］. Pediatr Neurol, 2022, 126: 80–88.

［22］ 庄金阳, 贾杰. 镜像疗法在偏瘫型脑瘫患儿上肢功能康复中的应用研究进展［J］. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(11): 1043–1047.

［23］ Ortega–Martínez A, Palomo–Carrión R, Carrasco–Uribarren A, et al. Motor and sensory benefits of mirror therapy in children and adolescents with unilateral cerebral palsy: a systematic review and meta–analysis［J］. Healthcare (Basel), 2025, 13(13): 1538.

［24］ Khan Z, Noohu M M, Parveen S, et al. Effect of mirror therapy on upper limb function in children and adolescents with hemiplegic cerebral palsy: a systematic review and meta–analysis［J］. Dev Neurorehabil, 2024, 27(3–4): 106–115.

［25］ Abdelhaleem N, Taher S, Mahmoud M, et al. Effect of action observation therapy on motor function in children with cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trials with meta–analysis［J］. Clin Rehabil, 2021, 35(1): 51–63.

［26］ Xie J, Jiang L, Li Y, et al. Rehabilitation of motor function in children with cerebral palsy based on motor imagery［J］. Cogn Neurodyn, 2021, 15(6): 939–948.