

镜像治疗在脑卒中偏瘫上肢功能恢复的循证实践及应用进展

何爱群^a, 聂天翠^a, 宋秋爽^a, 黎景波^a, 王晓云^b

【关键词】 脑卒中; 镜像治疗; 上肢功能

【中图分类号】 R49; R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2021.09.012

镜像治疗(mirror therapy, MT)源于1996年,最早是由Ramachandran等^[1]作为一种缓解截肢者幻肢疼痛的治疗方法提出的。在镜像治疗中患者坐在桌子前,在他们面前的矢状面放置一面镜子,患肢放在镜子背后,患者按指示观察自己健侧肢体的镜像,并把镜像想象成患肢,给患者一种患肢正在正确工作的错觉或透视^[2],从而激活大脑皮层,促进功能重建。

在过去的十年中,由于其操作简单、对设备要求低,无明显副作用,临床效果较好,镜像治疗已经成为一种热门的脑卒中康复方法,越来越多的临床研究证实了镜像治疗的积极疗效。研究发现^[3-4],镜像治疗在一定程度上能够改善脑卒中患者偏瘫上肢功能、日常生活能力及疼痛,且在脑卒中早期、恢复期及后遗症期均有积极的作用。但镜像治疗确切的程序或治疗方案尚不统一,针对不同病情患者实施镜像治疗的最佳时间、实施频率、持续时间等还有待进一步研究。现就镜像治疗在脑卒中偏瘫上肢功能恢复的循证实践及应用进展进行综述,为规范应用镜像治疗进一步提供依据和方向。

1 镜像治疗的神经生理机制

尽管镜像治疗有着较好的临床疗效,其神经生理机制仍不明确。研究最多的机制集中在视觉反馈和大脑皮层的激活以及镜像神经元系统对学习过程的影响。大脑倾向于在本体感觉反馈或躯体感觉反馈之前识别视觉反馈,镜像治疗是基于这个理论所提出的神经可塑性方法^[5]。镜像治疗提供了患侧上肢进行正确运动的视觉输入,这些视觉输入可代偿患侧上肢减少或缺失的知觉输入并建立肢体间的联系^[6]。通过镜子反射的患侧上肢和患手在主动活动的镜像可以增加注

意力和其它认知控制相关区域的神经活动,增加投射到患侧手/上肢的同侧和对侧初级运动皮层的兴奋性^[7],激活并调节双侧大脑皮层的兴奋性和平衡,并使损伤脑区的周围区域进行重组,通过这样达到功能的重建并促进运动功能恢复^[8]。在视觉信息转换成为活动行为时激活镜像神经元系统,镜像神经元系统的激活能影响运动学习进程,是通过视觉输入进行学习新技能的基础^[9],是运动学习的重要神经机制^[10]。

2 镜像治疗在脑卒中偏瘫上肢功能恢复的循证实践

尽管治疗方案尚不统一,随着越来越多临床研究的开展,镜像治疗在临床应用中有关单一和联合应用的疗效,不同活动方案的疗效比较及镜像治疗疗效的决定因素等这些临床关注问题都得到了实证。David等^[11]系统回顾镜像治疗与常规康复治疗在促进急性和慢性脑卒中患者上肢功能恢复的疗效,以确定镜像治疗是否优于其他干预方法。对纳入研究的主要变量的组间和组内比较均表明,单独应用镜像治疗比常规康复或常规康复联合镜像治疗在短期内促进脑卒中上肢功能的恢复有更好的上肢功能结局,镜像治疗联合常规康复治疗较常规康复治疗对偏瘫上肢功能的促进更有效,主要表现在上肢运动恢复、上肢功能和手总灵巧度。研究指出为达到最大效果,镜像治疗的干预应包括每周5d,每次20min,持续4周。

镜像治疗可与经颅磁刺激^[12-13]、肌电生物反馈电刺激^[14]、多通道电刺激^[15]、针灸等联合应用^[16],在目前的研究中均显示出积极的临床效果。Luo等^[17]进行的一项联合镜像治疗对脑卒中患者上肢协同作用的系统综述和荟萃分析中,检索了最近6年镜像治疗联合其他方法的随机对照研究,探讨镜像治疗联合肌电图生物反馈、电刺激手套、针灸、肌电诱发电刺激对脑卒中患者上肢的协同作用并分析判断4种联合方式的疗效。一共10个随机对照研究,共计444例卒中后上肢功能受损的患者纳入荟萃分析,结果表明与单一康复治疗相比,联合镜像治疗对促进偏瘫上肢运动功能恢复的治疗效果显著,镜像治疗与其他治疗的联合应

基金项目:广东省医学科学技术研究基金项目(A2018109);广东省工伤康复医院院内立项课题(2018C008-B)

收稿日期:2020-08-15

作者单位:广东省工伤康复医院,a. 作业治疗科, b. 康复研究所, 广州510440

作者简介:何爱群(1983-),女,副主任技师,主要从事脑损伤康复方面的研究。

用(特别是肌电图生物反馈和肌电诱发电刺激)优于单一的康复治疗,表现在 Fugl-Meyer 评估的肌肉反射能力,协调运动以及准确操作方面。但因样本量和治疗时间因素导致异质性较高。

镜像治疗的运动方案中动作执行的方式有两种,一种是复制身体的姿势和动作即基于动作的镜像治疗,如波恩方案及由波恩方案发展而来的柏林方案和家庭自我训练方案^[18-20],波恩方案和柏林方案允许近身和远身结合姿势,从而改变任务难度。另一种是操作物体的功能活动即基于任务的镜像治疗,对改善脑卒中腕手部功能^[21-22]、改善偏侧忽略和日常生活活动能力有积极疗效^[23-24],但目前仍没有标准的基于任务的镜像治疗方案。为比较基于动作的镜像治疗(movement based mirror therapy, MMT)和基于任务的镜像治疗(task based mirror therapy, TMT)在偏瘫上肢功能恢复的疗效, Bai 等^[25]纳入 34 例偏瘫上肢功能轻度至中度损伤的亚急性脑卒中患者进行随机对照研究,研究表明 MMT 和 TMT 均能有效改善脑卒中偏瘫患者的上肢功能,但 MMT(复制肢体的姿势和动作如手腕伸展和屈曲)在使用 FMA 评估上肢运动障碍方面显示出更好的效果,提示 MMT 在改善偏瘫上肢损伤方面优于 TMT。Morkisch^[26]的研究也指出执行基于动作的练习可能是增强镜像治疗在卒中后改善运动功能效果的一个疗效参数。

积极的证据证明^[3],与其它治疗比较,镜像治疗对脑卒中后偏瘫运动功能和运动障碍有显著的积极影响,可以改善偏瘫上肢功能、日常生活活动和疼痛。但因在个别研究中使用的治疗方案有显著的变异性, Morkisch^[26]等在 Thieme 等^[3]的基础上对文献进行二次荟萃分析,以检测镜像治疗方案中可能影响偏瘫上肢疗效的参数,主要分析镜子的大小,单或双侧运动执行和运动的类型这三个因素。共 32 个随机对照试验(其中 20 个试验满足三个亚组的分析), 1031 例参与者纳入研究,分析指出使用大镜子($\geq 50\text{cm} \times 40\text{cm}$, 达到眼睛水平)比使用小镜子(高度 $< 50\text{cm}$ 的定义为小镜子)对运动功能有更高的影响。单侧执行动作对运动功能的影响高于双侧执行动作(健侧和患侧上肢执行运动视为双侧执行动作,排除患侧由治疗师被动执行运动)。与基于动作的镜像治疗相比,包括操纵物体在内的镜像治疗练习对运动功能的影响较小。这项分析的结果表明,镜像治疗对运动功能和受损上肢的影响取决于治疗方案,一个大镜子(镜子尺寸足够大,让患者看到反射肢体的整个长度,帮助患者在不需要扭曲躯干的情况下更容易地看到整个肢体的镜像,能够轻松地进行一系列双边运动,而看不到镜子后面的肢

体),单侧运动和基于动作的练习可能是增强镜像治疗在卒中后改善运动功能效果的参数。

3 镜像治疗技术的新进展

镜像治疗经过多年的理论和临床实践,工具及治疗形式加快发展,治疗设备也从传统的平面镜或镜盒发展到投影技术、虚拟现实反馈装置及机器人辅助系统^[27-28]。

3.1 电脑增强反射技术 增强反射技术(augmented reflection technology, ART)是基于镜像治疗的原则发展出来的。ART 除传统镜像疗法的功能外,允许有更广泛的计算机介导的视觉错觉和锻炼的可能性。计算机介导的镜像视觉错觉(如在 ART 中使用的镜像)会引起与光学镜像(如传统的镜像盒)相似的大脑激活^[29]。ART 的欺骗能力达到镜盒的三倍,参与者更容易相信屏幕一侧镜像的手就是患手^[30]。此外,ART 还能让使用者对展示的肢体产生强烈的拥有感。Hoermann 等^[31]提出并评估了一种新颖且经济实惠的增强现实系统(ART),结合柏林方案用于脑卒中后偏瘫上肢康复,研究结果证明柏林方案与 ART 结合在临床应用的可行性,ART 可作为一项辅助治疗干预用于亚急性期的卒中患者。作为一种虚拟现实设备,ART 显示出更有效利用住院时间和增强患者康复的潜力,ART 的镜像治疗可以有意义地增加到大多数患者的临床常规治疗中。

3.2 虚拟现实镜盒 鉴于传统镜盒在技术和概念上的局限,如运动自由度更少,在镜盒中完整的肢体和镜像的肢体总是被认为是一致运动的,与下肢的自然使用相违背。使用计算机生成的虚拟环境(虚拟现实镜盒)可克服这些局限。在虚拟现实镜盒中,移动的虚拟肢体实现时间延迟是可能的,因此可以产生交替肢体运动。研究表明^[32]虚拟现实镜盒较传统镜盒在镜像/虚拟运动对侧的初级躯体感觉皮层可引起更强的任务相关激活,在执行运动对侧的初级运动皮层与躯体感觉皮层之间有增强的功能连通性。行为数据显示虚拟现实镜盒与传统镜盒有相同的感知。在执行动作时,观察虚拟/镜像手的运动较观察自身镜像手的运动更能增加躯体感觉区的激活,疗效可能与虚拟手带来更强的激活有关。鉴于虚拟现实技术应用的实际优势,虚拟镜像模式可以用于脑卒中后,具有复杂区域疼痛综合征或截肢的患者验证治疗后大脑激活的变化。

3.3 电脑数字化镜像治疗 Lee 等^[33]用电脑显示屏、摄像头及木盒将数字成像技术融入镜像工具,代替了传统平面镜装置的镜像工具。患手由桌面上的木盒遮挡,健手活动信号通过摄像头捕捉投影于电脑显示

屏上,将光学成像转变为数字成像,使得微小的运动信号都得以被捕捉从而转变为视觉信号,且信号传播实时准确度高。该系统打破传统镜像治疗的对称双侧协调训练,可提供延迟的镜像视觉反馈,已在健康人身上验证可行性并建立其对皮质活化影响的可行性分析模型,为未来开展临床应用提供基础。丁力等^[34]研发的数字化仿真镜像治疗训练系统,包括受训者交互显示器、训练者操控平台及数字镜像训练盒硬件,通过摄像头拍摄手部运动影像,经镜像影像处理技术形成数字化成像镜像设备;该系统包含特定编制的空间想象训练模块、基于动作训练模块和功能动作训练模块程序,增加了镜像治疗的可控性和可操作性,规范了训练方案实施程序。随后在一项随机对照试验中比较该系统与常规干预方法对偏瘫上肢的疗效,数字化镜像治疗组的患者在上肢功能和日常生活活动能力的改善优于常规治疗组。

3.4 机器人镜像系统 镜像上肢康复机器人是将镜像治疗与机器人相结合形成的镜像训练装置,通过提供人性化的、具有“沉浸感”的人机交互界面,应用视觉、触觉等多媒体技术,增强患者参与训练的积极性。镜像上肢康复机器人研究尚属初级阶段,目前其主要是研究数据采集系统和控制方式,关于稳定性分析、运动功能性评估和智能控制策略研究尚少^[35]。

Beom等^[28]在数字成像的基础上,将虚拟现实游戏应用于镜像治疗,同时使用传感器记录健侧活动,患侧由外骨骼机器人提供辅助,外骨骼机器人纠正及补偿计算机计算出的患侧与健侧扭力的差异,使得健患侧做到同步运动并完成4个双轴的虚拟现实游戏。1例56岁慢性右侧基底节出血患者应用该系统的测试结果显示患者Fugl-Meyer运动功能评定量表上肢部分提高,左手握力明显提高,其对偏瘫后的上肢功能康复有效,但无法锻炼手腕和手指功能。

虚拟镜像及虚拟现实反馈装置为代表的数字化成像及反馈技术给镜像疗法带来新的治疗方式。因此,比较传统镜像治疗与数字化成像及虚拟现实反馈技术等新康复技术的疗效差异也是值得探讨的新课题^[36]。关于机器人技术和虚拟现实技术能否给镜像治疗康复带来真正进步的问题,Darbois等^[37]通过检索1996~2018年5月发表的文献,总结机器人或计算机镜像治疗研究活动的范围、性质和基本原理,总结这些疗法疗效的主要来源和现有证据类型;经系统回顾和荟萃分析后发现:尽管有公共资金的支持,第二代镜像治疗的大部分研究质量很低,疗效的主要来源和证据类型是病例系列或报告。鉴于开展这类研究的基于证据的理论基础不足,不建议康复专业人员和机构投资于此类

设备。考虑到所需的成本、时间和资源,在有公共资金的情况下,建议通过进行良好的随机对照试验来评估现有设备代替开发新设备。

4 镜像治疗的展望

已有大量的随机对照试验和荟萃分析为镜像治疗的临床应用提供有效证据,但镜像治疗确切的程序或治疗方案尚不统一^[38],尚缺乏对镜像治疗具体实施过程的研究,针对不同病情患者实施镜像治疗的最佳时间、实施频率、持续时间等还有待进一步研究,需要精心设计大样本随机对照研究^[39],进一步明确疗效评估工具^[40],以帮助更好地确定最有效的干预方案。同时加强对患者的随访,分析干预的短、中、远期效果。

已有研究表明结合镜像治疗的家庭训练方案帮助脑卒中患者在日常任务和下肢力量的使用上表现出更好的改善^[41],提示居家或远程镜像治疗可能是未来镜像治疗的一种发展趋势。有研究表明镜像治疗结合感觉再教育训练可有效地改善移植足趾再造手指指腹感觉功能恢复,基于镜像神经元理论的虚拟现实疗法可以促进身体受损儿童的康复^[42]。越来越多的应用证实了镜像治疗的可行性,未来镜像治疗将应用到更广阔的领域中去。

【参考文献】

- [1] Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors[J]. *Proc Biol Sci*, 1996, 263(1369): 377-386.
- [2] Dohle C, Puellen J, Nakaten A, et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: A randomized controlled trial[J]. *Neuro-rehabil Neural Repair*, 2009, 23(3): 209-217.
- [3] Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, et al. Mirror therapy for improving motor function after stroke[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 7(7): CD008449.
- [4] 彭娟, 杨仕彬, 李爱玲, 等. 镜像疗法改善脑卒中偏瘫患者上肢功能障碍的 Meta 分析[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(11): 844-853.
- [5] Garry MI, Loftus A, Summers JJ. Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability[J]. *Exp Brain Res*, 2005, 163(1): 118-22.
- [6] Altschuler EL, Sidney B, Wisdom SL, et al. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror[J]. *The Lancet*, 1999, 353(9169): 2035-2036.
- [7] Frederik JAD, Smorenburg RPA, Benham A, et al. Reflections on Mirror Therapy: a systematic review of effect of mirror visual feedback on the brain[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2015, 29(4): 349-361.
- [8] Thirumala P, Hier DB, Patel P. Motor recovery after stroke: lessons from functional brain imaging[J]. *Neurol Res*, 2002, 24(5): 453-458.
- [9] Fadiga L, Craighero L. Electrophysiology of action representation[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2004, 21(3): 157-169.

- [10] Biagi L, Cioni G, Fogassi L, et al. Action observation network in childhood: a comparative fMRI study with adults[J]. *Dev Sci*, 2016, 19(6): 1075-1086.
- [11] Perez-Cruzado D, Merchan-Baeza JA, Gonzalez-Sanchez M, et al. Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors[J]. *Aust Occup Ther J*, 2017, 64, (2): 91-112.
- [12] Jinhong Kim, Jongeun Yim. Effects of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Task-Oriented Mirror Therapy Training on Hand Rehabilitation of Acute Stroke Patients[J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24(1): 743-750.
- [13] 杨剑, 孟殿怀, 邵中洋, 等. 高频经颅磁刺激联合镜像治疗对男性脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(2): 91-95.
- [14] 柯明慧, 金星, 孟兆祥, 等. 镜像疗法结合肌电生物反馈对脑卒中恢复期患者上肢功能的影响[J]. *中国康复*, 2020, 40(2): 183-186.
- [15] Schick T, Schlake HP, Kallusky J, et al. Synergy effects of combined multichannel EMG-triggered electrical stimulation and mirror therapy in subacute stroke patients with severe or very severe arm/hand paresis[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2017, 35(3): 319-332.
- [16] 朱迪, 朱科赢, 王礼轩, 等. 镜像疗法联合头穴透刺应用于脑卒中后患者下肢功能康复训练的疗效观察[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(5): 533-538.
- [17] Luo Z, Zhou Y, He H, et al. Synergistic Effect of Combined Mirror Therapy on Upper Extremity in Patients With Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Front. Neurol*. 2020, 11(1): 155-155.
- [18] Dohle C, Puellen J, Nakaten A, et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23(3): 209-217.
- [19] Morkisch N, Lommack R, Kadow L, et al. Evaluation eines standardisierten Therapieprotokolls zur Spiegeltherapie[J]. *Neurol Rehabil*, 2017, 23(3): 216-226.
- [20] Jettkowski K, Morkisch N, Thieme H, et al. Machbarkeitsprüfung eines standardisierten Eigentrainingsprogramms zur Spiegeltherapie nach Schlaganfall fuer die obere Extremitaet[J]. *Neurol Rehabil*, 2014, 20(6): 341-342.
- [21] Arya KN, Pandian S, Kumar D. Task-Based Mirror therapy augmenting motor recovery in post stroke hemiparesis: a randomized controlled trial[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2015, 24(8): 738-748.
- [22] Park Y, Chang M, Kim KM, et al. the effects of mirror therapy with tasks on upper extremity function and self-care in stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(5): 1499-1501.
- [23] 侯红, 吴玉霞, 王彤. 镜像治疗对脑卒中偏侧忽略症改善的疗效观察[J]. *中国康复*, 2018, 33(4): 283-285.
- [24] Lim KB, Lee HJ, Yoo J, et al. Efficacy of Mirror Therapy Containing Functional Tasks in Poststroke Patients[J]. *Ann Rehabil Med*, 2016, 40(4): 629-636.
- [25] Bai Z, Zhang J, Zhang Z, et al. Comparison Between Movement-Based and Task-Based Mirror Therapies on Improving Upper Limb Functions in Patients With Stroke: A Pilot Randomized Controlled Trial[J]. *Front Neurol*, 2019, 10(1): 288-288.
- [26] Morkisch N, Thieme H, Dohle C. How to perform mirror therapy after stroke Evidence from a meta-analysis[J]. *Restor Neuro Neurosci*, 2019, 37(5): 421-435.
- [27] 陈洪森, 冯嘉诚, 黄千树, 等. 一种基于镜像原理的神经-肌肉康复训练器设计[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33(7): 850-851.
- [28] Beom J, Koh S, Nam HS, et al. Robotic Mirror Therapy System for Functional Recovery of Hemiplegic Arms[J]. *J Vis Exp*. 2016, 8(114): 54521.
- [29] Mehnert J, Brunetti M, Steinbrink J, et al. Effect of a mirror like illusion on activation in the precuneus assessed with functional near-infrared spectroscopy[J]. *J Biomed Opt*. 2013, 18(6): 066001.
- [30] Regenbrecht HT, Franz EA, Mcgregor G, et al. Beyond the looking glass: fooling the brain with the augmented mirror box[J]. *Presence Teleop Virt*. 2011, 20(6): 559-576.
- [31] Hoermann S, Santos LFD, Morkisch N, et al. computerised mirror therapy with Augmented Reflection Technology for early stroke rehabilitation clinical feasibility and integration as an adjunct therapy[J]. *Disabil Rehabil*, 2017, 39(15): 1503-1514.
- [32] Diers M, Kamping S, Kirsch P, et al. Illusion-related brain activations: A new virtual reality mirror box system for use during functional magnetic resonance imaging[J]. *Brain Res*, 2015, 1594(1): 173-182.
- [33] Lee HM, Li PC, Fan SC, et al. Delayed mirror visual feedback presented using a novel mirror therapy system enhances cortical activation in healthy adults[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12(1): 56-56.
- [34] 丁力, 荣积峰, 崔晓, 等. 基于“闭环康复”的数字化镜像疗法对脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *华西医学*, 2018, 33(10): 1232-1237.
- [35] 陈书立, 张景岫, 陈海洋, 等. 镜像上肢康复机器人研究[J]. *计算机应用研究*, 2019, 36(2): 321-325.
- [36] 沈芳, 王晶, 曾明. 镜像疗法在脑卒中偏瘫患者上肢运动功能康复中应用的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 31(5): 590-593.
- [37] Darbois N, Guillaud A, Pinsault N. Do Robotics and Virtual Reality Add Real Progress to Mirror Therapy Rehabilitation? A Scoping Review[J]. *Rehabil Res Pract*, 2018, 2018(1): 1-15.
- [38] 何爱群, 曹海燕, 董安琴. 镜像治疗在脑卒中患者的临床治疗应用[J]. *中国康复*, 2018, 33(3): 253-256.
- [39] Chan WC, Au-Yeung SSY. Recovery in the Severely Impaired Arm Post-Stroke After Mirror Therapy: A Randomized Controlled Study[J]. *Am J Phy Med Rehabil*, 2018; 97(8): 572-577.
- [40] Cantero-Téllez R, Naughton N, Algar L, et al. Outcome measurement of hand function following mirror therapy for stroke rehabilitation: A systematic review[J]. *J Hand Ther*, 2019, 32(2): 277-291.
- [41] Hsieh YW, Chang KC, Hung JW, et al. Effects of Home-Based Versus Clinic-Based Rehabilitation Combining Mirror Therapy and Task-Specific Training for Patients With Stroke: A Randomized Crossover Trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 99(12): 2399-2407.
- [42] Kommalapati R, Michmizos KP. Virtual reality for pediatric neuro-rehabilitation: adaptive visual feedback of movement to engage the mirror neuron system[J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2016, 2016(1): 5849-5852.