

镜像疗法对脑卒中后肢体功能康复的研究进展*

彭娟¹ 胥方元^{1,2}

传统的康复治疗方法对脑卒中后偏瘫患者的治疗作用有限,大部分患者仍遗留有重度的运动功能障碍,多种康复措施已成为众多学者研究探索的对象。近年来,镜像神经元(mirror neurons, MN)的发现和基于镜像神经元系统(mirror neurons system, MNS)的神经康复新方法的不断发展创新,为这一难题带来了希望,其中镜像疗法(mirror therapy, MT)成为近来国外学者研究的热点。越来越多的研究表明镜像疗法在提高卒中后偏瘫肢体运动功能方面疗效较好,加之成本低廉,操作简单,尤其是适用于患者的自主练习,值得临床推广。本文将镜像疗法对脑卒中后肢体功能康复的研究进展做一综述。

1 镜像神经元及镜像神经元系统

镜像神经元是一类特殊的神经元,是人类及灵长类动物大脑进化的特征性标志^[1]。1996年,研究人员在用钨电极记录恒河猴运动前皮质(F5区)单神经元放电时发现,某些神经元不但在猴子执行特定动作时放电,在看到其他个体(猴或人)执行同一动作时也兴奋,这类神经元能像镜子一样映射其他同类个体的动作,因而被命名为镜像神经元^[2]。进一步研究发现,类似的神经元还存在于猴类等其他灵长类动物大脑中不同功能区域,而且可以与其他神经元构成一个神经网络^[3-4]。所有这些具有镜像性质的神经元组成了镜像神经元系统^[5]。

越来越多的研究证实镜像神经元广泛存在于人类的脑区内,与各种形式人类行为,如模仿、思维理论、新技能学习与阅读相关,涉及社会认知相关领域(语言、共情、学习过程等)^[6]。人脑中主要存在顶额镜像系统和边缘镜像系统两个镜像网络,前者由Broca区、运动前皮质腹侧(PMv)、中央前回下部、额下回后部(IFG)及顶下小叶(IPL)嘴侧等构成,后者由脑岛、杏仁核、前额叶皮质等构成。

当前,镜像神经元是国际镜像神经元治疗理论的神经生理学热点,需要指出的是,镜像神经元的激活不一定依赖于被研究个体的自我观察,通过观察同类个体的行为及运动等也可以启动脑内镜像神经元系统,一个很小的外部运动的感

觉刺激(如观察他人打哈欠)就能够触发并激活相应镜像神经元^[7]。Mukamel等^[8]的研究结果显示,辅助运动皮质和内侧颞叶等部位的某些神经元在观察与执行动作时均兴奋。脑功能磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)证实人类在执行模仿任务时大脑皮质的激活度显著高于非模仿组,特别是在额下回和运动前区皮质^[9-10]。此外,镜像神经元的激活不取决于记忆,即镜像神经元系统是能够识别动作的复杂性,不自觉地模仿我们所感知的东西^[11]。上述关于人类镜像神经元的存在依据及激活试验均是可以被重复的可靠研究。总之,镜像神经元在人类动作观察、动作模仿、运动想象、运动学习等过程中起重要作用,可以解释很多人类的行为的动机及神经功能紊乱的机制,根据其理论可以探索更多神经功能疾病的治疗方法。

2 镜像神经元系统在脑卒中康复治疗中的运用探讨

脑卒中是多种脑血管疾病的严重表现形式,偏瘫是脑卒中患者中最常见、影响最严重的后遗症,脑卒中偏瘫患者运动功能康复依靠受损区域大脑的程序的重组,其功能恢复很大程度上依赖于人脑的可塑性潜力,康复训练可促进大脑损伤区形成功能环路的重建,是降低致残率的主要方法^[12]。传统的康复治疗方法对脑卒中后偏瘫患者的治疗作用有限,随着康复医学的发展,学者提出是否可能通过镜像神经元系统的激活来促使大脑发生可塑性改变和功能重组,进而促进受损的运动功能恢复?

1997年,Nirkko等^[13]发现:脑卒中患者镜像神经元的分布区(大脑的顶叶和运动前皮质),在接受康复治疗后其兴奋性得到了提高且运动前皮质在脑卒中患者的运动功能恢复中发挥了重要作用,认为通过镜像神经元可以促进卒中患者大脑皮质功能的可塑性改变。Pomeroy等^[14]提出一种假说认为:观察正常肢体运动可以激活病变区域的镜像神经元细胞,有助于提高脑卒中后患侧上肢功能的恢复;进一步的临床试验证实脑卒中患者确实能够从动作观察、模仿中获益。此后的研究发现卒中患者接受观察疗法时健侧半球的腹侧前运动皮质、岛叶和颞上回,病变半球的运动前皮质、缘上回

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.03.025

*基金项目:四川省科技厅项目

1 西南医科大学附属医院康复科,四川泸州,646000; 2 通讯作者
作者简介:彭娟,女,硕士研究生,住院医师; 收稿日期:2015-06-29

和颞上回的镜像神经元有显著的激活,并发现卒中患者接受观察疗法亦能改善肢体的运动功能^[15]。研究人员使用fMRI研究脑卒中后患者大脑活动,要求患者观看一系列包括口、手和足部运动的视频,观看视频后患者皮质运动区明显被激活。镜像神经元具有这种特别的视觉属性,使视觉和运动之间的形成特定对应关系,无论人们观察怎样类型的视觉刺激,只要是同一动作的再现,则会产生同样的效应^[16]。由此可见,镜像神经元系统的激活影响着运动学习进程,因而镜像神经元系统也是运动学习的重要神经机制。正是基于上述机制,科学家发展了许多新的康复疗法,比如动作观察疗法、运动想象疗法、镜像疗法、虚拟现实疗法、脑-机接口技术等,因与镜像神经元系统有关,建立在镜像神经元理论之上,因此被称为基于镜像神经元理论的康复疗法^[17]。

过去十年有许多以亚急性和慢性脑卒中患者为研究对象的研究证实基于镜像神经元的康复疗法,有助于提高患者的ADL能力和改善上肢功能。Garrison等^[18]也认为基于镜像神经元的脑卒中康复方法,可以作为物理疗法的补充,有助于脑卒中后缺损的运动功能重建,尤其是镜像疗法,通过视觉反馈,激活大脑中的镜像神经元系统,从而改善患侧肢体运动功能,被认为是有效促进卒中后运动功能的恢复,增强运动行为的无创性治疗方法^[19]。此外,基于镜像神经元的康复疗法对脊髓损伤患者双下肢功能恢复也有效果^[20],有临床研究证实对小儿脑瘫的上肢功能恢复也有效^[21]。

3 镜像疗法与脑卒中康复治疗

3.1 镜像疗法

镜像疗法又称镜像视觉反馈疗法(mirror visual feedback, MVF)或平面镜疗法,由Ramachandran等^[22]于1995年提出,最早是被应用于对截肢后患肢疼痛的临床治疗之中,后被借鉴用于治疗脑卒中后肢体功能恢复,现多应用于单侧肢体受累的患者。

镜像疗法从提出至今20多年的时间里,都基于平面镜或结合透镜进行,在镜像辅具或设备方面一直以来没有太大的变化,早期镜像疗法是利用镜盒装置来进行,将平面镜直立于长方形盒内部的正中矢状面上,盒子的顶面及靠近使用者的侧面被移除。之后根据研究的不同需要,对镜盒装置进行了多种设计,最简化形式为在患者面前沿正中矢状面垂直放置一面镜子。镜子大小的选择以可以看到健侧肢体在镜子内反射的所有活动、但不能看到患侧肢体为准。训练时患者将肢体对称地置于镜子两侧,身体稍偏向健侧以便能观察镜面上健侧肢体反射出的镜像,而患侧肢体则被镜子挡住不进入视野,独立或在治疗师帮助下,健侧与患侧同时运动,即所谓的双侧运动训练,尽量使双侧肢体做一致的动作,观察健侧肢体活动在镜面中的成像并将其想象成患侧肢体的运

动,患者看到完好侧肢体运动的镜像,就可以激活相应皮质的镜像神经元。

然而最近几年,镜像疗法的辅具发展已有较大改变,不再依赖于传统的平面镜成像,虚拟镜像辅具及虚拟现实反馈装置为代表的数字化成像及反馈技术给了镜像疗法新的训练范式^[23]。脑电图证明,镜像治疗时脑细胞放电形式与实际执行动作时脑区电活动一致,因此有助于恢复受累侧肢体的运动功能^[24]。但目前受到镜像装置的限制,国内外多数研究在镜像疗法范式创新上难以突破。治疗过程中的具体程序、动作、时间强度未进行细致规范描述,直接影响临床研究效果结果的稳定性,也是进一步研究需要规范化的重要原因。

3.2 镜像疗法对脑卒中后肢体功能康复的神经生理机制

镜像疗法发挥疗效的神经生理机制还不十分明确,多数学者认为^[25],大脑中镜像神经元是镜像疗法发挥治疗疗效的一项重要作用机制:镜像治疗产生的视觉错觉通过激活神经传导通路,很有可能阻止或降低瘫痪肢体的“习得性废用”的发生,同时由于视觉反馈可以影响中枢感觉、运动区的皮质电活动,中枢又具有部分可塑性的,可以通过功能重组来补偿运动缺陷。因此,通过视觉反馈达到康复治疗的目的也就有了可行性。在观察镜中肢体运动时,由于镜像神经元机制,皮质脊髓束的兴奋性增高以及由此产生的易化效应,患肢的运动功能的康复被易化。同时,患者小脑半球亦被激活,促进肢体偏瘫功能康复^[26]。还有学者认为镜像疗法通过视觉反馈缓解幻肢痛、I、II型复杂性区域性疼痛、卒中后肩痛及肩手综合征,患者在观察镜子中的健肢成像,激活了大脑中的视觉记忆系统,纠正了疼痛感觉系统与运动系统的不一致,减轻了对肢体疼痛和运动的恐惧感,减少了肢体的废用从而缓解疼痛,进而改善了肢体的运动功能^[27]。

3.3 镜像疗法在脑卒中后肢体功能康复的临床运用情况

镜像疗法涉及动作观察、运动想象、模仿学习等诸多过程,可通过观察镜中偏瘫侧肢体幻像提高卒中后患肢的存在意识,促进运动功能恢复,增强对所观察到的动作形成运动模仿这一运动回路的敏感性。Dohle等^[28]对脑卒中早期患者在采用传统治疗的基础上同时加用了为期6周的镜像治疗,结果脑卒中患者不仅偏瘫侧上肢功能改善程度显著优于对照组,且浅感觉以及单侧忽略亦有明显恢复。Yavuzer等^[29]研究表明卒中患者均进行传统康复疗法,试验组增加镜像疗法,对照组用塑料板代替平面镜进行相同治疗;结果试验组Brunnstrom分期及功能独立性测量(functional independence measure, FIM)评分与对照组比较在治疗后4周及随访6个月时差异均有显著性意义。Lee等^[30]研究结果也显示,镜像疗法可以促进急性脑卒中后运动功能的恢复及改善。朱琳等^[31]研究显示,镜像治疗组在治疗后4周,1、3、6个月, Brunstrom和FIM评分均高于对照组($P < 0.05$);痉挛改

良 Ashworth 量表(modified Ashworth scale, MAS)较治疗前下降,但与对照组比较改善不明显($P>0.05$);结论是镜像疗法对提高卒中偏瘫患者手功能的恢复和降低手致残率的疗效显著,但对缓解痉挛的作用不明显。最新的随机对照研究显示,双侧运动训练比单侧效果显著,与常规康复治疗对比,镜像治疗结合双侧上肢训练和卒中分级阶段活动是改善患侧上肢运动功能的有效手段,这主要是由于双侧肢体同源性肌肉进行对称性运动时,两侧大脑半球相似的神经网络均得到激活,皮质间的抑制减弱,从而使患者的神经功能得以重组^[32]。

一项分阶段的随机双盲对照研究中,中度上肢麻痹的慢性卒中患者接受两阶段镜像治疗(第一阶段与康复中心,第二阶段在家自主练习),结果显示,一阶段镜像治疗组FMA评分显著提高,但在第二阶段的随访中该优势没有延续;fMRI证实仅镜像治疗组运动平衡的活化区由主要运动皮质向卒中侧转化,该研究是镜像治疗推进皮质功能重组的有益证据^[33]。另一项旨在评估在亚急性缺血性脑卒中患者上肢功能康复的研究设计为15例脑卒中患者,8例接受综合康复治疗、7例在综合康复治疗基础上接受6周每天30min,每周5次的镜像治疗,研究结果提示镜像疗法组患者上肢功能改善明显,并且时间对照后认为卒中后早期接受镜像治疗为最佳治疗时机^[34]。通过经颅直流电刺激与镜像疗法联合治疗慢性脑卒中患者上肢功能,27例脑卒中后6个月的患者随机分为实验组(14例)和对照组(13例);所有受试者接受经颅直流电刺激20min,休息5min后实验组接受镜像疗法,对照组进行同样的动作练习(无镜像练习),所有受试者接受这种干预45min,每周3次,连续6周后发现,实验组基础体温和握力增加较对照组更明显;表明经颅直流电刺激联合镜像疗法可能通过对大脑运动区的激活,促进神经可塑性的恢复,对脑卒中患者上肢功能恢复有积极影响^[35]。

为数不多的一个运用随机盲法的多中心随机对照试验表明,卒中后患者为主导主动进行的上、下肢镜像疗法是安全可行的,每天5—15min持续7天的疗法是一个现实的处方,镜像治疗组上肢力量和灵巧性表现出一定的改善,且无严重不良反应报告,但对下肢功能及步行能力的康复评定认为,镜像治疗组与对照组无明显差异^[36]。但也有研究报道,镜像治疗与传统的脑卒中康复计划相结合,显著提高亚急性脑卒中患者下肢运动功能及步行能力^[37]。此外,目前镜像治疗多集中在卒中后上肢及手功能康复领域,涉及下肢及步行、平衡能力的影响方面的研究相对不足,且仅有的研究也有样本量较小,纳入对象不统一、评估方法差异大及结局指标评估时间不一致等不足,故镜像疗法对卒中患者下肢功能的康复有效性、安全性评价存在一定争议,大样本多中心的随机对照试验也是以后研究的一个重要着力点。

脑卒中后肢体功能的康复是一个系统工程,针对患侧肢体运动功能的物理、作业治疗是其中最为重要一方面,但患者认知、言语、视力、听力是否受损,是否存在疼痛、吞咽障碍、单侧忽略及关节挛缩等均对患者的整体康复、重返社会有重要影响。目前的观点认为存在严重视力、听力、精神及认知功能障碍的脑卒中患者由于其理解力及想象力受限,不适合镜像治疗作为辅助康复手段^[38]。国外已有随机双盲试验证实其对卒中后偏侧忽略症等有效^[39]。国内也有研究发现,镜像治疗能进一步改善急性期脑卒中后吞咽困难患者的吞咽功能,降低误吸风险^[40]。镜像疗法对急性脑卒中偏瘫患者上肢关节挛缩预防方面取得较好疗效,有助于改善患者日常生活活动能力^[41]。

在大量研究证据表明镜像治疗对卒中患者康复有积极疗效是同时,也有资料显示在脑卒中早期就进行镜像治疗,对于患肢运动功能的恢复及平衡的改善效果并没有优于传统的康复治疗,但对改善步态有一定效果^[42]。另有相关随机对照研究显示镜像治疗对脑卒中患者上肢及手的运动功能、ADL能力和生存质量无影响,但在视觉空间忽略的康复方面起着积极作用^[43]。因此在未来研究中的一个关键问题是如何增加镜像疗法的治疗效果及治疗效果的可持续性,并为此制定最佳的治疗方案和选择最佳的治疗适应证。

4 展望

镜像神经元的发现给现有的神经科学带来了很大的补充和挑战,也为神经系统疾病的治疗和康复带来新的理论和方法。目前的研究证据表明基于镜像神经元理论的镜像疗法在提高脑卒中患者患肢运动功能,尤其是上肢及手功能康复方面疗效较为可靠,可早期介入弛缓期,缓冲消耗体力较多的传统康复手段,加之成本低廉,操作简单,尤其是患者的自主练习,不但提高了康复效率,也加强了患者的主动性,为临床治疗难度高的疼痛、感知觉障碍、偏侧忽略等提供了有效方法,符合现代康复医学的理念,有利于整体康复,提高患者ADL能力和社会参与度^[44]。目前镜像疗法在临床治疗与研究方法学上均有了较大发展,特异性任务导向训练为基础的镜像治疗(task-based mirror therapy, TBMT)将传统康复训练与镜像治疗有机结合起来,有利于提高中枢神经系统可塑性,明显改善卒中患者腕-手功能^[45]。此外,利用现代科技改良镜像辅具,扩大镜像治疗的运动范围(扩大反射镜面的面积与改良观察角度),同时将运动想象训练、视觉反馈技术、脑-机接口技术(brain computer interface, BCI)、运动学分析、神经系统影像学(如fMRI等)、循证医学等治疗与评价方法引入镜像治疗的研究与评价体系,进行大量随机对照、多中心、多阶段、标准化临床研究,是下一步研究的重要着力点^[46]。

镜像治疗也有其明显局限性,要求检测肢体镜像代替患

侧肢体,对双侧肢体瘫痪无效,期待通过电脑模拟成像解决此问题。此外,还存在适应证的合理选择、治疗的进一步规范等问题;在临床应用时也可能出现注意力不集中、出院后难以坚持等影响疗效因素以及头痛、恶心等不良反应;也会因个体文化、认知、想像能力的差异,导致不同的治疗效果;但它仍不失为一种具有良好应用前景的脑卒中康复治疗方法^[47]。尽管目前仅帮助了小部分患者摆脱痛苦,但由于潜在适用患者的数量巨大,它依然值得我们进一步研究并推广应用。相信随着镜像机制的逐渐明确、镜像辅具的优化和治疗方法的进一步规范,该项治疗技术可以得到更广泛的应用,造福更多的患者。

参考文献

- [1] Rizzolatti G, Fogassi L. The mirror mechanism: recent findings and perspectives[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2014, 369(1644): 20130420.
- [2] Murata A, Maeda K. What mirror neurons have revealed: revisited[J]. *Brain Nerve*, 2014, 66(6): 635—646.
- [3] Marshall PJ, Meltzoff AN. Neural mirroring mechanisms and imitation in human infants[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2014, 369(1644): 20130620.
- [4] Small SL, Buccino G, Solodkin A. Brain repair after stroke—a novel neurological model[J]. *Nat Rev Neurol*, 2013, 9(12): 698—707.
- [5] Inui T. Human mirror neuron system[J]. *Brain Nerve*. 2014, 66(6): 647—653.
- [6] Mathon B. Mirror neurons: from anatomy to pathophysiological and therapeutic implications[J]. *Rev Neurol (Paris)*, 2013, 169(4): 285—290.
- [7] Cooper RP, Cook R, Dickinson A, et al. Associative (not Hebbian) learning and the mirror neuron system[J]. *Neurosci Lett*, 2013, 540: 28—36.
- [8] Mukamel R, Ekstrom AD, Kaplan J, et al. Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions[J]. *Curr Biol*, 2010, 20(8): 750—756.
- [9] Buccino G, Vogt S, Ritzl A, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related fMRI study[J]. *Neuron*, 2004, 42(2): 323—334.
- [10] Hamilton AF. Reflecting on the mirror neuron system in autism: a systematic review of current theories[J]. *Dev Cogn Neurosci*, 2013, 3: 91—105.
- [11] Lamm C, Majdandžić J. The role of shared neural activations, mirror neurons, and morality in empathy: a critical comment[J]. *Neurosci Res*, 2015, 90: 15—24.
- [12] Thrane G, Friberg O, Anke A, et al. A meta-analysis of constraint-induced movement therapy after stroke[J]. *J Rehabil Med*, 2014, 46(9): 833—842.
- [13] Nirrko AC, Rösler KM, Ozdoba C, et al. Human cortical plasticity: functional recovery with mirror movements[J]. *Neurology*. 1997, 48(4): 1090—1093.
- [14] Pomeroy VM, Clark CA, Miller JS, et al. The potential for utilizing the "mirror neuron system" to enhance recovery of the severely affected upper limb early after stroke: a review and hypothesis[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2005, 19(1): 4—13.
- [15] Brunner IC, Skouen JS, Erslund L, et al. Plasticity and response to action observation: a longitudinal fMRI study of potential mirror neurons in patients with subacute stroke[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2014, 28(9): 874—884.
- [16] Lee HM, Li PC, Fan SC. 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.
- [17] 李欣怡, 刘泰源, 刘忠良. 镜像疗法的临床应用现状[J]. *中国康复*, 2014, 29(4): 300—302.
- [18] Garrison KA, Aziz-Zadeh L, Wong SW, et al. Modulating the motor system by action observation after stroke[J]. *Stroke*, 2013, 44(8): 2247—2253.
- [19] Small SL, Buccino G, Solodkin A. The mirror neuron system and treatment of stroke[J]. *Dev Psychobiol*, 2012, 54(3): 293—310.
- [20] Hotz Boendermake S, Hepp Reymond MC, Curt A, et al. Movement observation activates lower limb motor networks in chronic complete paraplegia[J]. *NeuroRehabil Neural Repair*, 2011, 25(6): 469—476.
- [21] Smorenburg AR, Ledebt A, Deconinck FJ, et al. Matching accuracy in hemiparetic cerebral palsy during unimanual and bimanual movements with (mirror) visual feedback[J]. *Res Dev Disabil*, 2012, 33(6): 2088—2098.
- [22] Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function[J]. *Brain*, 2009, 132(Pt 7): 1693—1710.
- [23] 丁力, 贾杰. “镜像疗法”作为一种康复治疗技术的新进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(5): 509—512.
- [24] Plata Bello J, Modroño C, González-Mora JL. The role of mirror neurons in neurosurgical patients: a few general considerations and rehabilitation perspectives[J]. *NeuroRehabilitation*, 2014, 35(4): 665—671.
- [25] Sale P, Franceschini M. Action observation and mirror neuron network: a tool for motor stroke rehabilitation[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2012, 48(2): 313—318.
- [26] Oouchida Y, Izumi S. The mirror neuron system in motor and sensory rehabilitation[J]. *Brain Nerve*, 2014, 66(6): 655—

- 663.
- [27] Liepert J. Evidence-based methods in motor rehabilitation after stroke[J]. *Fortschr Neurol Psychiatr*, 2012, 80(7): 388—393.
- [28] Dohle C, Püllen 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.
- [29] Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008, 89(3): 393—398.
- [30] Lee HM, Li PC, Fan SC. 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.
- [31] 朱琳, 贾晓红, 刘霖, 等. 运动想象对卒中后偏瘫患者手功能康复的疗效观察[J]. *中国脑血管病杂志*, 2009, 6(9): 451—455.
- [32] Samuelkamaleshkumar S, Reethajanetsureka S, Pauljebaraj P. Mirror therapy enhances motor performance in the paretic upper limb after stroke: a pilot randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(11): 2000—2005.
- [33] Michielsen ME, Selles RW, van der Geest JN, et al. Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: a phase II randomized controlled trial[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2011, 25(3): 223—233.
- [34] Dohle C, Püllen J, Nakaten A, et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23: 209—217.
- [35] Cho HS, Cha HG. Effect of mirror therapy with tDCS on functional recovery of the upper extremity of stroke patients [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(4): 1045—1047.
- [36] Lee MM, Cho HY, Song CH. The mirror therapy program enhances upper-limb motor recovery and motor function in acute stroke patients[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91(8): 689—696.
- [37] Sütbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N, et al. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88(5): 555—559.
- [38] Mehta UM, Thirthalli J, Aneelraj D, et al. Mirror neuron dysfunction in schizophrenia and its functional implications: a systematic review[J]. *Schizophr Res*, 2014, 160(1-3): 9—19.
- [39] Pandian JD, Arora R, Kaur P, et al. Mirror therapy in unilateral neglect after stroke (MUST trial): a randomized controlled trial[J]. *Neurology*, 2014, 83(11): 1012—1017.
- [40] 龙耀斌, 张红敏. 镜像疗法对急性期脑卒中吞咽障碍的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 21(9): 1078—1081.
- [41] 樊蕴辉, 李立群, 刘晨, 等. 镜像疗法对预防脑卒中患者上肢关节挛缩、改善日常生活活动能力的效果分析[J]. *河北联合大学学报(医学版)*, 2015, 17(5): 110—112.
- [42] Radajewska A, Opara JA, Kucio C, et al. The effects of mirror therapy on arm and hand function in subacute stroke in patients[J]. *Int J Rehabil Res*, 2013, 36(3): 268—274.
- [43] Thieme H, Bayn M, Wurg M, et al. Mirror therapy for patients with severe arm paresis after stroke: a randomized controlled trial[J]. *Clinical Rehabilitation*, 2012, 27(4): 314—324.
- [44] Mathon B. Mirror neurons: from anatomy to pathophysiological and therapeutic implications[J]. *Rev Neurol (Paris)*, 2013, 169(4): 285—290.
- [45] Arya KN, Pandian S, Kumar D, et al. Task-based mirror therapy augmenting motor recovery in poststroke hemiparesis: a randomized controlled trial[J]. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 2015, 24(8): 1738—1748.
- [46] 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]. *Phys. Ther Sci*, 2015, 27(5): 1499—1501.
- [47] 王海燕, 赵志军, 吴庆文. 镜像疗法在脑卒中康复治疗中的应用[J]. *医学信息*, 2014, 27(5): 611.