

## • 综述 •

# 基于镜像神经元理论的动作观察疗法在神经康复中的应用进展

李新宇

【中图分类号】 R49;R493 【DOI】 10.3870/zgkfr.2016.02.024

镜像神经元系统(mirror neuron system, MNS)的发现改变了我们对人类理解方式的认知,被称为心理学的“DNA”<sup>[1]</sup>,其储存了特定行为模式的编码,是观察者理解其他个体动作的神经生理学基础<sup>[2]</sup>。镜像神经元分布在不同的脑区,构成了MNS。MNS提供“观察-执行匹配机制”,对理解人类思维能力的起源及人类文化的进化具有重要意义,同时也为运动想象、镜像疗法、虚拟现实技术、脑机接口技术等康复疗法和康复技术提供了重要的神经机制<sup>[3]</sup>。动作观察疗法(action observation therapy, AOT)是近年来康复学家根据镜像神经元的理论而提出的新的康复疗法,经国外临床研究报道证实该疗法具有经济、操作简便、患者依从性高、康复效果较好等诸多优点,国内也有数篇相关文献报道<sup>[4-7]</sup>。但目前该技术在国内外仅限于小样本量研究,尚无大范围推广,本文就相关研究进展加以综述。

## 1 运动观察疗法及康复机制研究进展

1.1 AOT 及治疗方案 镜像疗法、运动想象疗法、虚拟现实技术等康复疗法在镜像神经元发现以前就已应用于临床,并被临床观察证实具有较好的疗效,但具体的作用机制并不明确,镜像神经元的发现被认为是这些康复疗法的共同的神经生理基础。不同于上述康复疗法,AOT 是直接由镜像神经元理论所衍生出来的新的康复疗法,它的核心是要求患者仔细观察视频中的动作,随后尽力去模仿所观察到的动作。根据目前的研究报道,经典的AOT方案要求患者放松的坐于电脑屏幕前,观察常见的日常生活动作视频或者根据患者的康复需求进行设计的动作视频,例如伸肘取物、用杯子喝咖啡(水)、读报纸、清理桌面、开关瓶盖、用钥匙开门、用笔写字、双手弹琴等<sup>[4,8-9]</sup>。当然,在不同的康复阶段,将根据患者的运动功能给予不同难易程度的

动作视频。通常情况下,每次治疗过程患者观察一个或一组难易程度类似的目的明确的动作,在视频中每一个动作应尽可能详尽地展示出来,比如:从前方或侧方等不同的角度进行呈现,并将其分解为数个基本动作以便于患者进行模仿。通常情况下,每次治疗过程给予患者观察一个或一组难易程度类似的目的明确的动作,目前尚无研究证明 AOT 治疗时间的长短与疗效之间的关系,一般来说每次治疗时间通常在 30min 左右,每一次的治疗过程包括任务说明、动作观察、动作执行。一般的治疗周期为 4 周、每周 3~5d<sup>[4,10]</sup>。Ertelt 等<sup>[4]</sup>研究显示 4 周的治疗效果可延长至治疗结束后 8 周。从理论上来讲,AOT 可用于人体任何可以产生动作的部位的康复训练,但目前的国内外文献报道多见于上肢运动功能的训练,也许未来的研究方向可以延伸到面部、下肢、躯干等部位的康复训练。

1.2 AOT 康复机制研究 大量的研究已证明,在观察他人完成某一动作的过程中,观察者脑内被激活的区域与个体执行该动作的皮质运动区有大量重叠,被激活的神经元即称为镜像神经元<sup>[11]</sup>。人类的镜像神经元分为顶额镜像系统和边缘镜像系统,前者由 Broca 区、运动前皮层腹侧、中央前回下部、额下回后部及顶下小叶嘴侧等构成,后者由脑岛、杏仁核、前额叶皮层等构成<sup>[12]</sup>。TMS、fMRI、PET 等研究证明,镜像神经元的激活需要观察者对动作或行为的意图进行理解,不管是在全视状态下或部分遮蔽状态下观察动作,哪怕是听到动作相关的语音,只要有足够的信息能使观察者理解动作的意义,相关的镜像神经元就会出现一致性地激活,相反无意义的动作不论有无遮蔽均不能引起 MNS 的激活<sup>[13-15]</sup>。换句话说,只有观察到或听到有目的性的动作或其声音并理解才能有效的激活 MNS,因此,AOT 必须呈现给患者有意义的动作,并要求患者具有一定的理解能力,严重的认知功能障碍患者将不能作为治疗对象。fMRI、rTMS 相关研究发现被试者在进行动作模仿时 Broca 区、右颞上沟、右顶前区等部位出现激活,与 MNS 区域有大量重叠,

收稿日期:2015-06-14

作者单位:首都医科大学附属北京友谊医院康复医学科,北京 100050

作者简介:李新宇(1980-),女,主治医师,主要从事神经康复方面的研究。

提示 MNS 是参与模仿机制的重要神经环路,而模仿在学习过程中起着至关重要的作用<sup>[16~18]</sup>。一系列在运动员、音乐家、舞蹈家等人身上的研究证明,运动想象可促进学习并兴奋相关脑区,脑成像研究提示:想象一个动作时激活的脑区域与执行该动作时兴奋的脑区有大量重叠,并包含 MNS 环路<sup>[19]</sup>。综上,MNS 参与动作理解、运动想象、模仿与学习、动作执行等过程,AOT 通过观察日常生活动作视频并理解动作意图,刺激相关的镜像神经元兴奋,同时增强运动记忆,并通过模仿相同动作进行动作学习,反复观察则促进神经皮质的重塑,从而达到康复的目的。

## 2 AOT 在神经康复中的应用研究

有文献报道,在正常人群中通过动作观察可学习新的运动技巧或增强运动记忆、易化动作学习的过程,如运动员、舞蹈演员等<sup>[20]</sup>。一个在健康人群中的 fMRI 研究证明观察手指运动可增强前顶内沟的激活强度<sup>[18]</sup>。这些研究提示正常人可通过动作观察激活相应的镜像神经元系统,强化运动记忆、易化学习过程,从而达到提高或改善某些动作技能的目的。

研究发现,在人类的大脑中手、口和足的运动均有对应的 MNS 支配,研究者通过对人类 MNS 功能的综述提出动作观察疗法可改善人类手、下肢的运动功能和语言能力<sup>[21~23]</sup>。2007 年 Ertelt 等<sup>[4]</sup>首次将 AOT 应用于大脑中动脉供血区梗死的慢性卒中患者(发病>6 月),研究组患者通过面前 2 米处的屏幕观察手和上肢进行的日常生活动作视频,并要求随后模仿执行这些动作,对照组患者则同时观察一些无意义的几何图形和字母,4 周后进行量表上肢功能量表评测,结果提示研究组评分明显高于对照组且这种改善一直持续到治疗结束后 8 周,同时研究者对两组患者均进行了动作任务相关的 fMRI 研究,影像学结果发现研究组患者病侧运动皮层的激活和对侧皮层重组明显高于对照组,为 AOT 的康复效果提供了客观证据。3 年后,一个多中心的单盲随机对照试验共招募了 103 名发病 30d 左右的初发脑卒中患者,研究结果证明 AOT 对亚急性期的脑卒中患者的上肢远端功能的恢复同样有效,研究组与对照组的量表评分差异持续至治疗结束后的 3~4 个月<sup>[24]</sup>。Kim 和他的同事则通过一组前瞻性随机对照研究发现 AOT 和运动想象疗法均可改善脑卒中患者的动作平衡及步行能力,但前者更适合于慢性脑卒中患者<sup>[25]</sup>。Park 等<sup>[26]</sup>让研究组的脑卒中患者观察不同条件下的步行视频(包括平地、斜坡、上下楼梯等)后再进行步行训练,结果证实比对照组取得更好的治疗效果。Arya 等<sup>[27]</sup>则报道了一个很有意思

的个案,他的研究团队在给一位发病 20 个月的伴有明显 Broca 失语的卒中患者进行上肢运动功能的 AOT 治疗 45 次后,意外发现该患者的失语症得到了明显的改善,在包括情感表达、一对一对话、命名及自发谈话等方面均有了实质性的突破。Ertelt<sup>[28]</sup>就 AOT 对失语的可能治疗作用加以阐述和说明,并指出 AOT 很有可能将成为一项全新的现代神经康复治疗技术。AOT 对于改善上肢功能障碍及失语的治疗效果,已有 fMRI 等影像学研究结果支持,对于步态和平衡的改善目前尚无影像学证据的报道。

动作观察不仅兴奋成年人的镜像神经元系统,在儿童中存在同样的激活 fMRI 研究证实单侧脑瘫患者进行动作观察时引起动作执行网络的激活,这种激活与瘫痪的程度无关<sup>[29]</sup>。Buccino 等<sup>[30]</sup>通过随机对照研究给予脑瘫患儿观察与年龄相称的日常生活动作视频,并随后模仿,发现研究组患者的上肢运动功能较对照组明显改善<sup>[30]</sup>。Kim 等<sup>[10]</sup>将脑瘫患儿分为两组,一组患儿观察动作视频并随后进行观察过的视频动作的 PT 训练,对照组患儿则在看完风景照片视频后亦进行与研究组患儿相同的 PT 训练,每次治疗共 30min,4 周 12 次治疗后 AOT 组患儿的上肢远端功能评测结果明显好于常规 PT 训练组,差异具有统计学意义。

除了在脑卒中及脑瘫康复中的应用,还有研究者将 AOT 应用于帕金森氏病(Parkinson Disease, PD)等其他神经系统疾病并取得了良性的结果<sup>[31]</sup>。Pelosin E 等<sup>[32]</sup>发现 AOT 可以改善 PD 患者的运动迟缓,并提出 AOT 可能将成为一项非常有前景的治疗技术。尽管这两篇报告均证实 AOT 对 PD 患者的临床症状具有正向改善作用,但其结果均以量表或临床检查作为依据,尚无影像学的客观证据。Tremblay 等<sup>[33]</sup>通过 TMS 研究发现 PD 患者在进行动作观察和想象时运动皮层易化能力减弱,从侧面提示 AOT 治疗 PD 患者的可能机制<sup>[35]</sup>。值得一提的是,在非神经系统疾病中 AOT 也出现了戏剧性的疗效。Bellelli 等<sup>[34]</sup>在外科术后的患者中应用 AOT 改善下肢运动功能,结果显示研究组患者各项量表评分均好于对照组,作者用自下而上的效应来解释中枢水平的运动功能修复。

总之,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。基于镜像神经元理论的动作观察疗法给神经康复提供了新的思路和方法。鉴于 AOT 的有效性和操作的便捷性,有研究已提出可将其作为临床常规康复疗法<sup>[10]</sup>。当然,目前仍需进一步大

样本量的研究来细化、规范 AOT 技术,使之更加成熟、更具可操作性。

## 【参考文献】

- [1] 姚远. 灵长类镜像神经系统研究的最新进展[J]. 生物物理学报, 2011, 27(2): 99-107.
- [2] Oztop E, Kawato M, Arbib MA. Mirror neurons: Functions, mechanisms and models[J]. Neurosci Lett. 2013, 12(540): 43-55.
- [3] Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation[J]. Cogn Behav Neurol. 2006, 19(1): 55-63.
- [4] Ertelt D, Small S, Solodkin A, et al. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke [J]. NeuroImage, 2007, 36(Suppl. 2): T164-T173.
- [5] Park EC, Hwangbo G, J Phys Ther Sci. . The effects of actionobservation gait training on the static balance and walking ability of stroke patients[J]. 2015, 27(2): 341-344.
- [6] Celnik P, Webster B, Glasser DM, et al. Effects of actionobservation on physical training after stroke[J]. Stroke, 2008, 39(6): 1814-1820.
- [7] 王春苑, 梁群, 林崔尧等. 基于镜像神经元理论的动作观察疗法对脑卒中患者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, 2015, 37(1): 29-31.
- [8] Buccino G, Arisi D, Gough P, et al. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2012, 54(9): 822-828.
- [9] 曾明, 王晶, 顾旭, 等. 基于镜像神经元理论的动作观察疗法对缺血性脑卒中患者上肢运动功能及体感诱发电位的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(2): 107-111.
- [10] Kim JY, Kim JM, Ko EY. The effect of the action observation physical training on the upper extremity function in children with cerebral palsy[J]. J Exerc Rehabil. 2014, 10(3): 176-183.
- [11] Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions[J]. Cognitive BrainResearch, 1996, 3(2): 131-141.
- [12] Cattaneo L, Rizzolatti G. The mirror neuron system. Arch Neurol, 2009, 66(5): 557-560.
- [13] Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, et al. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system[J]. PLoS Biol, 2005, 3(3): 529-535.
- [14] Kohler E, Keysers C, Umiltà MA, et al. Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons[J]. Science, 2002, 297(5582): 846-848.
- [15] Umiltà MA, Kohler E, Gallese V, et al. I know what you are doing. a neurophysiological study[J]. Neuron, 2001, 31(1): 155-165.
- [16] Iacoboni M, Woods RP, Brass M, et al. Cortical mechanisms of human imitation[J]. Science, 1999, 286(5449): 2526-2568.
- [17] Heiser M, Iacoboni M, Maeda F, et al. The essential role of Broca's area in imitation[J]. Eur J Neurosci, 2003, 17(5): 1123-1128.
- [18] 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.
- [19] Mulder T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation[J]. J Neural Transm, 2007, 114(10): 1265-1278.
- [20] Vogt S, Thomaschke R. From visuo-motorinteractions to imitation learning: behavioural andbrain imaging studies[J]. J. Sports Sci, 2007 , 25(5): 497-517.
- [21] Franceschini M, Agosti M, Cantagallo A, et al. Mirror neurons: actionobservation treatment as a tool in stroke rehabilitation[J]. Eur J Phys Rehabil Med. 2010 , 46(4): 517-523.
- [22] Kim JH, Lee BH. Actionobservation training for functional activities after stroke: a pilot randomized controlled trial[J]. NeuroRehabilitati-on. 2013, 33(4): 565-574.
- [23] Park EC, Hwangbo G. The effects of actionobservation gait training on the static balance and walking ability of stroke patients[J]. J Phys Ther Sci, 2015 , 27(2): 341-344.
- [24] Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation[J]. Cogn Behav Neurol, 2006 , 19(1): 55-63.
- [25] Buccino G. Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation[J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2014, 369(1644): 1-8.
- [26] Small SL, Buccino G, Solodkin A. The mirror neuron system and treatment of stroke[J]. Dev Psychobiol. 2012 , 54(3): 293-310.
- [27] Arya KN, Pandian S. Inadvertent recovery in communication deficits following the upper limb mirror therapy in stroke: A case report[J]. J Bodyw Mov Ther. 2014, 18(4): 566-568.
- [28] Ertelt D. Action observation as a tool for neurorehabilitation to moderate motor deficits and aphasia following stroke[J]. Neural Regen Res. 2012, 7(26): 2063-2074.
- [29] Dinomais M, Lignon G, Chinier E, et al. Effect of observation of simple hand movement on brain activations in patients with unilateral cerebral palsy: an fMRI study[J]. Res Dev Disabil, 2013, 34 (6) : 1928-1937.
- [30] Buccino G, Arisi D, Gough P, et al. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2012, 54(9): 822-828.
- [31] Pelosin E, Avanzino L, Bove M, et al. Action observation improves freezing of gait in patients with Parkinson's disease[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2010, 24(8): 746-752.
- [32] Pelosin E, Bove M, Ruggeri P, et al. Reduction of bradykinesia of finger movements by a single session of action observation in Parkinson disease[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2013, 27(6): 552-560.
- [33] Tremblay F, Léonard G, Tremblay L. Corticomotor facilitation associated with observation and imagery of hand actions is impaired in Parkinson's disease[J]. Exp Brain Res, 2008, 185(2): 249-257.
- [34] Bellelli G, Buccino G, Bernardini B, et al. Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patients: evidence for a top-down effect? [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91(10): 1489-1494.