

运动想象与动作观察在认知康复的应用前景

刘雯鸯¹ 丁宁¹ 张翠翠¹ 王心雨¹ 董安琴^{2,3}

1 郑州大学; 2 郑州大学第五附属医院; 3 通讯作者

引言

认知缺陷是中枢神经疾病的一种常见症状，多见于脑外伤、脑卒中和神经系统退行性病变等人群。认知缺陷不仅影响肢体运动功能康复的效果，而且是导致患者自我照顾及活动参与能力丧失的首要原因之一，给家庭和社会带来沉重的负担。因此，认知功能康复在神经康复领域十分重要[1]。运动想象一直被视为是认知运动过程的窗口，它并不是一种无模态和象征性的行为，而是一种能激活大脑感觉运动区域的行为。有研究证明，运动想象（Motor Imagery, MI）能导致与实际运动（执行）相同的大脑区域的激活，它不会引起普遍的肌肉觉醒，而是激活特定的大脑皮质[2]。动作观察（Action Observation, AO）则是利用镜像神经元系统来激活运动共振机制发挥效应[3]，两者之间既有区别也有联系。大量临床研究证明 MI 和 AO 均可以激活大脑皮层运动区的神经单位，对患者的运动行为与运动表现产生积极的、可持续性的疗效[4]。然而，鲜有文献研究 MI 与 AO 对中枢神经损伤所导致的认知功能障碍的临床效果。本文将阐述 MI 和 AO 与认知功能康复的关联，助读者了解这两种治疗方法的作用机制，为认知康复提出一种全新的治疗理念。

1 认知康复

1.1 认知

认知是指人脑接受外界信息，经过加工处理，转换成内在的心理活动，从而获取知识或运用知识的过程。认知障碍涉及的范围较广，包括注意力、记忆力、理解力、计算力、解决问题能力等缺陷。

认知属高级脑功能活动，与多个大脑皮层或区域存在联系。Fuster 等人发现前额叶与注意力的维持有关[5]。人类的前额叶皮层区域直到青春期才完全成熟，行为证据表明，这些区域对于后期发展的高级认知功能至关重要[6]。Filley 等人发现前额叶皮层在高阶控制过程中发挥着重要作用，这些过程对认知和行为进行自上而下的调节[7]。Petrides 认为，前额叶皮质之间的结构差异，决定其细胞结构及其独特的连接与其他大脑皮层和皮层下结构，表明该领域涉及不同方面的高级认知过程和行为控制的功能[8]。

一些研究强调，通过刺激皮质，与皮质活动相互作用，可以积极影响神经系统患者的认知能力，提高康复潜力。多项研究表明，通过皮层刺激与皮层活动相互作用，可对失语症、单侧忽略等认知障碍患者的认知表现产生积极影响[1]。

1.2 皮层刺激法

皮层刺激疗法在认知障碍康复领域具有循证依据的 I 级推荐的治疗技术，最具有代表性的经颅磁刺激与经颅直流电刺激。

1.2.1 经颅磁刺激

经颅磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS) 是一种利用磁场在大脑底层诱导电流的技术，可以与正在进行的神经组织活动相互作用。重复的刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)，提供了电流与皮质活动有效互动的机会，故常被用来治疗认知功能障碍[1]。

有研究表明，学习过程中应用 rTMS 可以对刺激结束后的神经有持续的促进作用[9]。一项初次使用单脉冲经颅磁刺激的研究发现，右脑损伤患者在执行触觉检测任务的表现有所改善；且在刺激顶叶皮层后，健康受试者的视觉注意力也得到了增强[10]。Brighina 曾使用低频 rTMS 治疗 3 单侧忽略患者，在刺激前 15 天、刺激前、刺激结束时和刺激结束后 15 天进行功能测试，结果显示，rTMS 诱导的视觉空间性能得到显著改善，且疗效持续了 15 天[11]。此外，rTMS 对伴有轻度执行功能障碍的脑卒中患者的执行功能也有积极的影响。在左侧前额叶皮层或左侧运动皮层采用高频 rTMS，患者参加两次刺激疗程（第 1 天和第 4 天）。在每个疗程前后进行简短的神经心理测试以及评估运动速度、执行能力和记忆力，结果显示患者的记忆力与动作执行能力显著改善[12]。

1.2.2 经颅直流电刺激

经颅直流电刺激 (Transcranial direct-current stimulation, tDCS)，它是一种利用弱恒定电流以无创、无痛方式刺激大脑皮层的康复治疗技术。电流从一个活跃电极流向一个参考电极，一部分被分流通过头皮，其余被传送到脑组织，从而诱导皮层兴奋性的减弱或增强[13]。与 rTMS 相比，tDCS 具有简单、价廉、无痛且允许对大脑的不同部位产生相反方向诱导效应的优点[14]。tDCS 可以与常规认知训练同时进行，由于其很少引起头皮不适感，因此不会影响患者的注意力。tDCS 的主要局限性是刺激的焦点小，通常采用较大的电极 (20-35cm²) 在头皮上传递电流，故其在定位局部区域、准确绘制认知功能图方面不太理想[15]。

tDCS 可以通过调节潜在的 theta 和 alpha 频段的大脑振荡活动来改变工作记忆。

大脑振荡活动的变化在感知和记忆的形成中发挥重要作用，因此对高级认知功能至关重要。在阳极 tDCS 治疗后，工作记忆性能提高，theta 和 alpha 波段的振荡功率放大；而阴极 tDCS 干扰工作记忆性能，降低后电极侧的 theta 和 alpha 波段的振荡功率[13]。Monti 等人报道 tDCS 对脑卒中后慢性失语患者的影响，对非流利失语症患者左侧额颞叶皮质进行阳极刺激，可使患者正确命名物体图像的能力提高 34%（阴性刺激和假刺激均无效果）[16]。同一组学者还研究了 tDCS 对阿尔兹海默症（Alzheimer's disease, AD）患者的影响，结果显示颞顶区无嗅型 tDCS 治疗后，单词识别记忆任务的准确性提高；而阴极 tDCS 后，准确性降低，结论是颞顶区 tDCS 可特异性地影响 AD 患者的单词识别记忆表现[17]。

2 运动想象

运动想象（Motor Imagery, MI）是指在没有任何明显的运动或没有任何邻近肌肉激活的情况下对运动进行的心理执行[2]。MI 是一种认知过程，在这个过程中，受试者想象自己在执行一个动作，但实际上并没有执行这个动作，甚至没有肌肉收缩。并且它是一种动态状态，在这个动态状态中，具体的运动动作的表现是内部激活，却没有任何运动输出。也就是说，运动想象需要有意识地激活同样参与运动准备和执行的大脑皮层区域，包括初级运动区（M1）运动前皮质腹背部（PMC）、辅助运动区（SMA）、前扣带回（ACC）、顶上小叶（SPL）和顶下小叶（IPL）、楔前、基底节（BG）和小脑等，同时伴有对实际运动的自主抑制[18]。运动想象激活的运动区域与动作的执行和观察高度重叠，共同激活前额叶皮质区，除了在神经激活方面的重叠外，在行为领域也有相似之处。例如，完成一个想象动作所需的时间与实际执行该动作所需的时间是相似的，这被称为心理等时现象[19]。

运动想象可以分为两种，一种是动觉运动想象（内部），另一种是视觉运动想象（外部）。用来想象的视角可以是第一人称，也可以是第三人称。在动觉运动想象过程中，受试者会有这样一种感觉，即他或她实际上是在执行这个动作，并伴随所有的感官结果（第一人称视角）。在视觉运动想象中，受试者看到他或她自己从远处（第三人称视角）执行这个动作。第一视角与左顶下小叶和左躯体感觉皮层的活动增强有关，而第三人称视角则激活了右顶下小叶、后扣带和额极皮层[20]。第一人称和第三人称视角之间的区别，被描述为内部想象和外部想象之间的区别[21]。在内部想象中，受试者以这样一种方式接近真实的生活情境，使受试者实际体验到在那个情境中可能预期到的感觉，是动态的。而在进行外部想象时，受试者把自己看成是在观察另一个人的动作，是静态的。研究结

果表明，动觉运动想象比视觉运动想象对学习更有效[21]。

3 动作观察

动作观察 (Action Observation, AO) 也是一个认知过程，通过观察他人的行为，可以理解、选择和模仿行为的形式和动作[22]。观察他人的动作可以激活大脑中用于实际执行相同动作的相同神经结构，动作观察的神经生理学基础主要为镜像神经元系统 (mirror-neuron system, MNS)，最初是在猴子的大脑被发现的[23]。后来利用 TMS 和功能核磁成像 (fMRI) 的证据表明，人类大脑中也存在 MNS[24]。Fadiga 等人在一项经颅磁刺激研究中首次证明了人体内存在 MNS，该研究表明，对运动的观察可引起运动易化[25]，且有另一项研究证明运动易化只发生在运动观察的过程中[26]。

动作观察在运动再学习过程中发挥重要作用。动作观察不仅可以促进运动系统的启动，而且对一个运动(或动作)的观察可以促进该动作的运动执行。Urgesi 等人发现动作观察的学习效果，已经在体育运动和其他活动中得到证实[26]。在运动观察的过程中，相关的动作可以激活脑区的 MNS 并由镜像神经元发射信号到的运动系统中形成“共振”，这种运动的共振可以通过对运动通路的促进作用来促进观察者理解动作行为主体的意图 (目标) 的过程，此过程可以促进运动技能的学习和获得[26]。

4 镜像神经元系统

动作观察和运动想象是基于镜像神经元系统的康复治疗方法，在神经康复中有重要的潜在价值。镜像神经元最早提出源于 1996 年 Rizzolatti 等人在用钨电极记录猴子在执行从桌子上摆放或拿取物体，从实验者手里拿取食物，操纵物体等动作时运动前皮层 (F5 区) 单神经元放电情况。研究发现猴子在观察实验者执行相同动作时，一些特殊神经元同样被激活，这类神经元能像镜子一样映射其他同类的动作，因而称之为镜像神经元 (mirror neurons) [23]。这些具有镜像性质的神经元组成了镜像神经元系统 (MNS)。大量实验表明，人脑中主要存在两个镜像网络，分别称为顶额镜像系统和边缘镜像系统，前者由 Broca 区、前运动皮层腹侧 (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、前额叶皮层等构成[27]。由于镜像神经元系统不仅在个体执行动作时兴奋，而且在观察其他同类执行相同或相似的动作时也兴奋。

基于镜像神经元系统的神经生理学特点，可能对运动功能康复具有很大的应用价值，因而 Pomeroy 等人认为镜像神经元系统可能对提高脑卒中后患侧上肢功能的恢复有重要影响[28]。Garrison 等提出基于镜像神经元的脑卒中康复方法，如动作观察疗法、运动想象疗法，可以作为物理治疗的补充，有助于脑卒中后缺损的运动功能重建[29]。

Small 等人证实了镜像神经元系统在动作理解和模仿中的作用，包括手部运动和言语表达，建议使用动作观察和模仿作为卒中后上肢运动障碍及失语症患者的康复训练方法[30]。

尽管动作观察与运动想象已被证实能够有效促进中枢神经损伤患者的肢体运动功能的恢复，但是人们却很少将这两种治疗技术应用于认知障碍康复领域。那么，AO 与 MI 两种技术与认知功能是否存在关联呢？

5 运动想象与认知

为了阐明运动想象是否可以增强认知功能和相关的大脑活动，Moriya 等人使用近红外线评估了正常人在执行工作记忆期间，运动想象对工作记忆性能和前额叶皮质的影响[31]。实验组受试者进行 3 次为期 3 分钟的运动想象训练，结果显示，与对照组相比，运动想象显著增强了运动记忆任务所诱导的前额叶皮质区的激活范围与强度；行为学分析也表明，运动想象改善了受试者工作记忆任务的行为表现；在运动想象训练结束后，受试者的反应更快。而对照组的行為学表现和前额叶皮质区的激活程度并没有明显改变。这些发现表明，运动想象可以通过增加与工作记忆表现相关的前额叶皮质区活性，进而改善正常成年人的认知水平[31]。

运动想象已被证明激活了各种与运动相关的大脑皮质（例如 M1 区），Naito 等人提出被激活的皮质运动区可能与记忆提取的过程有关[32]。有神经成像结果表明，记忆恢复可能依赖于运动皮质的重新激活[33]。Dietrich 的研究认为运动想象可以激活前额叶皮质[34]，而前额叶皮质一直被认为是和记忆有关的。由此可以推断出，运动想象是可以改善人类工作记忆的。此外，使用神经成像技术的研究发现，运动想象改善记忆力的效果比视觉想象更佳[35]。

6 动作观察与认知

人类的额叶和顶叶背侧形成了一个对环境信息和感觉选择至关重要的大脑网络结构，前额叶背外侧皮质是动作策划的工作记忆组成的重要皮层区域，在维持和处理记忆内容方面起着至关重要的作用，具有保持工作记忆中的行为目标不受外界信息的干扰的作用[36]；而顶后叶具有编码、增强注意力、接收任务相关信息等功能。研究发现，动作观察可以激活前运动皮质腹侧和背侧、顶上小叶、顶下小叶、颞上沟和前额叶背外侧，进而改善患者的认知功能，以上结构也被称为运动观察网络。而前运动皮质腹侧、顶下小叶与颞上沟则被确定为镜像神经元系统。研究表明，动作观察是基于一种运动共振机制，即当受试者观察到他人的动作执行时镜像神经元就会放电，并且

相较于运动执行，运动观察时人类的额叶镜像系统会优先被激活，这也表明，镜像神经元倾向于目标动作的编码[36]。

Ptak 等人记录了一位女性患者因车祸致右侧背外侧额叶损伤，出现记忆的维持和处理紊乱，语义表达障碍等认知功能障碍的个案[37]。研究证实，给予背外侧前额叶皮层 rTMS 或 tDCS 治疗均可以改善患者认知功能，尤其是工作记忆的表现[38]。一项探索 A0 对帕金森患者认知障碍影响的研究表明，A0 干预后，患者的短期和长期言语记忆、长期视觉空间记忆和注意力都有显著的改善[39]。

运动想象诱发了认知活动的增加，但动作观察训练比运动想象引发了更高水平的认知活动。当动作观察过程中给出的刺激信息被处理时，全部大脑区域均会产生活动。众所周知，动作观察比运动想象更能激活大脑皮层，因为它涉及到多感觉系统的直接活动，并对给定任务形成清晰的运动表征[40]。因此，动作观察和运动想象对认知功能的影响可能是通过持续刺激镜像神经元来提高工作记忆和注意力的维持，在改善运动学习和运动表现康复过程中，MI 和 A0 都会触发神经认知机制的激活，且提高神经通路的可塑性调节。

7 结论

尽管有几个临床研究支持 A0 和 MI 对认知障碍的疗效，但是由于这些研究存在样本量小、缺乏常规对照、评估方法各异、研究对象不同等不足之处，故目前对于 A0 和 MI 对认知功能的疗效仍缺乏有力的循证医学证据。然而，MI 或 A0 被认为是一种具有潜力的康复干预手段，其在认知功能康复领域的应用必将具有广阔的前景。

参考文献(略)

