

运动想象的神经机制及其在偏瘫康复应用中的研究进展

王建华 陈苏英 王飞 解庆凡

邢台市人民医院康复医学科, 邢台 054001

通信作者: 王建华, Email: wjhzero@126.com

【摘要】 运动想象对脑神经损伤的功能具有修复、重建和改善的作用。目前运动想象的神经机制在科研和临床应用中逐渐被量化, 大量数据证实了运动想象在脑卒中患者功能重塑中有显著的效果。本文对运动想象的神经机制及其在偏瘫康复的应用进展进行综述, 以期对运动想象的临床应用提供更多的理论依据。

【关键词】 运动想象; 脑卒中神经机制; 运动功能障碍

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.02.019

近年来, 我国脑卒中的发病率持续增长, 并且呈现呈年轻化趋势^[1]。脑卒中后遗留的不同程度的运动、言语、认知等功能障碍会给人们的身心及其家庭造成严重的影响, 这些功能障碍的突出表现为肌肉萎缩和关节挛缩, 现已成为成年人后天致残的主要因素^[2]。现阶段, 对于脑卒中后功能障碍的治疗手段各具特色, 但其治疗原则是一致的, 即主动运动一定优于被动运动, 而运动想象作为一种最具主动性、且简单易行的方式被现代康复所发掘, 被认为是主动运动的重大进展^[3]。

运动想象的概述

运动想象 (movement imagery, MI) 是指通过中枢神经对动作过程的想象, 在脑海中进行重复排练, 最终完成整个动作。运动想象作为一种特殊的运动状态, 是遵循运动中中枢的指控, 通过激活运动记忆而提高运动能力的一种方法。而任何一项动作的完成都是运动复合的过程, 是在运动觉 (通常在实际运动中基于感觉信息的加工合成)、触觉 (神经系统的信息反馈与外部活动的结合) 和视觉 (视神经与外界信息的结合) 共同起作用的结果^[4]。运动想象可以分为知觉运动想象和视觉运动想象, 两者在动作认知上是行为的心理表现, 不会产生关节和肌肉的实际动作^[5], 这也是运动想象疗法区别于其他运动方式的主要特点。运动想象疗法初期被广泛运用到竞技体育训练中, 即将运动技能在大脑中不断的反复排练、演示而提高实际的运动能力, 而后的研究证实, 在偏瘫康复中通过运动想象可以将受损的运动神经重塑或激活休眠状态下的神经突触而形成运动代偿, 进而改善运动功能^[6]。

运动想象的理论学说和论证

现阶段, 对于运动想象的机制学说主要基于两种, 一种基于外周神经的心理神经肌肉理论学说 (Psychoneuromuscular Theory, PM), 该理论认为, 运动想象具有对运动计划或运动流程的存储功能, 其动作流程和真实的运动在脑神经通路上是相同的, 在训练效果上也可达到一致性。另一种即中央神经理论, 该理论提出, 运动想象可对运动感觉、指令的信号起到“模拟仿真器”的功能, 这种仿真信号传递到大脑皮质, 进而产生神经电流, 可最终形成真实的动作^[7]。本课题组认为, 运动想象基于中枢神经的调控, 是综合运动、感觉和认知的复合产物, 但

具体是如何分工协作和相互衔接的, 还需要进一步的探究。

在中枢神经系统中, 运动神经通过三大等级递进制度和两大辅助监控系统对姿势和动作起到调控作用。运动控制是运动的功能结构、认知、感觉共同调节的产物, 并在不断的运动刺激下, 通过改变皮质的结构, 进而习得缺失的运动能力^[8]。运动想象对于运动调控和运动执行的研究是进一步探索运动想象疗法的重点。有研究采用功能性核磁共振观察运动想象时发现, 大脑的皮质运动前区 (premotor cortex)、辅助运动区 (supplementary motor area)、基底神经节 (basal ganglia)、扣带回 (cingulate gyrus)、顶叶 (parietal cortical)、小脑 (cerebellum) 所显示的运动区域与实际运动时一致^[9]。还有研究显示, 主动运动和被动运动时, 大脑激活的区域基本重叠, 对侧感觉运动区、同侧小脑及对侧辅助运动区最为明显, 手功能的显示强度最高^[10]。以上研究证实, 运动生理学与中枢神经网络具有一致性^[11]。有研究通过颅磁刺激研究证实, 运动想象可以控制实际的运动准备和执行, 是大脑运动网络控制系统^[12], 且身体的实际运动与运动想象的运动对于脑的激活是一致的^[13-15]。经颅磁刺激的研究指出, 在 3~35 岁, 改变运动频率、时间和强度, 对大脑皮质的增强和抑制都有影响^[12], 但 Ruffino 等^[6]的研究指出, 运动想象在刺激皮质脊髓兴奋的时候, 可无意识地产生肌肉的活动, 并激活 β 运动神经元^[6]。在经颅磁刺激的研究中, 运动想象得到脑成像记忆的支持, 可有效地激活镜像神经元系统, 并改进观测者的运动规划过程^[16]。

偏瘫患者在运动想象下的运动神经控制与健康的身體运动时相一致, 但是其机理仍然存在一定的争议性。例如, 对发展性运动协调障碍的患者进行运动想象时呈现出低能状态^[17]。这项研究也提示, 运动想象能否将这种激活扩展到脊髓和周围神经水平仍然是一个讨论的问题, 且在运动想象的研究中, 尚未明确地指出运动策略如何开展, 如任务导向性的难易程度、运动指令的准确性或患者的运动认知能力等。

运动想象在偏瘫康复中的应用研究

一、运动想象对运动功能的影响

基于运动想象的神经机制对于运动功能的恢复具有一致性, 所以在现有康复手段的基础上将运动想象疗法作为提升运动能力的有效手段之一, 具有重要的实践意义。

Caires 等^[18]运用肌电图证实,运动想象比主动运动更能提高腕关节的主动屈曲、伸展的肌肉活动。有研究证实,通过运动想象,健康受试者和偏瘫患者的右手背伸区域的神经都会被激活,并且偏瘫患者的激活程度比健康受试者更为明显^[19]。Page 等^[20]和 Riccio 等^[21]的研究均发现,在传统神经疗法的基础上增加运动想象疗法,可显著改善卒中后偏瘫患者的上肢运动功能和日常生活活动能力。刘文权等^[22]的研究发现,干预后,运动想象组患者的上肢功能和日常生活活动能力显著优于肌肉神经刺激组。Machado 等^[23]的研究也证实了运动想象对偏瘫患者上肢功能恢复的效果。多项研究对运动想象疗法改善上肢运动功能的训练内容、方式,训练项目的持续时间,每周训练的频数和每次训练的持续时间进行了论证^[24-25]。

运动想象疗法对偏瘫患者的下肢运动功能也有较好的疗效^[26]。Lei 等^[27]对下肢踝关节背屈受限患者进行了 6 周的运动想象治疗后,患者的 Brunnstrom 分期、Fugl-Meyer 评分和改良的 Barthel 指数 (MBI) 均显著改善,差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。钟林^[28]的研究也发现,知觉运动想象疗法的疗效优于视觉运行想象疗法,且偏瘫患者下肢功能越差,知觉运动想象的优势越明显。奚志英等^[29]的研究也证实了运动想象可有效地改善偏瘫患者下肢运动功能水平。本课题组认为,运动想象疗法对改善四肢和手的运动功能具有较好的疗效,为偏瘫患者功能障碍的康复提供了有效的治疗方案,但是,运动想象对于上肢和下肢运动功能障碍的干预研究中,研究方法、实验设计、评价体系较为全面,而对于手功能的研究相对来说比较匮乏,只是从机制上来论证其有效性,在具体实验研究中,其实验的设计、研究方法都没有一个标准的体系^[30]。

二、运动想象对其他功能的影响

脑卒中患者在运动功能受限的同时,还可能存在其他功能障碍,如感觉、认知、失语、偏盲、心理逻辑等功能障碍,缺失任何一种功能都可能影响其整体康复效果和生活质量^[31]。闫静等^[32]的研究发现,运动想象不仅可以改善脑卒中患者手的功能,还可从时间-空间和运动整合上提高其运动能力,对其认知功能提高也具有十分重要的作用。早期认知功能训练结合运动想象疗法在改善注意力、记忆力、执行能力等方面效果显著,同时还可增强患者的自信心,加快康复进程。还有研究发现,运动想象的动作心理复述不仅可以改善脑卒中患者的运动能力,对任务导向性的自我认知也具有显著的效果^[33]。Abbruzzese 等^[34]的研究还发现,在治疗神经系统退行性病变时,通过运动活动的刺激和认知策略的干预,能够有效地改善神经系统退行性患者的注意力和反应速度,还可诱导其对运动执行的重新设计。本课题组认为,运动想象能够对神经疾病的康复起到最为广泛的治疗效果,对偏瘫患者的整体康复具有重要意义。

运动想象疗法的影响因素和评价体系

在传统康复的基础上结合运动想象疗法可以加快康复进程,但对于所有的脑卒中患者是否适用仍然没有确切的结论。运动想象的疗效与个体的文化程度、理解能力、意识水平、心理状态等方面息息相关,是运动想象疗法得以实施的先决条件,而个体想象能力的差异是其干预效果的重要因素^[35]。任务导向性通常是以目标为导向的功能行为的运动控制,取决治疗师能否充分诱导患者的“导”与任务执行时自身对动作的调控的

能力,同时训练的时间顺序、空间顺序也是影响疗效的重要因素。有研究指出,脑卒中患者的病灶部位对患者认知功能和运动能力影响并不相同,且随着时间的改变,中枢神经对受损的功能也具有一定补偿作用,在动态的修复过程中,时间节点上的改变可以影响运动想象疗法的实施结果^[36]。

运动想象的效果评价主要分为两大方面。一方面是以量表为主,Dickstein 和 Deutsch 对运动想象问卷 (movement imagery questionnaire, MIQ) 及其修订版 MIQR、运动想象清晰度问卷 (vividness of motor imagery questionnaire, VMIQ) 以及运动-视觉想象问卷 (the kinesthetic and visual imagery questionnaire, KVIQ) 进行了详细的描述^[37],这些量表从观察运动想象的认知过程中可以较好地从事理学行为评估运动想象的影响;另一方面则是以运动功能相关的评价指标为主,如 Fugl-meyer 的运动能力量表、日常生活活动能力量表、平衡能力量表和步态分析等,这些评估方法一般用于评估运动想象对受试者各项运动功能的影响。

展望

国内外对运动想象疗法进行了许多研究,运动想象疗法具有成本低、副作用小、操作简单等特点,为临床推广提供了先决条件,加之脑-机-体结合的科技技术在临床上的应用,为运动想象疗法进一步的机制研究提供了可能。因此,加大基础研究和临床应用,借助更为先进的诊疗系统,将运动想象疗法的治疗方法、内容、评价体系更进一步地规范化、系统化,在康复治疗师的推广下,更具特色的运用到康复治疗中,不仅能够提高治疗效果,更能为社会和家庭减少经济负担。

参 考 文 献

- [1] 杨青,吴毅.认知康复治疗脑卒中患者(非空间)注意功能障碍的研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(3):234-237. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.03.018.
- [2] 王鹤玮,贾杰,孙莉敏.运动想象疗法在脑卒中患者上肢康复中的应用及其神经作用机制研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(6):473-476. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.019.
- [3] Mulder T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation[J]. Neural Transm,2007,114(10):1265-1278. DOI:10.1007/s00702-007-0763-z.
- [4] Dickstein R, Deutsch JE. Motor imagery in physical therapist practice [J]. Phys Ther,2007,87(7):942-53. DOI:10.2522/ptj.20060331.
- [5] Munzert J, Lorey B, Zentgraf K. Cognitive motor processes: the role of motor imagery in the study of motor representations [J]. Brain Res Rev,2009,60(2):306-26. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2008.12.024.
- [6] Ruffino C, Papaxanthis C, Lebon F. Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: review and perspectives [J]. Neuroscience,2017. 341: 61-78. DOI: org/10.1016/j.neuroscience.2016.11.023.
- [7] Mulder T, de Vries S, Zijlstra S. Observation, imagination and execution of an effortful movement: more evidence for a central explanation of motor imagery [J]. Exp Brain Res,2005,163(3):344-51. DOI: 10.1007/s00221-004-2179-4.
- [8] Singh J, Hallmayer J, Illes J. Interacting and paradoxical forces in

- neuroscience and society [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2007, 8 (2) : 153-160. DOI: 10.1038/nrn2073.
- [9] Milton J, Small SL, Solodkin A. Imaging motor imagery: methodological issues related to expertise [J]. *Methods*, 2008, 45 (4) : 336-341. DOI: 10.1016/j.ymeth.2008.05.002.
- [10] Braun S, Kleynen M, van Heel T, et al. The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis [J]. *Front Hum Neurosci*, 2013, 7; 390. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00390.
- [11] Dietrich A. Imaging the imagination: the trouble with motor imagery [J]. *Methods*. 2008, 45 (4) : 319-24. DOI: 10.1016/j.ymeth.2008.04.004.
- [12] Di Rienzo F, Debarnot U, Daligault S, et al. Online and offline performance gains following motor imagery practice: a comprehensive review of behavioral and neuroimaging studies [J]. *Front Hum Neurosci*, 2016, 10; 315. DOI: 10.3389/fnhum.2016.00315.
- [13] Lotze M, Halsband U. Motor imagery [J]. *Physiol Paris*, 2006, 99 (4-6) : 386-895. DOI: 10.1016/j.jphysparis.2006.03.012.
- [14] Case LK, Pineda J, Ramachandran VS. Common coding and dynamic interactions between observed, imagined, and experienced motor and somatosensory activity [J]. *Neuropsychologia*, 2015, 79 (Pt B) : 233-245. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.005.
- [15] Héту S, Grégoire M, Saimpont A, et al. The neural network of motor imagery: an ALE meta-analysis [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2013, 37 (5) : 930-949. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2013.03.017.
- [16] Ruffino C, Papaxanthis C, Lebon F. Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: review and perspectives [J]. *Neuroscience*, 2017, 341 : 61-78. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2016.11.023.
- [17] Hyde C, Fuelscher I, Buckthought K. Motor imagery is less efficient in adults with probable developmental coordination disorder: evidence from the hand rotation task [J]. *Res Dev Disabil*, 2014, 35 (11) : 3062-3065. DOI: 10.1016/j.ridd.2014.07.042.
- [18] Caires TA, Rodrigues Martinho Fernandes LF, Patrizzi LJ, et al. Immediate effect of mental practice with and without mirror therapy on muscle activation in hemiparetic stroke patients [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2017, 21 (4) : 1024-1027. DOI: org/10.1016/j.jbmt.2016.12.010.
- [19] Szameitat AJ, Shen S, Conforto A. Cortical activation during executed, imagined, observed, and passive wrist movements in healthy volunteers and stroke patients [J]. *Neuroimage*, 2012, 62 (1) : 266-280. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.05.009.
- [20] Page SJ, Levine P, Leonard AC. Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86 (3) : 399-402. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.10.002.
- [21] Riccio I, Iolascon G, Barillari MR, et al. Mental practice is effective in upper limb recovery after stroke: a randomized single-blind cross-over study [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010, 46 (1) : 19-25. DOI: 10.1053/apmr.2001.25095.
- [22] 刘文权, 徐武华, 吴婉霞, 等. 运动想象和肌电生物反馈治疗对卒中患者上肢运动功能的影响 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2016, 13 (4) : 174-177. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2016.04.002.
- [23] Machado S, Lattari E, Paes F, et al. Mental practice combined with motor rehabilitation to treat upper limb hemiparesis of post-stroke patients: clinical and experimental evidence [J]. *Clin Pract Epidemiol Ment Health*, 2016, 12; 9-13. DOI: 10.2174/1745017901612010009.
- [24] Kim JS, Oh DW, Kim SY, et al. Visual and kinesthetic locomotor imagery training integrated with auditory step rhythm for walking performance of patients with chronic stroke [J]. *Clin Rehabil*, 2011, 25 (2) : 134-145. DOI: 10.1177/0269215510380822.
- [25] Dijkerman HC, Ietswaart M, Johnston M, et al. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study [J]. *Clin Rehabil*, 2004, 18 (5) : 538-549. DOI: 10.1191/0269215504cr769oa.
- [26] Li RQ, Li ZM, Tan JY, et al. Effects of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: a quantitative synthesis of randomized controlled trials [J]. *Complement Ther Clin Pract*, 2017, 28; 75-84. DOI: 10.1016/j.ctep.2017.05.009.
- [27] Lei Y, Fang M, Li P. Influence of motor imagery therapy combined with passive foot dorsiflexion training on lower limb motor function rehabilitation in stroke patients [J]. *Chin Nurs Res*, 2013, 27 (4) : 970-972.
- [28] 钟林. 知觉运动想象与视觉运动想象对脑梗死偏瘫患者下肢运动功能恢复的研究比较 [J]. *中国临床新医学*, 2017, 10 (6) : 537-539. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3806.2017.06.11.
- [29] 奚志英, 祁艳萍, 雷静. 运动想象联合刺激控制护理对肿瘤合并卒中患者偏瘫步态和步行能力的影响 [J]. *海南医学*. 2017, 28 (23) : 3948-3951. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2017.23.058.
- [30] Kanthack TFD, Guillot A, Papaxanthis C, et al. Neurophysiological insights on flexibility improvements through motor imagery [J]. *Behav Brain Res*, 2017, 331; 159-168. DOI: 10.1016/j.bbr.2017.05.004.
- [31] Ruffino C, Papaxanthis C, Lebon F. Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: Review and perspectives [J]. *Neuroscience*, 2017, 341; 61-78. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2016.11.023.
- [32] 闫静. 基于脑电的脑卒中患者运动想象认知过程的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [33] 孙莉敏, 王鹤玮, 徐国军, 等. 运动想象联合常规康复训练促进脑卒中患者功能恢复的静息态功能性磁共振研究 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41 (2) : 84-90. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.02.002.
- [34] Abbruzzese G, Avanzino L, Marchese R, et al. Action observation and motor imagery: innovative cognitive tools in the rehabilitation of Parkinson's Disease [J]. *Parkinsons Dis*, 2015, 2015; 124-214. DOI: 10.1155/2015/124214.
- [35] Grush Rick. The emulation theory of representation: motor control, imagery, and perception [J]. *Behav Brain Sci*, 2004, 27 (3) : 377-369. DOI: 10.1017/S0140525X04000093.
- [36] Decety J, Jeannerod M, Prablanc C. The timing of mentally represented actions [J]. *Behav Brain Res*, 1989, 34 (1-2) : 35-42. DOI: 10.1016/S0166-4328(89)80088-9.
- [37] Dickstein R, Deutsch JE. Motor imagery in physical therapist practice [J]. *Phys Ther*, 2007, 87 (7) : 942-953. DOI: 10.2522/ptj.20060331.

(修回日期: 2020-12-25)

(本文编辑: 阮仕衡)