

功能磁共振成像在针灸治疗神经系统疾病研究中的研究进展

叶紫玉, 王耀磊

黑龙江中医药大学, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年7月12日; 录用日期: 2023年8月8日; 发布日期: 2023年8月22日

摘要

针灸治疗作为中医治疗的特色, 在神经系统疾病的治疗中历史悠久, 效果显著, 至今已形成完整的治疗体系, 但其疗效和作用机制尚不明确。功能性磁共振成像是一种视觉技术, 为针灸治疗神经系统疾病的研究提供了客观依据。本文总结了近10年来针灸相关的功能磁共振成像在神经系统疾病治疗中的研究进展, 主要包括针灸门诊常见的神经系统疾病及常用的针灸穴位。本研究希望能为后续针灸治疗神经系统疾病的中心机制研究提供文献支持。

关键词

功能磁共振成像, 针灸, 神经系统疾病

Application of fMRI Techniques in the Study of Acupuncture for Nervous System Disease: A Review

Ziyu Ye, Yaolei Wang

Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

Received: Jul. 12th, 2023; accepted: Aug. 8th, 2023; published: Aug. 22nd, 2023

Abstract

As a feature of traditional Chinese medicine, acupuncture and moxibustion treatment has a long history in the treatment of Nervous system disease, with significant effects. So far, a complete treatment system has been formed, but its efficacy and mechanism of action are still unclear.

文章引用: 叶紫玉, 王耀磊. 功能磁共振成像在针灸治疗神经系统疾病研究中的研究进展[J]. 中医学, 2023, 12(8): 2223-2230. DOI: 10.12677/tcm.2023.128333

Functional magnetic resonance imaging is a visual technology, which provides an objective basis for acupuncture and moxibustion treatment of Nervous system disease. This article summarized the research progress of acupuncture and moxibustion related functional magnetic resonance imaging in the treatment of Nervous system disease in the past 10 years, mainly including Nervous system disease commonly seen in acupuncture and moxibustion clinics and commonly used acupuncture and moxibustion points. This study hopes to provide literature support for the follow-up research on the central mechanism of acupuncture and moxibustion treatment of Nervous system disease.

Keywords

Functional Magnetic Resonance Imaging, Acupuncture, Nervous System Disease

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

神经系统疾病种类繁多, 机制复杂, 严重影响人们的生活质量, 加重社会经济负担。针灸疗法是针对某些特定神经系统疾病的常规治疗方法, 其疗效精确, 效果显著, 少有不良反应报道, 越来越多的针灸疗法正在神经系统疾病中应用。成像技术的引用在阐明针灸疗法发挥功效的主要机制中起到了重要作用。近年来, 常用的成像技术包括超声、计算机断层扫描成像、发射断层扫描成像、磁共振成像(MRI)和 X 射线, 但由于其固有的局限性, 它们并未被广泛使用[1] [2]。随着神经影像技术的发展, 功能磁共振成像(fMRI)的出现不仅能提供大脑的实时成像, 更具有无创、高质量成像和高空间分辨率的优势[3]。

fMRI 是测量针灸诱导的大脑活动的重要技术[4] [5], 其历史可以追溯到 1990 年代[6]。作为一种血氧水平依赖性功能磁共振成像技术, 它通过监测活跃大脑区域血氧浓度的变化来反映不同大脑区域之间的功能连接[7], 能有效结合功能、成像、解剖形态 3 个因素, 具有可操作性高、安全性高、稳定性好、分析方法多等优点[8]。研究人员根据不同的采集状态将功能磁共振成像分为静息状态功能磁共振成像和任务状态功能磁共振成像[9]。常用分析方法包括功能整合分析(功能连接、独立成分分析和功能脑网络)和功能分离分析(低频波动幅度/低频波动分数幅度; 区域同质性) [10]。功能连接(FC)描述了不同区域之间的同步性, 而区域均匀性(Re Ho)和低频波动幅度(ALFF)分别描述了区域活动的均匀性和强度[11]。因此, fMRI 可在多个领域进行研究且易于复制, 在研究针灸治疗神经系统疾病的机制中有巨大潜力[12]。

作者以 Pub Med 数据库和中国期刊全文数据库(CNKI)为主要数据库, 结合关键词: 针灸、神经影像学 and 选定的神经系统疾病研究方向, 基于 fMRI 技术考察了针灸治疗神经系统疾病的机制, 纳入了 2012~2023 年近 10 年的相关原创性研究, 不包括动物实验、会议论文、病例报告和协议研究。针灸治疗神经系统疾病的详细类型以及治疗神经系统疾病的常用穴位如下, 以便于将来研究。

2. fMRI 在针灸治疗神经系统疾病中的应用

许多学者分别从手动针刺和电针、真针刺和假针刺等多角度对针灸刺激下的 fMRI 进行了深入研究 [12] [13], 发现针灸可以增加默认模式网络和感觉运动网络与疼痛、情感和记忆相关的大脑区域的连通性, 推测出功能连通网络与针灸机制密切相关, 并且中枢整合在针灸机制中起着关键作用[14]。因此, fMRI 对研究针灸治疗神经系统疾病的机制具有较高的适用性。

2.1. 脑卒中及其并发症

脑卒中是全世界残疾和死亡的第二大原因[15], 莫雨晓等通过系统评价发现针灸可引起缺血性脑卒中患者脑灰质结构改变、脑区 Re Ho 增高、脑区激活及脑区功能连接强度变化[16]。Zhang 等在针灸治疗脑卒中的机制研究中发现针灸不仅可以激活运动相关的大脑(包括初级运动皮层、前运动皮层、补充运动区、额顶网络、感觉运动网络以及默认模式网络), 还可以激活语言相关(额下回额叶, 颞叶, 顶叶和枕叶)和认知相关的大脑区域, 调节中风的神经可塑性[17]。

运动功能障碍作为脑卒中常见且严重的并发症[18], Lv 等基于 fMRI 对比常规治疗, 分析出针刺治疗有助于脑卒中患者运动功能障碍的愈合过程, 并表现出双侧基底节及岛叶的过度激活和运动相关区域的低激活[19]。此外, 有研究表明运动功能恢复良好的中风患者在双侧初级运动皮层(M1)之间表现出 FC 增加[20], 并且双侧 M1 之间的 FC 与运动功能恢复的程度呈正相关[21], 其中 Ning 等发现通过针灸可使右皮质下卒中运动障碍患者双侧 M1 之间降低的 FC 增加, 为证明针灸可以通过增强皮质下脑卒中后双侧 M1 的 rsFC 来加速运动功能的神经可塑性提供新的证据[22]。卒中后抑郁症(PSD)是卒中后常见的神经精神合并症[23], 结合 PSD 与执行功能障碍密切相关且两者都与卷积神经网络(CNN)中内在和外在结构及功能连接的改变有关的报道[24] [25], 并在证明支持情绪调节的认知控制机制(例如注意力控制、抑制和重新评估)困难的基础是神经缺陷的情况下, 有研究者优化针刺方案, 通过功能磁共振成像观察 CCN 的神经缺陷, 对于探索优化针刺方案治疗 PSD 的机制是具有一定意义[26]。卒中后失语严重破坏患者的社会参与和生活质量[27], 也有学者对比健康受试者证明与语言缺陷有关的穴位刺激可以选择性地激活中风后失语症患者病变侧的大脑[28], 通过系统评价的方法同样发现针灸对中风后失语症影响的机制可能与语言相关大脑区域的激活和功能连接有关[29], 而北京大学的一项研究证实了针灸可以加强左半球与语言相关的大脑网络这一结论[30]。

2.2. 其他常见神经系统疾病

帕金森病(PD)患者在广泛大脑区域(包括壳核, 丘脑和辅助运动区)的神经反应较低[31], 当 PD 患者接受针灸治疗时壳核和初级运动皮层被激活[32], 与健康参与者相比 PD 患者在受到针灸刺激时前额叶皮层和中央前回的大脑活动明显更高, 尤其是左半球[33]。也有研究人员表明通过针灸刺激调节小脑-丘脑-皮质(CTC)回路的小脑、丘脑和运动皮层, 可以缓解 PD 震颤; 而认知大脑区域(默认模式网络, 视觉区域, 岛叶和前额叶皮层)内的神经活动调节以及 CTC 回路可能有助于增强运动和改善 PD 患者的日常生活活动[34]。贝尔麻痹(BP)是一种特发性单侧面神经麻痹, 许多学者通过 fMRI 研究了 BP 患者的不同侧面发病[35]、大脑功能连接状态[36]以及不同阶段的皮质激活情况[37], 认为针灸诱导 BP 患者初级躯体感觉皮层的功能连接变化, 并推测针灸可以通过调节 BP 中默认模式网络从而使针灸起着稳态作用[36]。轻度认知障碍(MCI)被认为是一种在正常衰老和阿尔茨海默病之间的中间状态, Feng 等研究发现受不同深度的针灸治疗刺激后 MCI 患者的颞区(海马体、丘脑、梭状回)在静息状态下表现出异常的功能连接[38]。此外, Tan 等用调神益智法针灸后也发现 MCI 患者岛叶、背外侧前额叶皮层、海马、丘脑、顶下小叶、前扣带皮层等认知相关区域之间的联系增加[39]。阿尔茨海默病(AD)患者在静息状态下对比健康人, 其几个额叶和颞叶区域显示出海马连接性降低, 针灸治疗后 AD 患者在大多数海马相关区域的连通性增加[40], 且针灸治疗可以调节 AD 的默认模式网络活性[41]。

3. 神经系统疾病穴位 fMRI 研究

整体观念和辨证论治一直是中医理论体系最基本特点, 辨证论治贯穿于每一种疾病、证候、症状的始末。基于这一原则, 笔者总结了基于 fMRI 研究针灸治疗神经系统疾病常用的选穴及其特异性如下。

3.1. fMRI 选穴研究

在针灸学中, 百会作为督脉和足太阳经的交会穴, 常用于治疗中风、认知障碍、血管性痴呆等神经系统疾病。许多研究者通过 fMRI 从不同脑区的功能对百会穴起到的作用机制进行了分析, 认为刺激百会穴可以调节额叶、颞叶及枕叶等相关皮层, 并参加了脑功能的重塑从而起到治疗作用[42] [43] [44]。阳陵泉作为筋会, 在临床上常用于治疗中风后偏瘫, 付彩虹等发现与健康受试者相比, 针刺阳陵泉穴可通过调节双侧大脑半球感觉运动网络相关脑区活动来促进中风偏瘫患者脑功能重塑, 主要表现为病灶侧感觉运动网络相关脑区活动的增强和病灶对侧感觉运动网络脑区活动的抑制, 从脑功能网络层面反映了中医针刺调整阴阳、纠正偏盛偏衰的病理状态的作用机制, 客观证实了针灸的双向调节作用[45]。太冲穴是四关穴之一, 为门诊治疗神经系统疾病的要穴, 国内一些研究小组利用 fMRI 探索刺激太冲穴的脑功能机制, 发现针灸太冲穴可以特异性地激活或停用与视觉、运动、感觉、情绪和镇痛相关的大脑区域, 其中扣带前回、丘脑和小脑后叶的改变具有重要意义, 而激活的大脑区域与其主要临床主治密切相关[46] [47] [48]。另外从临床疗效上来看单穴不仅可以改善特定症状, 也可以用来系统地调节人体的疾病状态[49] [50]。

3.2. fMRI 穴位特异性研究

针对穴位的特异性, 尽管早已有学者应用 fMRI 进行了研究, 但其研究结果不一, 直到 2010 年 Bai 等在研究中引入时间维度后, 验证了穴位特异性这一结论[51]。而这之后学者们将 fMRI 应用于对穴位特异性的探索从未停止, 并且研究角度各不相同。

韩国一研究小组使用 fMRI 比较针刺脑卒中患者和健康受试者的相同穴位, 结果表明在同一针灸过程中两者的脑信号激活情况不同[52]。而 Feng 等发现刺激同一条经络的两个穴位时, 与刺激大陵相比, 针灸刺激内关后的相关性增加主要发生在前额叶区域与边缘/副边缘和皮层下区域之间, 而相关性减少主要发生在顶叶区域与边缘/副边缘和皮质下区域之间, 这说明同一经络不同穴位的针灸可能对刺激后静息大脑产生异质性调节作用, 为针灸效应相对以功能为导向的特异性提供了新的证据[53]。另外, 在 2020 年国内一研究小组发表了一篇系统评价, 探讨了功能神经影像学对穴位特异性研究的现状, 确认了穴位特异性的存在, 并在其中发现有人从真穴位与假穴位的角度也证明了穴位特异性存在这一结论[54]。

国内外许多学者也在 fMRI 基础上对临床上针灸治疗神经系统疾病的常用穴位特异性进行了研究。国外一研究发现针刺阳陵泉的位置为左侧还是右侧对大脑具有不同的调节作用[55]。针对同一脊柱节段的穴位, Zhang 等测试针灸刺激足三里和阳陵泉, 或者刺激三阴交和承山, 发现其诱导了不同但重叠的大脑反应模式, 表明了腧穴存在特异性[56]; 还有研究者从相邻的两个穴位(太冲、内庭)对比附近的非穴位探究发现针灸相邻穴位可引发不同的脑激活模式, 而这些特定模式可能与不同穴位的特定治疗效果机制有关[57]。

4. 结论

针灸治疗神经系统疾病的机制是复杂多样的, 不同疾病状态的不同受试者群体之间激活或抑制的脑区并不相同。针灸可以调节机体的病理状态, 基于 fMRI 技术的脑功能连通性也会因不同类型的神经系统疾病、不同年龄组、不同中医证候而有所不同[58] [59]。通过 fMRI 我们发现了针灸疗法治疗某些疾病的机制和穴位的特异性, 这些结果有助于指导未来针灸对大脑网络的刺激方案。

在查找通过 fMRI 探讨针灸治疗机制时, 发现许多研究中动物模型可以在没有人类或体外实验的情况下研究内在遗传条件、外在环境影响因素、发病机制甚至治疗方案, 但由于动物与人类之间的根本遗传关系的差异, 没有动物模型可以完全复制复杂的人类疾病, 每个动物模型都有自己的缺点。同样, 虽

然早在 1998 年就出现了应用 fMRI 对穴位特异性的研究, 并且一度成为针刺机制发表在国际权威期刊的代表成果, 但是该团队在后续研究中发现针刺镇痛穴位并不具有特异性而撤回了之前的文章, 并否定了曾经确认穴位特异性的观点[60]。直到 Bai 等通过新的方法才又一次验证了穴位的特异性, 这说明在将脑功能成像技术应用在证明穴位特异性存在的研究上仍有很大空缺。另外, 即便功能磁共振成像技术可以追溯到 1990 年, 但也是最近几年才得到广泛应用和系统测试, 因此以近十年的研究为主要参考[61]。

在研究过程中也发现, 神经系统疾病中的脑血管病和神经退行性疾病研究较为频繁, 且对这些疾病进行了详细研究, 对照组客观合理, 这可能与全球老龄化导致相关疾病发生率逐渐增高有关。当笔者将干预措施设置为“针刺”和“艾灸”, 对文献进行总结和分类时, 发现针刺比艾灸作为主要干预措施更常见, 这可能主要与治疗神经系统疾病的大多数操作为针刺以及针刺具有更高的可操作性有关, 其中手动针刺又比电针使用频率更高。此外, 在通过 fMRI 研究针灸治疗神经系统疾病的临床研究中, 大部分穴位的选取为单穴或者一对配穴, 少部分采取相应治法的一组选穴, 这可能是为了更简单地阐明针灸产生作用的机制及相关穴位的特异性。

fMRI 是一种可以研究体内脑功能的成像方法, 具有较高的时空分辨率, 近年来在探索针灸治疗机制方面取得了显著成果, 因此 fMRI 在观察针灸治疗神经系统疾病方面具有很大的可行性。同时, 神经系统疾病种类繁多, 覆盖范围极广, 以至于许多类型的疾病尚未在 fMRI 技术下进行研究, 这很可能与其试验的可操作性有关。因此, 未来要想全方位、多层次地开展 fMRI 技术在神经系统疾病中针灸的应用, 就应该查漏补缺, 严格规范试验步骤和细节, 从针灸临床角度有效结合可视化技术, 更好地为患者服务。

参考文献

- [1] Ji, G.J., Li, J., Liao, W., *et al.* (2023) Neuroplasticity-Related Genes and Dopamine Receptors Associated with Regional Cortical Thickness Increase Following Electroconvulsive Therapy for Major Depressive Disorder. *Molecular Neurobiology*, **60**, 1465-1475. <https://doi.org/10.1007/s12035-022-03132-7>
- [2] Cao, L., Wu, H. and Liu, Y. (2022) Value of CT Spectral Imaging in the Differential Diagnosis of Sarcoidosis and Hodgkin's Lymphoma Based on Mediastinal Enlarged Lymph Node: A STARD Compliant Article. *Medicine*, **101**, e31502. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031502>
- [3] Cosgrove, K.T., Kerr, K.L., Ratliff, E.L., *et al.* (2022) Effects of Parent Emotion Socialization on the Neurobiology Underlying Adolescent Emotion Processing: A Multimethod fMRI Study. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*, **50**, 149-161. <https://doi.org/10.1007/s10802-020-00736-2>
- [4] Sun, R., Yang, Y., Li, Z., *et al.* (2014) Connectomics: A New Direction in Research to Understand the Mechanism of Acupuncture. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, **2014**, Article ID: 568429. <https://doi.org/10.1155/2014/568429>
- [5] Buckner, R.L., Krienen, F.M. and Yeo, B.T.T. (2013) Opportunities and Limitations of Intrinsic Functional Connectivity MRI. *Nature Neuroscience*, **16**, 832-837. <https://doi.org/10.1038/nn.3423>
- [6] Belliveau, J.W., Rosen, B.R., Kantor, H.L., *et al.* (1990) Functional Cerebral Imaging by Susceptibility-Contrast NMR. *Magnetic Resonance in Medicine*, **14**, 538-546. <https://doi.org/10.1002/mrm.1910140311>
- [7] 方继良, 荣培晶, 刘波. 现代脑功能磁共振诠释传统针刺机制[J]. *磁共振成像*, 2020, 11(2): 81-83.
- [8] 刘佳惠, 王东岩. 静息态功能磁共振成像在针刺脑效应研究中的应用进展[J]. *上海针灸杂志*, 2021, 40(11): 1390-1394.
- [9] 闫岩, 谭晓婵, 王宇, 等. 基于 fMRI 的针刺治疗卒中临床试验的方法学评价[J]. *上海针灸杂志*, 2021, 40(10): 1280-1292.
- [10] Ma, P., Dong, X., Qu, Y., *et al.* (2021) A Narrative Review of Neuroimaging Studies in Acupuncture for Migraine. *Pain Research & Management*, **2021**, Article ID: 9460695. <https://doi.org/10.1155/2021/9460695>
- [11] Song, Y., Xu, W., Chen, S., *et al.* (2021) Functional MRI-Specific Alterations in Salience Network in Mild Cognitive Impairment: An ALE Meta-Analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **13**, Article ID: 695210. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.695210>
- [12] He, T., Zhu, W., Du, S.Q., *et al.* (2015) Neural Mechanisms of Acupuncture as Revealed by fMRI Studies. *Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical*, **190**, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2015.03.006>

- [13] Li, X., Cai, L., Jiang, X., *et al.* (2021) Resting-State fMRI in Studies of Acupuncture. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, **2021**, Article ID: 6616060. <https://doi.org/10.1155/2021/6616060>
- [14] Cai, R.L., Shen, G.M., Wang, H., *et al.* (2018) Brain Functional Connectivity Network Studies of Acupuncture: A Systematic Review on Resting-State fMRI. *Journal of Integrative Medicine*, **16**, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2017.12.002>
- [15] Saini, V., Guada, L. and Yavagal, D.R. (2021) Global Epidemiology of Stroke and Access to Acute Ischemic Stroke Interventions. *Neurology*, **97**, S6-S16. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000012781>
- [16] 莫雨晓, 陈楚云, 张去飞, 等. 基于脑功能磁共振成像系统评价针灸治疗缺血性脑卒中的疗效[J]. 西部中医药, 2023, 36(5): 61-67.
- [17] Zhang, J., Lu, C., Wu, X., *et al.* (2021) Neuroplasticity of Acupuncture for Stroke: An Evidence-Based Review of MRI. *Neural Plasticity*, **2021**, Article ID: 2662585. <https://doi.org/10.1155/2021/2662585>
- [18] Li, S., Chen, Y.T., Francisco, G.E., *et al.* (2019) A Unifying Pathophysiological Account for Post-Stroke Spasticity and Disordered Motor Control. *Frontiers in Neurology*, **10**, Article No. 468. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00468>
- [19] Lv, Q., Xu, G., Pan, Y., *et al.* (2021) Effect of Acupuncture on Neuroplasticity of Stroke Patients with Motor Dysfunction: A Meta-Analysis of fMRI Studies. *Neural Plasticity*, **2021**, Article ID: 8841720. <https://doi.org/10.1155/2021/8841720>
- [20] Liu, J., Qin, W., Zhang, J., *et al.* (2015) Enhanced Interhemispheric Functional Connectivity Compensates for Anatomical Connection Damages in Subcortical Stroke. *Stroke*, **46**, 1045-1051. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.007044>
- [21] Wang, L., Yu, C., Chen, H., *et al.* (2010) Dynamic Functional Reorganization of the Motor Execution Network after Stroke. *Brain: A Journal of Neurology*, **133**, 1224-1238. <https://doi.org/10.1093/brain/awq043>
- [22] Ning, Y., Li, K., Fu, C., *et al.* (2017) Enhanced Functional Connectivity between the Bilateral Primary Motor Cortices after Acupuncture at Yanglingquan (GB34) in Right-Hemispheric Subcortical Stroke Patients: A Resting-State fMRI Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, **11**, Article No. 178. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00178>
- [23] Medeiros, G.C., Roy, D., Kontos, N., *et al.* (2020) Post-Stroke Depression: A 2020 Updated Review. *General Hospital Psychiatry*, **66**, 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2020.06.011>
- [24] Jaywant, A., Delponte, L., Kanellopoulos, D., *et al.* (2022) The Structural and Functional Neuroanatomy of Post-Stroke Depression and Executive Dysfunction: A Review of Neuroimaging Findings and Implications for Treatment. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, **35**, 3-11. <https://doi.org/10.1177/0891988720968270>
- [25] Respino, M., Hoptman, M.J., Victoria, L.W., *et al.* (2020) Cognitive Control Network Homogeneity and Executive Functions in Late-Life Depression. *Biological Psychiatry. Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, **5**, 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.10.013>
- [26] Luo, M., Duan, Z., Song, X., *et al.* (2022) Effects of Optimized Acupuncture and Moxibustion Treatment on Depressive Symptoms and Executive Functions in Patients with Post-Stroke Depression: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article ID: 833696. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.833696>
- [27] Zhang, M., Geng, L., Yang, Y., *et al.* (2021) Cohesion in the Discourse of People with Post-Stroke Aphasia. *Clinical Linguistics & Phonetics*, **35**, 2-18. <https://doi.org/10.1080/02699206.2020.1734864>
- [28] Li, G. and Yang, E.S. (2011) An fMRI Study of Acupuncture-Induced Brain Activation of Aphasia Stroke Patients. *Complementary Therapies in Medicine*, **19**, S49-S59. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2010.11.004>
- [29] Li, B., Deng, S., Sang, B., *et al.* (2022) Revealing the Neuroimaging Mechanism of Acupuncture for Poststroke Aphasia: A Systematic Review. *Neural Plasticity*, **2022**, Article ID: 5635596. <https://doi.org/10.1155/2022/5635596>
- [30] Li, X. (2021) An fMRI Study of YiSuiXingShen Acupuncture on the Cerebral Microstructure and Functional Network of Post-Stroke Aphasia Patients. Beijing University, Beijing.
- [31] Yeo, S., Lim, S., Choe, I., *et al.* (2012) Acupuncture Stimulation on GB34 Activates Neural Responses Associated with Parkinson's Disease. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, **18**, 781-790. <https://doi.org/10.1111/j.1755-5949.2012.00363.x>
- [32] Chae, Y., Lee, H., Kim, H., *et al.* (2009) Parsing Brain Activity Associated with Acupuncture Treatment in Parkinson's Diseases. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, **24**, 1794-1802. <https://doi.org/10.1002/mds.22673>
- [33] Yeo, S., Choe, I.H., Van den Noort, M., *et al.* (2014) Acupuncture on GB34 Activates the Precentral Gyrus and Prefrontal Cortex in Parkinson's Disease. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **14**, Article No. 336. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-336>
- [34] Li, Z., Chen, J., Cheng, J., *et al.* (2018) Acupuncture Modulates the Cerebello-Thalamo-Cortical Circuit and Cognitive Brain Regions in Patients of Parkinson's Disease with Tremor. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **10**, Article No. 206. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00206>

- [35] Han, X., Li, H., Du, L., *et al.* (2019) Differences in Functional Brain Alterations Driven by Right or Left Facial Nerve Efferent Dysfunction: Evidence from Early Bell's Palsy. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, **9**, 427-439. <https://doi.org/10.21037/qims.2019.02.13>
- [36] He, X., Zhu, Y., Li, C., *et al.* (2014) Acupuncture-Induced Changes in Functional Connectivity of the Primary Somatosensory Cortex Varied with Pathological Stages of Bell's Palsy. *Neuroreport*, **25**, 1162-1168. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000246>
- [37] Calistri, V., Mancini, P., Raz, E., *et al.* (2021) fMRI in Bell's Palsy: Cortical Activation Is Associated with Clinical Status in the Acute and Recovery Phases. *Journal of Neuroimaging: Official Journal of the American Society of Neuroimaging*, **31**, 90-97. <https://doi.org/10.1111/jon.12798>
- [38] Feng, Y., Bai, L., Ren, Y., *et al.* (2012) fMRI Connectivity Analysis of Acupuncture Effects on the Whole Brain Network in Mild Cognitive Impairment Patients. *Magnetic Resonance Imaging*, **30**, 672-682. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2012.01.003>
- [39] Tan, T.T., Wang, D., Huang, J.K., *et al.* (2017) Modulatory Effects of Acupuncture on Brain Networks in Mild Cognitive Impairment Patients. *Neural Regeneration Research*, **12**, 250-258. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.200808>
- [40] Wang, Z., Liang, P., Zhao, Z., *et al.* (2014) Acupuncture Modulates Resting State Hippocampal Functional Connectivity in Alzheimer Disease. *PLOS ONE*, **9**, e91160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091160>
- [41] Liang, P., Wang, Z., Qian, T., *et al.* (2014) Acupuncture Stimulation of Taichong (Liv3) and Hegu (LI4) Modulates the Default Mode Network Activity in Alzheimer's Disease. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, **29**, 739-748. <https://doi.org/10.1177/1533317514536600>
- [42] Shi, Y., Zhang, S., Li, Q., *et al.* (2016) A Study of the Brain Functional Network of Deqi via Acupuncturing Stimulation at BL40 by rs-fMRI. *Complementary Therapies in Medicine*, **25**, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2016.01.004>
- [43] 曲姗姗. 电针印堂、百会治疗轻中度原发性抑郁症的临床观察及 Rs-fMRI 研究[D]: [博士学位论文]. 广州: 南方医科大学, 2015.
- [44] 魏翔宇, 詹松华, 郭粹, 等. 分数低频振幅模式下电针百会穴实时脑效应研究[J]. 辽宁中医杂志, 2021, 48(1): 168-170+223.
- [45] 付彩虹, 李匡时, 邹忆怀. 针刺阳陵泉对中风偏瘫患者感觉运动网络影响的 fMRI 研究[J]. 天津中医药, 2016, 33(5): 260-264.
- [46] 李晓陵, 杨旭, 曹丹娜, 等. 针刺太冲穴治疗脑卒中后抑郁的静息态 fMRI 研究进展[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2023, 21(2): 210-213.
- [47] 谭乔芮, 王宇, 赵晓峰. 针刺太冲穴脑功能磁共振成像研究进展[J]. 中国疗养医学, 2022, 31(6): 573-576.
- [48] 李保朋, 李春林, 苏珊珊, 等. 针刺烦躁焦虑患者太冲穴即刻脑功能变化的 fMRI 研究[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2022, 20(1): 16-20+35.
- [49] 霍梦娟, 张岳, 刘波, 等. 针刺单穴和组穴的 fMRI 研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(3): 219-223.
- [50] 陈瑾, 肖碧银, 邱小雅, 等. 针刺太冲穴及其不同配穴对健康受试者 fMRI 脑功能成像的影响[J]. 中医杂志, 2019, 60(23): 2017-2022.
- [51] Bai, L., Tian, J., Zhong, C., *et al.* (2010) Acupuncture Modulates Temporal Neural Responses in Wide Brain Networks: Evidence from fMRI Study. *Molecular Pain*, **6**, 73. <https://doi.org/10.1186/1744-8069-6-73>
- [52] Cho, S.-Y., *et al.* (2013) A Comparison of Brain Activity between Healthy Subjects and Stroke Patients on fMRI by Acupuncture Stimulation. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, **19**, 269-276. <https://doi.org/10.1007/s11655-013-1436-4>
- [53] Feng, Y., Bai, L., Zhang, W., *et al.* (2011) Investigation of Acupoint Specificity by Whole Brain Functional Connectivity Analysis from fMRI Data. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Boston, 30 August-3 September 2011, 2784-2787.
- [54] Qiu, K., Yin, T., Hong, X., *et al.* (2020) Does the Acupoint Specificity Exist? Evidence from Functional Neuroimaging Studies. *Current Medical Imaging*, **16**, 629-638. <https://doi.org/10.2174/1573405615666190220113111>
- [55] Yeo, S., Van den Noort, M., Bosch, P., *et al.* (2016) Ipsilateral Putamen and Insula Activation by both Left and Right GB34 Acupuncture Stimulation: An fMRI Study on Healthy Participants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, **2016**, Article ID: 4173185. <https://doi.org/10.1155/2016/4173185>
- [56] Zhang, W.T., Jin, Z., Luo, F., *et al.* (2004) Evidence from Brain Imaging with fMRI Supporting Functional Specificity of Acupoints in Humans. *Neuroscience Letters*, **354**, 50-53. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2003.09.080>
- [57] Liu, H., Xu, J.Y., Li, L., *et al.* (2013) fMRI Evidence of Acupoints Specificity in Two Adjacent Acupoints. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, **2013**, Article ID: 932581. <https://doi.org/10.1155/2013/932581>

- [58] 魏晓雅, 张娜, 李金玲, 等. 基于磁共振成像和机器学习的针刺镇痛神经标志物研究现状[J]. 针刺研究, 2021, 46(6): 505-509.
- [59] Huang, W., Pach, D., Napadow, V., *et al.* (2012) Characterizing Acupuncture Stimuli Using Brain Imaging with fMRI—A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature. *PLOS ONE*, 7, e32960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032960>
- [60] Cho, Z.H., Chung, S.C. and Wong, E.K. (2006) New Findings of the Correlation between Acupoints and Corresponding Brain Cortices Using Functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 10527. <https://doi.org/10.1073/pnas.0602520103>
- [61] 吴越, 曹丹娜. 针刺治疗脑梗死脑中枢机制的功能磁共振成像研究进展[J]. 辽宁中医杂志, 2023, 50(6): 243-246.