

·论著·

# 采用CiteSpace可视化分析近20年功能磁共振运用于脑卒中领域的国内发文量现状

作者单位  
北京中医药大学东直门医院  
北京 100029  
基金项目  
国家自然科学基金  
(No. 81873257)  
收稿日期  
2022-03-24  
通讯作者  
邹忆怀  
zouyihuai2004@163.com

喻鑫,陈琛,王月,王雅惠,王丽平,陆梦馨,徐玲玲,刘若一,武琳璐,张慕昭,许天骄,邹忆怀

**摘要** **目的:**应用CiteSpace软件对国内近20年功能磁共振(fMRI)运用于脑卒中领域的研究现状及热点进行可视化分析。**方法:**以中国知网(CNKI)数据库为数据来源,利用CiteSpace软件对国内近20年脑卒中与fMRI相关的研究进行作者、研究机构及关键词分析。**结果:**纳入644篇文献,国内运用fMRI在脑卒中领域的研究从2002年开始兴起,呈波浪式上升,至今仍是研究热点。发文量最高的作者是孙莉敏(上海复旦大学)。研究机构以高校及其附属医院为主,范围较局限,缺乏机构、区域之间更广泛的交流合作。fMRI在卒中研究中的热点领域主要集中在针刺治疗卒中的研究、卒中后康复的研究、卒中后偏瘫、失语的治疗及作用机制的研究。fMRI数据分析方法如功能连接、功能重组、低频振幅为热门使用的方法。除去主题词外较活跃的高频被引关键词聚类为功能连接、综述、运动想象、头针、高压氧等。**结论:**脑卒中与fMRI相关的知识图谱研究规律发现其中涉及不同针刺方法治疗、卒中后康复、卒中后遗症治疗及作用机制、功能磁共振数据分析方法等多个方面。

**关键词** CiteSpace;卒中;功能磁共振;可视化分析

**中图分类号** R741;R743.3 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20220261

**本文引用格式:**喻鑫,陈琛,王月,王雅惠,王丽平,陆梦馨,徐玲玲,刘若一,武琳璐,张慕昭,许天骄,邹忆怀.采用CiteSpace可视化分析近20年功能磁共振运用于脑卒中领域的国内发文量现状[J].神经损伤与功能重建,2023,18(5): 254-258.

**CiteSpace Visualized Analysis of Domestic Literature on Application of Functional Magnetic Resonance in Field of Stroke in Past 20 Years** YU Xin, CHEN Chen, WANG Yue, WANG Ya-hui, WANG Li-ping, LU Meng-xin, XU Ling-ling, LIU Ruo-yi, WU Lin-lu, ZHANG Mu-zhao, XU Tian-jiao, ZOU Yi-huai. Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

**Abstract** **Objective:** CiteSpace software was used to visually analyze the research status and hotspots related to stroke and functional magnetic resonance imaging (fMRI) in the past 20 years. **Methods:** Using China National Knowledge Infrastructure (CNKI) database as the data source, the authors, research institutions, and keywords of studies related to stroke and fMRI in the past 20 years were analyzed by CiteSpace software. **Results:** A total of 644 literatures were included. Domestic studies on fMRI in the field of stroke began to appear in 2002, showing a rising wave, and is still a research hotspot today. The most published author was Sun Li-min (Fudan University of Shanghai). The research institutions were mainly universities and affiliated hospitals, which had limitations and lack broader communication and cooperation between institutions and regions. The hot areas of fMRI in stroke research mainly focused on acupuncture treatment of stroke, rehabilitation after stroke, and the treatment and mechanism of hemiplegia and aphasia after stroke. fMRI data analysis methods such as functional connection, functional reorganization, and low-frequency amplitude are frequently used. In addition to subject words, the most active clusters of frequently cited keywords are functional connection, review, motor imagery, acupuncture, and hyperbaric oxygen. **Conclusion:** The knowledge graph of fMRI and stroke shows that it involves different acupuncture treatment, rehabilitation after stroke, treatment and mechanism of stroke sequelae, fMRI data analysis, and multiple other aspects.

**Keywords** CiteSpace; stroke; functional magnetic resonance imaging; visual analysis

脑卒中具有较高的发病率、死亡率和致残率,医疗水平的进步使死亡率大幅降低,但致残率仍居高不下<sup>[1]</sup>。大脑神经元具有高度可塑性<sup>[2]</sup>,脑卒中发生后,除了病灶局部,其他脑区也会出现功能活动增强并发生一定程度的功能重组<sup>[3]</sup>。目前脑卒中后神

经功能恢复及神经重塑机制尚未完全明确,利用影像学手段,可无创且直观地观察中枢神经功能活动情况<sup>[4]</sup>,从神经激活模式、神经功能重组、远隔部位间功能连接等角度推动了对卒中后功能恢复机制的认识。

磁共振成像(Magnetic Resonance Imag-

ing, MRI)具有高分辨率、无创、软组织对比度较高等特点,在传统MRI基础上发展起来的功能磁共振成像(Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)是集功能、影像、解剖为一体,不用外源性造影剂就能无损伤地对人脑中神经元活动增加的区域进行成像的技术<sup>[5]</sup>。其主要原理是血氧水平依赖(Blood Oxygenation Level Dependent, BOLD)效应:含氧血红蛋白具有反磁性,脱氧血红蛋白具有顺磁性,当大脑某一区域被激活,相关脑区组织耗氧量增加,局部灌注增加,具有反磁性的含氧血红蛋白含量多于顺磁性的脱氧血红蛋白含量, T<sub>2</sub>信号随之增加,反之信号减弱。由此可以实现局部血氧代谢情况的可视化,从而间接反映神经元活动<sup>[6]</sup>。

CiteSpace 软件是陈超美教授为首的团队在 JAVA 语言基础上开发的可视化分析数据软件,通过共引分析理论和寻径算法<sup>[7]</sup>,针对文献的各要素绘制出一系列可视化图谱,能够使科研从业者更直观、全面地了解所研究领域的发展动态。为了解国内 fMRI 在脑卒中研究领域的发展历程、研究现状及发展趋势,本研究基于中国知网数据库(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)中近 20 年相关领域文献,应用 CiteSpace 分析软件,对发文量、作者、机构、关键词进行可视化分析,为以后该领域进一步的研究提供思路。

1 资料与方法

1.1 数据来源

文献全部选自 CNKI,检索时间段为 2002 年 1 月 1 日至 2022 年 3 月 20 日。检索方式采用高级检索,选取“功能磁共振”、“功能核磁”、“fMRI”、“卒中”、“中风”等为主题词,检索式为:SU=(fMRI+功能核磁+功能磁共振)\*(卒中+中风+脑梗+脑缺血+脑出血)获得 672 条文献数据,手动剔除无作者文献、会议、报纸和重复文献,最后纳入文献 644 篇。

1.2 数据处理

将 CNKI 数据库中的文献以“Refworks”格式导出,命名为 Download\_1 和 Download\_2,并在 CiteSpace V (5.6.R5) 软件中进行格式转换,最后将信息导入 CiteSpace V 软件。

1.3 参数设置

设置时间段为 2002 ~ 2022 年,设置术语来源及类型:主题词来源和关键路径为系统默认值;节点类型分别选取作者、机构及关键词;设置阈值为系统默认值;时间切片及网络剪裁方式根据研究内容不同,对图谱进行合理布局 and 美化,以便于更好地解读图谱。参数

设置完毕后,运行 CiteSpace V 软件可生成图谱。

1.4 主要观察指标

主要观察指标为纳入研究的作者、机构、关键词。

2 结果

2.1 发文量分析

最早关注 fMRI 应用于脑卒中研究的论文出现在 2002 年,一直到 2007 年, fMRI 在脑卒中领域的研究年发文量较少,均不超过 20 篇,属于起步阶段;2007 ~ 2022 年发文量呈波浪式上升,并分别在 2019 年(56 篇)和 2021 年(57 篇)发文量出现峰值;其中,2022 年的数据尚不能反映全年的出版情况,数据截至 2022 年 3 月,借助 CNKI 自带的计量可视化分析工具,预计 2022 年相关方向的期刊论文发表数量将达到 57 篇,见图 1。

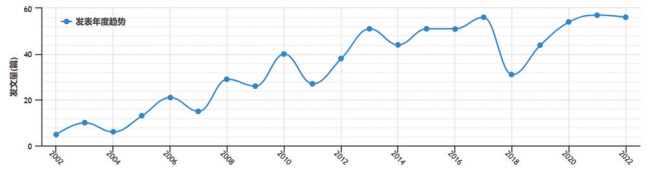


图1 脑卒中方向 fMRI 相关研究文献发文量

2.2 文献来源分析

fMRI 在脑卒中领域发表文献数量最多的期刊是《中华物理医学与康复杂志》(29 篇),其次是《北京中医药大学学报》(28 篇)、《中国康复医学杂志》(23 篇)、《天津医科大学学报》(20 篇)、《中国康复理疗与实践》(19 篇)、《中国医学影像技术》(12 篇)、《南方医科大学》(12 篇)、《中西医结合心脑血管病杂志》(10 篇)、《磁共振成像》(9 篇)、《中华老年心脑血管病杂志》(8 篇)、《中国康复》(8 篇)、《中国组织工程研究》(7 篇)。

2.3 研究机构分析

选择节点类型为机构(Institution),时间节点设置为 1,得到研究机构网络图谱,共 293 个节点,162 条连线,节点间连线代表机构之间的合作关系。在发文量前 10 的机构中,以国家中医针灸临床医学研究中心(23 篇)发文量最多;上海中医药大学、上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院(22 篇)、上海中医药大学附属龙华医院(21 篇)为一个团体,且发文量较多;天津中医药大学研究生院(21 篇)、天津中医药大学第一附属医院针灸临床部(20 篇)也联系紧密,发文量和上海中医药大学不分伯仲;其次是北京中医药大学东直门医院(15 篇);然后是沈阳市第二中医医院(13 篇)和辽宁中医药大学(10 篇),上述两者之间有合作关系;最后是复旦大学附属华山医院康复医学科(8 篇),见图 2。

2.4 作者分析

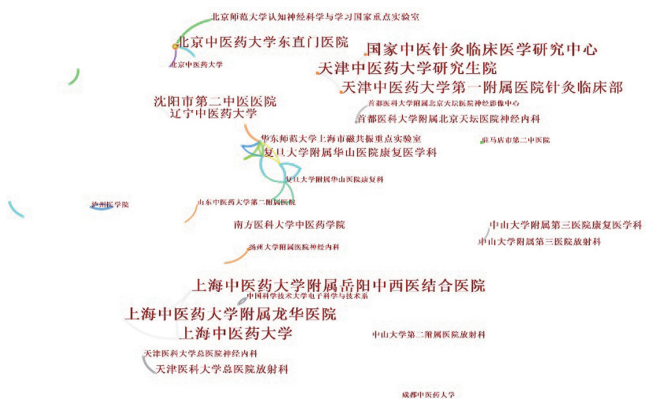


图2 机构合作网络

选择节点类型为作者(Author),时间切片选择5,网络剪切方式选用Pathfinder,得到作者合作网络图谱,共227个节点,310条连线,每个节点代表1个作者,节点之间的连线说明了研究者之间合作情况。发文量前十的作者为:孙莉敏(10)、吴毅(9)、王苇(9)、邹忆怀(8)、周龙江(8)、赵义(7)、贾杰(7)、谭中建(7)、张新江(7)、陈俊琦(6)。形成团队研究的有孙莉敏团队、吴毅团队、王苇团队、邹忆怀团队等,其中稳定合作最多的团队是孙莉敏团队,见图3。

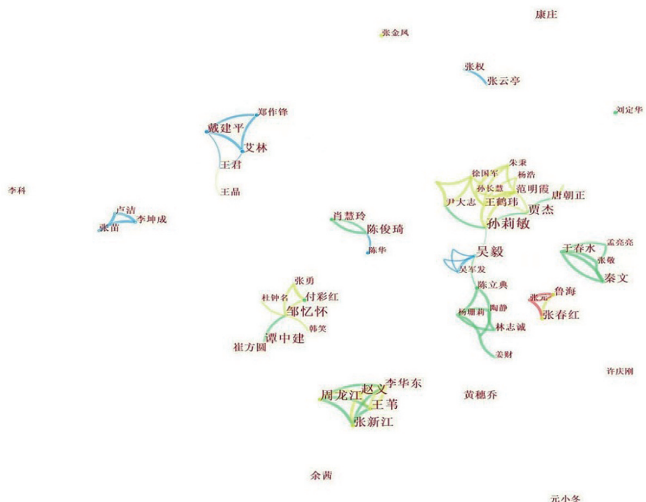


图3 作者合作网络

2.5 关键词分析

选择节点类型为关键词(Keyword),以寻径网络(Pathfinder Network)算法为主,Pruning sliced Networks和Pruning The Merged Network为辅进行裁剪,获得326个节点,551条连线,节点的大小反映关键词出现频次,节点之间的连线反映关键词有共现关系,连线粗细反映共现关系的强弱,见图4。同时生成关键词频次表,截取前20,见表1。因为课题主要是脑卒中和功能核磁相关的研究,因此脑卒中、fMRI、核磁共振及相似的关键词排在前列。此外,研究类型主要是综述和机制方面的研究,研究重点集中在针刺,针刺的方

法还包括了电针、头针;脑梗死后遗症中失语、偏瘫比较受关注;脑梗死后的康复治疗也为研究的热点;此外研究热点还有:功能连接、静息态、功能重组、低频振幅、神经重塑、即刻效应、运动功能、脑效应。

表1 关键词频数和中心度统计

| 序号 | 关键词  | 频次  | 中介中心性分布 |
|----|------|-----|---------|
| 1  | 脑卒中  | 226 | 0.31    |
| 2  | 针刺   | 122 | 0.06    |
| 3  | 脑梗死  | 114 | 0.17    |
| 4  | 康复   | 63  | 0.25    |
| 5  | 功能连接 | 55  | 0.10    |
| 6  | 综述   | 54  | 0.01    |
| 7  | 偏瘫   | 52  | 0.14    |
| 8  | fMRI | 43  | 0.32    |
| 9  | 电针   | 36  | 0.21    |
| 10 | 静息态  | 29  | 0.04    |
| 11 | 头针   | 29  | 0.01    |
| 12 | 功能重组 | 27  | 0.10    |
| 13 | 失语   | 26  | 0.24    |
| 14 | 中风   | 26  | 0.32    |
| 15 | 低频振幅 | 25  | 0.06    |
| 16 | 机制   | 25  | 0.10    |
| 17 | 神经重塑 | 24  | 0.22    |
| 18 | 即刻效应 | 23  | 0.03    |
| 19 | 运动功能 | 21  | 0.19    |
| 20 | 脑效应  | 18  | 0.01    |

基于关键词共现图谱使用CiteSpace进行突现性探测,有助于找到这一领域的前沿研究方向,见图5。在关键词突变前10位中,突变强度最大的是“功能连接”(5.02),它集中出现的时间是2018~2022年;其次是“低频振幅”(4.38),它集中出现的时间是2016~2022年,它们仍是近年来的研究热点;2010年以来,研究热点集中在“手运动”(2006~2013年)、“静息态”(2014年)、“运动皮层”(2010~2013年)、“外关穴”(2011~2012年)、“被动运动”(2005~2013年)、“华勒变性”(2010~2012年)。

2.6 关键词聚类

利用LLR方法对关键词共现图谱进行聚类,更直观地看到每个关键词形成的研究范围和重叠的部位,每个色块为一个聚类,以节点大小代表出现频次,正方形越大则对此的相关文献越多,可以避免关键词频次与中介中心性研究的局限性,Q值>0.3,S值>0.5,表明网络聚类显著,每个聚类主题内文献一致性较好<sup>[8]</sup>。聚类规模最大的是#0,以标签词分析发现该聚类涉及的研究内容是以功能核磁为检测方式进行卒中后大

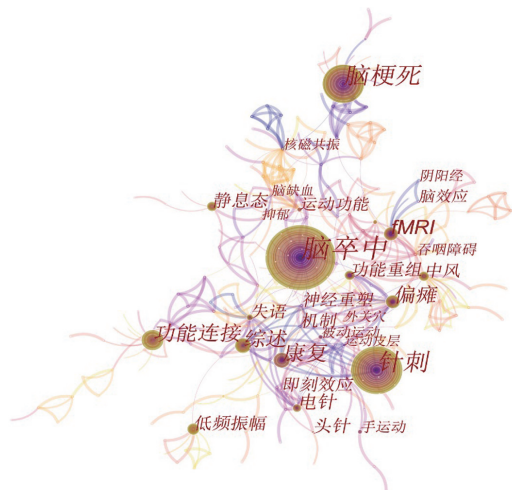
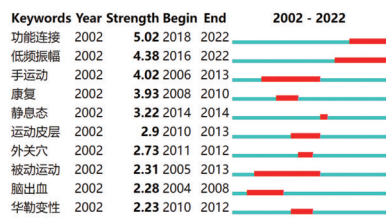


图4 关键词共现网络



注:红色代表关键词在该年份出现频率最多,Begin与End分别代表关键词突现的起始时间

图5 关键词突显

脑功能连接的研究,其他核磁数据分析方式还有 #9、#10、#12、#13、#16;与疾病名称相关的主要聚类结果是 #1、#4、#6;与卒中后遗症相关的聚类是 #11、#14、#15;与治疗卒中相关的聚类结果是 #5、#7、#8,见表2、图6。目前的研究热点集中在综述、针刺、运动功能、大脑功能连接、脑网络和卒中后遗症等,通过这些聚类可以看出该领域的发展规律和新方向。

2.7 关键词演变

以研究的关键词为基础,运用Timeline功能,可直观观察随着时间的演变脑卒中在fMRI方面研究的动态进程,见图7。#0节点从2002年出现,2015~2021年为高峰,此节点主要的研究内容是脑卒中后遗症,如吞咽、语言、运动等功能障碍的治疗,治疗方法以步态虚拟现实、脑机接口、运动想象、物理刺激、镜像疗法、视觉刺激或联合运用为主;#1中研究内容较丰富的时间节点是2012~2016年,主要以脑梗死预后、脑功能区、脑梗死后康复、肌痉挛为主,研究前沿为本体感觉;#2中研究内容丰富的时间节点是2012~2020年,以“针刺穴位”为研究前沿;#3中该聚类研究内容是对神经重塑的研究,以神经影像的研究为前沿;#4节点于2008年出现,2021年为研究热门,研究前沿为脑网络及蒙医针刺;#5中丰富的研究内容倾向于2016年和2019~2021年,研究前沿是方法学和临床实验研究大脑偏侧

表2 关键词聚类标签

| 聚类ID | 节点数 | 单一性系数 | 标签     |
|------|-----|-------|--------|
| #0   | 36  | 0.953 | 功能连接   |
| #1   | 30  | 0.902 | 中风     |
| #2   | 29  | 0.978 | 综述     |
| #3   | 29  | 0.939 | 磁共振    |
| #4   | 22  | 0.957 | 脑卒中    |
| #5   | 21  | 0.897 | 运动想象   |
| #6   | 21  | 1     | 脑梗死    |
| #7   | 20  | 0.943 | 头针     |
| #8   | 18  | 0.993 | 高压氧    |
| #9   | 18  | 0.954 | 默认网络   |
| #10  | 13  | 0.983 | 功能重组   |
| #11  | 9   | 0.98  | 梗塞后抑郁症 |
| #12  | 7   | 1     | 灰质体积   |
| #13  | 6   | 0.965 | 脑网络    |
| #14  | 5   | 0.991 | 病态语言特点 |
| #15  | 36  | 0.953 | 运动障碍   |
| #16  | 30  | 0.902 | 低频振幅   |

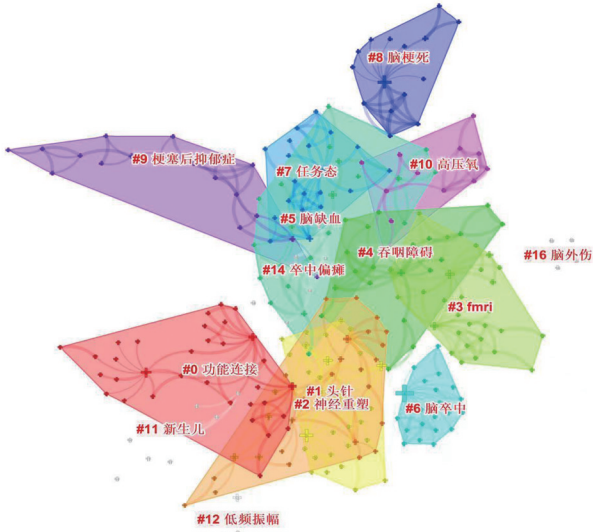


图6 基于LLR方法的关键词聚类

性;#6中的研究内容集中在2005~2016年;#7中研究主体集中在2006~2018年,研究前沿多为康复评定和体素-镜像同伦连接(Voxel-mirror Image Homotopy Connection, VMHC);#8中研究主要内容分布于2006年、2010~2011年、2017年、2021年,研究前沿为图像处理;#9中研究内容以2013年最为丰富。

3 讨论

本研究用CiteSpace对中国知网中有关fMRI应用于脑卒中研究文献进行统计分析,发现文献发表数量随着时间的变化呈现不同趋势。该研究专题在2002年兴起,之后的发文量呈上升趋势,至今仍是一大研究热点话题,这与图1文献的时间分布特征一致。

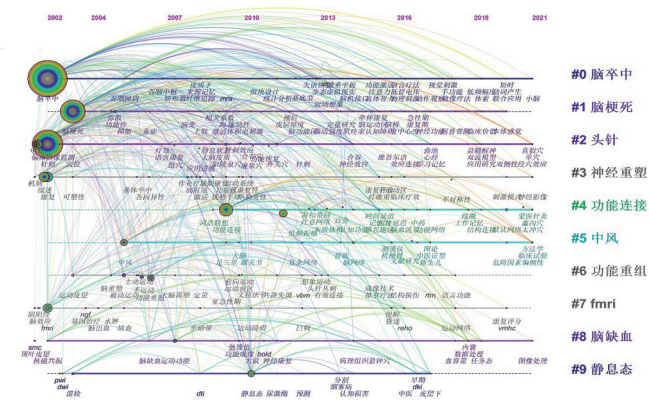


图7 关键词演变时间线图谱

作者与研究机构的知识图谱的分析发现,发量最多的孙莉敏及吴毅合作网络较密集,均属于复旦大学附属华山医院,研究内容主要是运动想象训练促进脑卒中患者上肢功能恢复的fMRI研究<sup>[9,10]</sup>、fMRI和经颅磁刺激对脑卒中偏瘫康复研究<sup>[11]</sup>;王苇、周龙江、张新江所在团队,从2007年至今持续研究相关领域,内容涉及健、患侧感觉运动区在脑梗死后肢体运动功能康复中的作用<sup>[12]</sup>和纹状体内囊梗死患者相关运动功能区重组的功能磁共振成像研究<sup>[13]</sup>。邹忆怀团队主要从事针刺阳陵泉的中枢效应机制的研究<sup>[14,15]</sup>。各研究机构分布不集中,机构合作网络也较稀疏,合作的机构也多是大学与其附属医院或是大学与大学的二级学院之间的合作,说明不同研究机构间缺乏合作,地区间的学术交流也不充分,这在一定程度上会限制学科的发展,未来应加强各个大团队之间的交流。

关键词的中心性 $\geq 0.1$ 说明该关键词在共现网络图谱中发挥重要枢纽作用,从表2可知,中心性 $\geq 0.1$ 的关键词有脑卒中、脑梗死、康复、功能连接、偏瘫、fMRI、电针、功能重组、失语、中风、机制、神经重塑和运动功能。通过对关键词进一步分析发现,fMRI相关脑卒中领域研究的文章类型多是综述性总结和对卒中发病/恢复机制的临床或基础性研究;针刺治疗为fMRI在脑卒中方向的一大研究热点,针刺的方式包括体针、头针、电针等,热门穴位为阳陵泉、廉泉、合谷、曲池、足三里等;卒中后康复为另一大研究热点,康复手段包括运动想象、步态虚拟现实、牵伸康复、作业疗法及康复评价手段等;fMRI的静息态和任务态磁共振均为研究热门,任务态的任务多为手运动、被动运动,fMRI数据分析方法如功能连接、功能重组、低频振幅为热门使用的方法;脑网络模式重点偏向于研究注意网络、功能网络、默认网络。其他研究热点内容为fMRI进行卒中后

失语、卒中后吞咽障碍、卒中后认知损害、卒中后神经重塑、运动功能恢复以及某种干预手段的即刻效应或脑效应的相关性研究。

本研究通过文献计量学手段,首次对fMRI应用于卒中领域的相关文献进行宏观分析,直观展示了该领域的作者及机构合作网、研究热点及发展趋势等,未来的研究者需进一步加强跨团队和跨区域的多元化合作。同时,fMRI能够直观且无害地分析大脑功能区激活情况,未来仍值得临床医师和科研人员关注。当然,本研究尚存在一些局限性,由于该可视化图谱软件仅仅能够识别CNKI,不能对其他中文数据库,如万方、维普等中数据进行识别,导致分析结果不能反映全部规律。本研究可为研究者在未来继续从事该领域的研究提供参考和依据,具有重要的指导和启发意义。

参考文献

[1] Takebayashi T, Takahashi K, Amano S, et al. Assessment of the efficacy of Reogo-J robotic training against other rehabilitation therapies for upper-limb hemiplegia after stroke: protocol for a randomized controlled trial[J]. Front Neurol, 2018, 9: 730.

[2] Yelnik MD. Functional anatomy of the basal ganglia[J]. Mo Disord, 2002, 17: S15-S21.

[3] Cho SY, Kim M, Sun JJ, et al. A Comparison of Brain Activity between Healthy Subjects and Stroke Patients on fMRI by Acupuncture Stimulation[J]. Chin J Integr Med, 2013, 19: 269-276.

[4] 高敏, 王茂雪, 房海燕, 等. 磁共振扩散张量成像与扩散加权成像对早期脑梗死的诊断价值对比[J]. 神经损伤与功能重建, 2018, 13: 364-366.

[5] Crofts A, Kelly ME, Gibson CL. Imaging Functional Recovery Following Ischemic Stroke: Clinical and Preclinical fMRI Studies[J]. J Neuro Imaging, 2020, 30: 5-14.

[6] 刘露阳, 王鹏琴. 功能磁共振成像技术在针刺机制研究中的应用[J]. 辽宁中医杂志, 2018, 45: 203-206.

[7] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33: 242-253.

[8] Kuo CL, Hu GC. Post-stroke spasticity: A review of epidemiology, pathophysiology, and treatments[J]. Int J Gerontol, 2018, 12: 280-284.

[9] 孙莉敏, 吴毅, 尹大志, 等. 运动想象训练促进脑卒中患者上肢运动功能恢复的功能磁共振研究[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30: 1217-1222, 1242.

[10] 唐朝正, 赵智勇, 孙莉敏, 等. 运动想象结合任务导向训练在脑卒中后手功能康复中作用的fMRI研究[J]. 中国运动医学杂志, 2015, 34: 495-499.

[11] 樊蕴辉, 吴毅, 孙莉敏. 功能磁共振和经颅磁刺激对脑卒中偏瘫康复的应用进展[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36: 1587-1591.

[12] 周龙江, 李华东, 赵义, 等. 健侧脑感觉运动区在局灶性脑梗死后偏瘫肢体运动功能康复中的作用[J]. 中华解剖与临床杂志, 2021, 26: 497-503.

[13] 周龙江, 李华东, 赵义, 等. 纹状体内囊梗死患者相关运动功能区重组的功能磁共振成像研究[J]. 中华神经医学杂志, 2021, 20: 469-476.

[14] 杜钟名, 陆梦馨, 江澜, 等. 针刺阳陵泉穴对脑梗死患者感觉运动网络功能连接及其动态性影响的功能性磁共振成像研究[J]. 中国综合临床, 2020, 36: 302-308.

[15] 陈天竹, 邹忆怀, 杜钟名, 等. 手足十二针对缺血性脑卒中偏瘫患者大脑初级运动区与小脑功能连接的影响[J]. 中医杂志, 2021, 62: 1514-1521.

(本文编辑:王晶)