

基于文献计量学的针灸调节突触可塑性研究领域知识图谱可视化分析

冯楚文^{1,2}, 屈媛媛³, 孙忠人³, 孙维伯⁴, 王铁刚^{3,5}, 杨添淞^{1,2}

摘要 目的: 基于文献计量学探讨近20年针灸调节突触可塑性的研究现状、热点及发展趋势。方法: 以2002~2022年期间发表于CNKI的针灸调节突触可塑性实验研究为文献来源, 应用CiteSpace和VOSviewer软件对作者、机构及关键词进行可视化分析。结果: 纳入文献169篇, 来源于73种期刊, 《针刺研究》发文量最高; 涉及作者421位, 以孔立红为代表; 研究机构148家, 以福建中医药大学为代表; 关键词325个, 电针出现频次最高; 关键词聚类效果显著, 主要包括针灸调节突触可塑性的干预手段、研究疾病、作用靶点及机制; 近年来突现词聚焦于针药结合、认知功能、长时程增强, 且持续性可观。结论: 近20年我国针灸调节突触可塑性研究领域发展迅速, 已形成相对稳定的研究团队及研究方向。

关键词 针灸; 突触可塑性; 可视化分析; 知识图谱; CiteSpace; VOSviewer

中图分类号 R741; R741.02 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgnj.20221097

本文引用格式: 冯楚文, 屈媛媛, 孙忠人, 孙维伯, 王铁刚, 杨添淞. 基于文献计量学的针灸调节突触可塑性研究领域知识图谱可视化分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2024, 19(1): 21-27.

Knowledge Map of Acupuncture Regulating Synaptic Plasticity: A Bibliometric Analysis
FENG Chuwen^{1,2}, QU Yuanyuan³, SUN Zhongren³, SUN Weibo⁴, WANG Tiegang^{3,5}, YANG Tiansong^{1,2}. 1. The First Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China; 2. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Informatics of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150040, China; 3. Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China; 4. Harbin Medical University, Harbin 150040, China; 5. Daqing Traditional Chinese Medicine Hospital, Heilongjiang 163311, China

Abstract Objective: To explore current status, hot spots and development trends of acupuncture in the regulating of synaptic plasticity in the past 20 years based on bibliometrics. **Methods:** Experimental studies on the regulation of synaptic plasticity by acupuncture published in CNKI from 2002 to 2022 were cited as the literature source, CiteSpace and VOSviewer software were used to visually analyze authors, institutions and keywords. **Results:** A total of 169 studies were included. The studies came from 73 journals, and the number of articles published in Acupuncture Research was the highest. There were 421 authors involved, with Kong Lihong as the representative; 148 research institutions, represented by Fujian University of Traditional Chinese Medicine; 325 keywords, EA appeared most frequently. The clustering of keywords was significant, mainly including intervention methods, research diseases, targets and mechanisms of acupuncture in regulating synaptic plasticity. In recent years, emergent words have focused on the combination of acupuncture and medicine, cognitive function, and long-term potentiation, with significant persistence. **Conclusion:** In the past 20 years, the research field of acupuncture in regulating synaptic plasticity in China has developed rapidly, and a relatively stable research team and research direction have been formed.

Keywords acupuncture; synaptic plasticity; visualization analysis; knowledge map; CiteSpace; VOSviewer

突触是神经元信息传递的桥梁, 作为高级脑功能活动的结构基础, 其生理功能与突触可塑性平衡密切相关^[1]。突触可塑性是指由突触结构和功能变化引起的较持久的突触效能改变^[2], 是痴呆^[3]、抑郁^[4]、脑卒中^[5]等多种精神神经系统疾病的病理基础。研究表明, 针灸对多种疾病的改善作用与调节突触可塑性相关^[6,7], 为揭示针灸介导的脑功能重塑提供了新视角。目前,

针灸调节突触可塑性相关文献报道逐年增多, 传统的检索方式对文献分析明显不足, 亟需进行文献可视化分析。

文献计量学是一门集数学、统计学、文献学于一体的交叉学科, 能够定量地将一切知识载体构建为可视化知识网络, 实现对大数据的智能化分析。Citespace软件^[8]和Vosviewer软件^[9]是文献计量学分析的常用工具, 通过可视化手段实现对领域文献

作者单位

1. 黑龙江中医药大学附属第一医院
哈尔滨 150040

2. 黑龙江省中医药信息学重点实验室
哈尔滨 150040

3. 黑龙江中医药大学
哈尔滨 150040

4. 哈尔滨医科大学
哈尔滨 150040

5. 大庆市中医医院
黑龙江 大庆 163311

基金项目

国家自然科学基金(艾灸激活CaMK II磷酸化介导长时程增强调节突触可塑性治疗CFS认知障碍的机制研究No. 82305394; 电针调控MDM2泛素化PSD-95水平重塑海马神经元突触结构改善CFS认知功能障碍的机制研究No. 82074539); 黑龙江省自然科学基金优秀青年项目(艾灸调节CaMK II介导的LTP改善CFS认知障碍的机制研究No. YQ2023H019); 黑龙江省中医药科研课题(电针调节CFS认知功能障碍大鼠海马突触可塑性的作用机制研究No. ZHY2022-136); 黑龙江省中医药学会青年人才托举工程项目(通督御疲调神针法”改善CFS认知功能障碍海马突触可塑性的效应机制研究No. 2022-QNRC 1-05)

收稿日期 2022-12-14

通讯作者 杨添淞
958218699@qq.com

的数据挖掘及发现科学研究中的发展规律,现已广泛应用于国内外研究^[10-12]。本研究旨在通过科学知识图谱可视化分析系统梳理该领域研究现状、研究热点和发展趋势,助力基础研究向临床转化应用。

1 资料与方法

1.1 文献来源与数据整理

本研究文献来源于CNKI数据库,检索表达式为(SU='针刺' OR SU='针灸' OR SU='针法' OR SU='电针' OR SU='针' OR SU='艾灸') AND (SU='突触可塑性' OR SU='可塑性' OR SU='脑可塑性' OR SU='神经可塑性' OR SU='突触' OR SU='突触蛋白')。检索时间段为2002年1月1日至2022年11月20日,文献类型为期刊,共检索中文文献730篇。纳入以针灸为主要干预手段,突触可塑性为主要研究内容的实验研究,剔除仅摘要无全文、综述、重复发表及与主题不相关文献,共纳入文献169篇,以Refworks文本格式导出,并对研究机构和同义关键词进行合并,文件命名为download_1-169.txt。

1.2 数据可视化分析

将数据导入CiteSpace6.1.R3软件,进行数据格式转化及可视化分析。参数如下:Time Slicing为1年,时间跨度为2002年1月至2022年11月;Text Processing模块中Term source按默认设置全选,Node Types分别选择Author、Institution和keyword进行分析,Links中Strength设置为Cosine,Scope设置为Within Slices,Selection Criteria设置Top N=50,Pruning中选择Pruning sliced networks进行剪裁,绘制作者及机构合作网络图谱,关键词共线、聚类、时间线及突现等图谱。图中节点代表作者/机构/关键词,节点字体大小代表出现频次的高低,连线的粗细代表作者/机构合作的紧密程度,不同年份以不同颜色区分。

将数据导入VOSviewer1.6.18软件进行可视化分析。参数如下:Type of analysis分别选择Co-authorship和Co-occurrence分析,Counting method设置为Full counting,Minimum number of documents of an author/a keyword设置为3,绘制作者共被引图谱及关键词共现图谱。

2 结果

2.1 发文趋势

近20年该领域发文情况总体呈上升趋势,可大致分为三个阶段,见图1。探索阶段:2002~2007年,平

均发文量为4.3篇,相关研究处于初始阶段,学者们开始关注该领域。波动增长阶段:2008年~2014年,平均年发文量为6.3篇,相关研究逐步增多,关注度提高。发展阶段:2015~2022年,平均发文量为12.4篇,该领域已逐步成为研究热点。



图1 针灸调节突触可塑性发文量

2.2 期刊分布及学术影响力分析

本研究纳入文献来源于73种期刊,发文量位于前5的期刊分别为《针刺研究》17篇,《中国老年学杂志》13篇,《中国康复理论与实践》9篇,《中国康复医学杂志》8篇,《中华物理医学与康复杂志》7篇。其中针灸类专刊《针刺研究》、《中国针灸》、《上海针灸杂志》、《针灸临床杂志》累计发文29篇,占比17.2%;康复类专刊《中国康复理论与实践》、《中国康复医学杂志》、《中华物理医学与康复杂志》、《中国临床康复》、《康复学报》累计发文32篇,占比19%。这表明针灸和康复类期刊对该领域发展给予持续性支持。

文献的被引量和下载量可在一定程度上反映其学术影响力,该领域被引量及下载量前10的文献见表1、表2。《电针对局灶性脑缺血大鼠突触可塑性促进作用的实验研究》下载量和被引量均居于前列,提出电针通过改善MACO大鼠缺血区皮质突触超微结构增加突触相关蛋白表达实现脑卒中后突触重塑的观点,该研究将突触的结构与功能研究相结合^[13],在领域内有很好的指向性和贡献性。《电针对慢性应激抑郁大鼠海马CA3区突触可塑性的影响》下载量最高,从电针调节海马CA3区突触可塑性层面揭示其抗抑郁的作用机制^[14],为针灸治疗抑郁研究提供了新视角。这些文献极具代表性和参考意义,是该领域研究入门的必读文献。

2.2 作者合作可视化分析

共421位作者参与该领域研究,发文量≥5篇的作者共14人,依次为孔立红(9篇)、许能贵(8篇)、余曙光(8篇)、郭斌(7篇)、唐勇(7篇)、易玮(7篇)、岳增辉(7篇)、黄麟荇(5篇)、余超超(5篇)、黄真炎(5篇)、刘未艾(5篇)、孙忠人(5篇)、王彭汉(5篇)、谢志强(5篇)。

作者合作网络共现图谱节点数421,连线数883,网络密度0.01,见图2。现已形成以孔立红、余曙光、许能贵、郭斌、孙忠人、吴强为核心的规模较大、影响力较高的研究团队。Bursts突现分析显示,许能贵、余曙光和唐勇在2004~2009年期间发文量较高,对该领域发展有推动作用;岳增辉和郭斌从2020年以后发文量激增,是近期研究的中坚力量,见表3。2014~2022年期

间形成了3个学术关系较紧密的聚类,作者间共被引频次较高,在该领域研究中扮演重要角色,但共被引频次较高的作者大多未进入高被引及高下载文献的前10位,见图3。综上,应从发文量、共被引量、引用量及下载量等多维度评价作者的学术价值及贡献。

2.3 研究机构合作可视化分析
共148个研究机构参与研究,发文量≥5篇的机构

表1 针灸调节突触可塑性领域被引量前10文献

序号	篇名	作者	来源	发表时间	被引量	下载量
1	电针对局灶性脑缺血大鼠突触可塑性促进作用的实验研究	易玮,等	中国中西医结合杂志	2006年	125	902
2	电针对不同时间段局灶性脑缺血大鼠缺血区皮层突触素P38和GAP-43表达的影响	许能贵,等	针刺研究	2004年	74	587
3	电针对老年性痴呆大鼠海马神经元突触形态可塑性的影响研究	余曙光,等	中华神经医学杂志	2006年	69	519
4	大鼠脑梗死后突触素的变化及针刺的影响	陈加俊,等	中国老年学杂志	2004年	62	230
5	针刺治疗缺血性脑损伤的实验研究	刘波,等	中国康复理论与实践	2005年	56	228
6	电针促进阿尔茨海默病模型小鼠(SAMP8)海马神经元突触可塑性的神经细胞黏附机制	卢圣锋,等	中国康复医学杂志	2008年	55	555
7	电针对局灶性脑缺血大鼠缺血区突触结构的影响	汪帼斌,等	中国临床康复	2005年	55	275
8	电针百会、神庭穴对脑缺血再灌注大鼠学习记忆能力及海马CA1区突触超微结构的影响	宋长明,等	中国康复理论与实践	2017年	53	611
9	针刺对大鼠脑缺血后海马突触可塑性的促进作用	徐振华,等	安徽中医学院学报	2007年	48	565
10	双侧电针结合康复训练对局灶性脑缺血/再灌注损伤大鼠海马CA3区神经生长相关蛋白43及突触素表达的影响	卿鹏,等	针刺研究	2016年	46	513

表2 针灸调节突触可塑性领域下载量前10文献

序号	篇名	作者	来源	发表时间	被引量	下载量
1	电针对慢性应激抑郁大鼠海马CA3区突触可塑性的影响	王珑,等	中国针灸	2017年	40	931
2	电针对局灶性脑缺血大鼠突触可塑性促进作用的实验研究	易玮,等	中国中西医结合杂志	2006年	125	902
3	电针对D-半乳糖诱导的阿尔茨海默病大鼠认知功能及海马神经元自噬的影响	郑清,等	针刺研究	2020年	18	787
4	基于RhoA/ROCK通路探讨三焦针法对老年痴呆小鼠学习记忆及突触可塑性的影响	王煜,等	针刺研究	2021年	4	755
5	针刺对阿尔茨海默症小鼠海马CA1区树突结构及认知功能影响的研究	曹育,等	中国比较医学杂志	2021年	2	711
6	电针对慢性应激抑郁大鼠海马区突触可塑性和神经源性一氧化氮合酶的影响	沈非儿,等	中国中医基础医学杂志	2018年	16	692
7	电针对慢性痛负性情绪大鼠杏仁核神经突触可塑性相关蛋白/基因表达的影响	端木程琳,等	针刺研究	2017年	27	684
8	电针治疗对APP/PS1小鼠海马区突触相关蛋白SYP、PSD95表达的影响	向杜炼,等	中华中医药杂志	2018年	21	642
9	针刺后海穴对血管性痴呆大鼠学习记忆能力及海马CA1区突触素蛋白表达和超微结构的影响	张学君,等	天津中医药大学学报	2013年	30	638
10	不同针刺量对大鼠脑缺血后突触可塑性的影响	徐振华,等	广州中医药大学学报	2009年	42	616

表3 针灸调节突触可塑性研究作者突现情况分析

作者	突现强度	突现开始年	突现结束年	突现时间段
许能贵	3.4	2004	2009	
余曙光	3.64	2005	2009	
唐 勇	3.18	2005	2009	
岳增辉	3.6	2020	2022	
郭 斌	3.6	2020	2022	



图2 针灸调节突触可塑性研究作者合作网络共现图谱

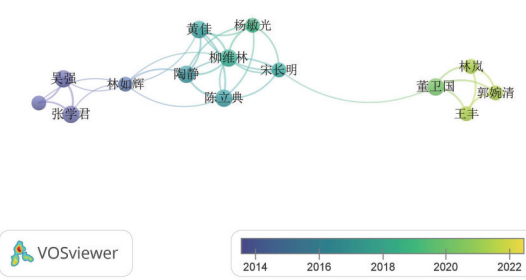


图3 针灸调节突触可塑性研究作者共被引图谱



图4 针灸调节突触可塑性研究机构合作网络共现图谱

共 11 个,依次为福建中医药大学(16 篇)、广州中医药大学(12 篇)、湖北中医药大学(10 篇)、湖南中医药大学(10 篇)、北京中医药大学(10 篇)、黑龙江中医药大学(8 篇)、成都中医药大学第三附属医院(8 篇)、安徽中医药大学(6 篇)、南京中医药大学(5 篇)、湖南中医药大学第二附属医院(5 篇)、陕西中医药大学(5 篇),在该领域中处于核心地位。研究机构合作网络共现图谱节点数 148,连线数 145,网络密度 0.0133,见图 4。主要研究力量集中在中医药大学及其附属医院。其中,福建中医药大学、广州中医药大学、成都中医药大学附属第三医院、黑龙江中医药大学辐射带动作用较强。

2.4 关键词分析

2.4.1 关键词共现分析 VOSviewer1.6.18 关键词聚类共现分析结果显示,纳入文献共包含 325 个关键词,连线 1 491 条,连线强度 2 119,出现频次≥10 次的关键词共有 14 个,依次为电针(110 次)、突触素(41 次)、突触可塑性(39 次)、脑卒中(36 次)、海马(34 次)、阿尔茨

海默病(34 次)、大鼠(33 次)、学习记忆(28 次)、针刺(20 次)、突触后致密蛋白-95(19 次)、突触(16 次)、生长相关蛋白-43(15 次)、血管性痴呆(12 次)、长时程增强(10 次)、抑郁(10 次)。高频关键词涵盖治疗方法、研究对象、研究疾病及作用机制,出现频次≥3 次关键词的聚类共现见图 5。

2.4.2 关键词聚类分析 通过 CiteSpace5.7.R5 软件 LSI 算法对纳入文献的关键词进行聚类分析,共获得聚类模块 11 个,聚类模块值 $Q=0.8045>0.3$,聚类平均轮廓值 $S=0.9546>0.7$,表明聚类合理,可信度高。前 8 个关键词聚类图及时间线图见图 6、7,不同聚类以颜色区分,色块内的节点均属于该聚类,各聚类平均轮廓值均 >0.7 ,表明各聚类研究主题较集中。根据聚类结果进行分类,大致可分为:针灸调节突触可塑性的研究内容:#0;针灸调节突触可塑性的研究疾病:#3/#4;针灸调节突触可塑性的干预方法:#5/#7;针灸调节突触可塑性的作用机制:#1/#2/#6,各聚类总体延展性较好。

2.4.3 关键词突现分析 突现词指某一阶段出现频率

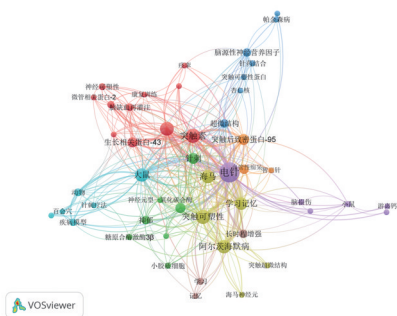


图5 针灸调节突触可塑性研究热点关键词聚类共现图谱

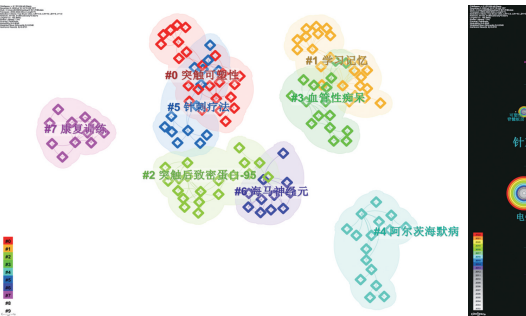


图6 针灸调节突触可塑性研究关键词聚类图谱

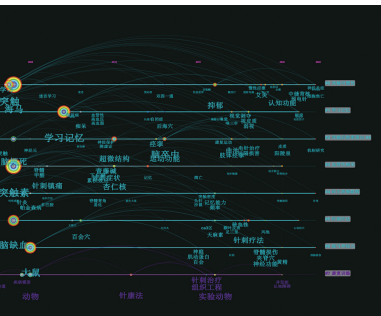


图7 针灸调节突触可塑性研究关键词时间线图谱

表4 针灸调节突触可塑性研究关键词突现情况分析

作者	突现强度	突现开始年	突现结束年	突现时间段
突触传递	1.24	2003	2005	
脑梗死	2.07	2004	2008	
突触	1.78	2004	2006	
帕金森病	2.44	2005	2006	
疾病模型	2.15	2005	2009	
动物	1.92	2005	2009	
游离钙	1.62	2005	2008	
阿尔茨海默病	1.62	2005	2008	
血管性痴呆	1.35	2007	2009	
学习记忆	1.39	2010	2011	
超微结构	2.01	2013	2015	
运动功能	1.73	2013	2016	
康复训练	1.56	2013	2016	
海马	1.78	2013	2014	
抑郁	2.11	2016	2019	
智三针	1.4	2019	2022	
针药结合	2.04	2020	2022	
认知功能	1.53	2020	2022	
长时程增强	1.25	2020	2022	

较高的关键词,能反映研究热点变化情况,并预测发展趋势。关键词突变分析共得到19个突现词,见表4。通过突现词分析可知,该领域的研究病种逐渐增多;开展研究的载体是实验动物模型;干预方式呈多样化发展;机制研究焦点持续更新。2020年后出现了4个延续至今的突现词,智三针、针药结合、认知功能、长时程增强,推测这些关键词仍有持续爆发趋势,是未来的研究热点,值得学者们持续关注。

3 讨论

3.1 针灸调节突触可塑性研究领域稳步发展,学术合作交流有待加强

该领域发文量呈上升趋势,但总体发文量相对较小。现已形成多个有影响力的研究团队,团队内部合作紧密,但团队间普遍缺乏合作交流,这可能与聚焦疾病不同有关,如孔立红团队^[15,16]、孙忠人团队^[14,17]、郭斌团队^[18,19]分别致力于阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)、抑郁症和脑卒中的研究,各团队更关注其自身发展。该领域的研究主力是中医药大学及其附属医院,合作交流具有以同地域为主,跨地域较少的特点,尚未形成密切合作的研究机构,辐射带动作用有限。未来,研究团队、机构及地域之间应加强合作,重视学科交叉,打破学术壁垒,提高整体研究水平,构建延续性研究体系,形成在国内外具有绝对学术影响力的涵盖多

学科、多中心的核心研究团队,推动该领域可持续发展。

3.2 针灸调节突触可塑性研究内容丰富

3.2.1 研究对象 该领域的实验研究涉及疾病逐渐增多,其中缺血性脑卒中、AD、血管性痴呆、抑郁症是研究热点疾病,帕金森病、脆性X综合征、自闭症、脑出血、颅脑损伤、神经性疼痛、弱视、戒断综合征等疾病也开始受到学者们的关注。

3.2.2 干预方法 电针应用率最高,通过针刺和接近机体生物电的微量电流有机结合,精准控制刺激量,作用效果持续时间长。研究发现,50 Hz电针对改善AD大鼠认知障碍、海马突触超微结构及突触相关蛋白作用效果更佳^[20];电针治疗3周对放射性脑损伤小鼠突触结构和功能的修复作用更显著^[21]。基础研究提供的电针相关参数能为临床转化应用提供客观依据。此外,联合疗法调节突触可塑性也是当下的研究热点,针康疗法对改善慢性低灌注大鼠学习记忆障碍及海马GAP-43低表达的作用优于单纯针刺或康复治疗^[22];电针联合加味芍药汤对脑卒中大鼠肢体痉挛的缓解作用与巴氯芬相似,同时针药结合对突触可塑性调节及神经功能重建的作用与单一疗法相比更具优势^[23,24]。

3.2.3 作用机制 从关键词可视化分析可知,海马始终是研究的焦点,作为参与学习记忆、情绪等高级神经功能的关键脑区,其结构和(或)功能异常是认知障碍、

AD、抑郁症等多种神经精神疾病的物质基础,针灸对海马突触超微结构的改善作用是评价其对突触结构可塑性作用的重要参考依据。突触相关蛋白与突触功能密切相关,是针灸调节突触功能可塑性的关键作用靶点,疾病状态下突触相关蛋白表达异常,引起突触传递功能障碍,参与多种疾病的发生和(或)发展,针灸通过良性调节突触相关蛋白表达,改善病理状态下突触效能,起到调节突触可塑性的作用。其中,分布于突触前囊泡膜上的SYN、突触前膜的GAP-43和位于突触后致密区的PSD-95是该领域研究的经典蛋白,而随着对突触功能认识的深入,BDNF、nNOS、NMDAR、AMPA等突触相关蛋白也逐步进入该领域研究范畴。此外,针灸对突触可塑性的影响与调控还涉及C3/C3aR/STAT3 信号通路^[25]、CASP-1/GSDMD 信号通路^[26]、RhoA/ROCK 信号通路^[27]、mTOR/P70S6K 信号通路^[28]。

此外,长时程增强(long-term potentiation, LTP)作为近几年出现的突现词,有望持续成为研究热点,LTP是一种在海马中最常见的神经元信息传递过程中持久增强的现象,由多种信号级联参与诱导、维持和巩固^[29],是突触从无活性到有活性转化的关键过程^[30,31],与突触功能重塑密切相关。胡艳等^[32]证实电针提高AD大鼠海马神经元兴奋性突触后电位波幅百分比,促进海马LTP恢复;韩栩珂等^[33]报道电针干预可成功诱导抑郁大鼠海马CA1区Schaffer通路LTP。以LTP为研究切入点,有助于突破仅依靠突触蛋白变化推测突触功能可塑性的局限,借助电生理技术更直观的反映针灸对突触功能的动态影响,形成立体网络化研究,进而多维度解析针灸对突触可塑性的调节途径。

4 小结

基于文献计量学的科学知识图谱可视化分析与传统综述及数据挖掘相比,在展示领域研究进展及热点方面更加直观立体,形成的研究趋势预测对未来的研究方向有指向性作用。本研究通过CiteSpace和VOSviewer软件进行科学知识图谱可视化分析发现,该领域研究仍处于发展期,发文量整体呈上升趋势,代表性研究团队的研究方向较稳定,但研究团队、机构及地域之间的合作交流不足。针对作用机制的研究尚不完善,现有研究手段多局限于分子实验层面,学者们多从突触超微结构及突触相关蛋白变化情况解析针灸调节突触可塑性改善疾病表型的作用机制,深层次调控网络仍有待明晰,可视化检测手段有待进一步引入,这可能与突触可塑性是新世纪脑科学研究领域中的难点问

题有关。未来通过研究团队及机构的通力合作,不同学科的交叉促进,现代技术手段的引用,能够推动该领域的系统研究与临床推广,将针灸的学术引领作用引入脑科学发展新时代^[34]。

参考文献

[1] Batool S, Raza H, Zaidi J, et al. Synapse formation: from cellular and molecular mechanisms to neurodevelopmental and neurodegenerative disorders[J]. J Neurophysiol, 2019, 121: 1381-1397. DOI: 10.1152/jn.00833.2018.

[2] 邓洁, 李仲铭, 张航铭, 等. 神经可塑性与认知功能关系研究进展[J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2019, 28: 462-466. DOI: 10.16705/j.cnki.1004-1850.2019.05.012.

[3] Cuestas TDM, Cardenas FP. Synaptic plasticity in Alzheimer's disease and healthy aging[J]. Rev Neurosci, 2020, 31: 245-268. DOI: 10.1515/revneuro-2019-0058.

[4] Price JB, Bronars C, Erhardt S, et al. Bioenergetics and synaptic plasticity as potential targets for individualizing treatment for depression[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2018, 90212-90220. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.04.002.

[5] 陶苗苗, 程爱芳, 张英杰, 等. 针刺疗法调控突触可塑性治疗缺血性脑卒中疾病机制的研究进展[J]. 针刺研究, 2022, 47: 553-558. DOI: 10.13702/j.1000-0607.20210526.

[6] 姚路路, 杜鑫, 付渊博, 等. 针灸调控神经可塑性作用机制初探[J]. 针灸临床杂志, 2022, 38: 1-5. DOI: 10.19917/j.cnki.1005-0779.022182.

[7] 孙忠人, 吕晓琳, 尹洪娜, 等. 针刺调节脑可塑性的机制研究进展[J]. 针刺研究, 2018, 43: 674-677. DOI: 10.13702/j.1000-0607.170039.

[8] Chen C, Song M. Visualizing a field of research: A methodology of systematic scientometric reviews[J]. PLoS One, 2019, 14: e223994. DOI: 10.1371/journal.pone.0223994.

[9] van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping[J]. Scientometrics, 2010, 84: 523-538. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3.

[10] Chen C. A Glimpse of the First Eight Months of the COVID-19 Literature on Microsoft Academic Graph: Themes, Citation Contexts, and Uncertainties[J]. Front Res Metr Anal, 2020, 5: 5607286. DOI: 10.3389/frma.2020.607286.

[11] Wu F, Gao J, Kang J, et al. Knowledge Mapping of Exosomes in Autoimmune Diseases: A Bibliometric Analysis (2002-2021) [J]. Front Immunol, 2022, 13: 939433. DOI: 10.3389/fimmu.2022.939433.

[12] 李雪, 肖凯文, 陈燕清, 等. 近十年中医药治疗阿尔茨海默病研究的可视化分析[J]. 中国中药杂志, 2023, 48: 1673-1681. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20221206.501.

[13] 易玮, 许能贵, 汪毓斌, 等. 电针对局灶性脑缺血大鼠突触可塑性促进作用的实验研究[J]. 中国中西医结合杂志, 2006, 26: 710-714. DOI: 10.3321/j.issn:1003-5370.2006.08.009.

[14] 王珑, 张迪, 田旭升, 等. 电针对慢性应激抑郁大鼠海马CA3区突触可塑性的影响[J]. 中国针灸, 2017, 37: 162-168. DOI:10.13703/j.0255-2930.2017.02.014.

[15] 余超超, 孔立红, 杜艳军, 等. 预电针对阿尔茨海默病样病理大鼠早期病理及认知功能的影响[J]. 针灸临床杂志, 2021, 37: 58-65. DOI: 10.19917/j.cnki.1005-0779.021204.

[16] 王慧, 孔立红, 李威, 等. 不同频率电针对阿尔茨海默病大鼠海马神经元突触形态可塑性的影响研究[J]. 中医学报, 2015, 43: 20-23. DOI: 10.19664/j.cnki.1002-2392.2015.05.006.

[17] 王珑, 张迪, 田旭升, 等. 电针对慢性应激抑郁大鼠行为学及其海马CA3区超微结构的影响[J]. 针灸临床杂志, 2016, 32: 66-69. DOI: 10.19917/j.cnki.1005-0779.2016.07.024.

[18] 黄麟苕, 蒋海龙, 岳增辉, 等. 电针结合加味芍药汤电针结合加味芍药汤对脑卒中肢体痉挛大鼠海马GABAa及PSD-95表达的影响[J]. 时珍国医国药, 2021, 32: 2777-2781. DOI:10.3969/j.issn.1008-0805.2021.11.65.

[19] 郭斌, 李海龙, 武润博, 等. 电针促进加味芍药甘草汤缓解大鼠脑卒中痉挛状态的疗效及作用机制[J]. 北京中医药大学学报, 2021, 44:

753-763.DOI:10.3969/j.issn.1006-2157.2021.08.012.

[20] 高珊, 孔立红, 余超超, 等. 不同频率电针通过调控GSK-3 β 蛋白及其磷酸化水平改善阿尔茨海默病大鼠突触可塑性损伤[J]. 广州中医药大学学报, 2017, 34: 696-702. DO: 10.13359/j.cnki.gzxbtc.2017.05.017.

[21] 武鑫, 李炎辉, 张文靖, 等. 不同疗程电针对放射性脑损伤小鼠突触超微结构及突触功能相关蛋白的影响[J]. 生理学报, 2021, 73: 909-916. DOI: 10.13294/j.aps.2021.0083.

[22] 冉茂花, 赵小娟, 王璐, 等. 针康法对慢性脑低灌注大鼠海马形态结构及GAP-43蛋白的影响[J]. 针灸临床杂志, 2022, 38: 65-70. DOI: 10.19917/j.cnki.1005-0779.022136.

[23] 郭斌, 王彭汉, 黄麟苻, 等. 电针、加味芍药甘草汤及针药结合对脑卒中肢体痉挛模型大鼠海马突触超微结构及可塑性蛋白的影响[J]. 中医杂志, 2021, 62: 151-157. DOI: 10.13288/j.11-2166/r.2021.02.013.

[24] 郭斌, 王彭汉, 黄麟苻, 等. 电针“曲池”-“阳陵泉”缓解脑卒中大鼠痉挛状态脑突触结构可塑性的实验研究[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35: 787-793. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2020.07.005.

[25] 陈丽敏, 郭婉清, 温若兰, 等. 电针对SAMP8小鼠海马C3/C3aR/STAT3信号通路的影响[J]. 中国中医药信息杂志, 2022, 30: 1-6. DOI: 10.19879/j.cnki.1005-5304.202206296.

[26] 田丹丹, 杨阳. 电针调控CASP-1/GSDMD细胞焦亡信号通路对抑郁小鼠干预机制[J]. 陕西中医, 2022, 43: 851-856. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7369.2022.07.008.

[27] 王煜, 赵岚, 史慧妍, 等. 基于RhoA/ROCK通路探讨三焦针法对老年痴呆小鼠学习记忆及突触可塑性的影响[J]. 针刺研究, 2021, 46: 635-641. DOI:10.13702/j.1000-0607.200985.

[28] 官伟康, 黄丽, 朱燕, 等. 电针通过mTOR/P70S6K信号通路增强出血性脑卒中的突触可塑性[J]. 时珍国医国药, 2020, 31: 505-508. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0805.2020.02.084.

[29] Baudry M, Zhu G, Liu Y, et al. Multiple cellular cascades participate in long-term potentiation and in hippocampus-dependent learning[J]. Brain Res, 2015, 162173-162181. DOI:10.1016/j.brainres.2014.11.033.

[30] Nicoll RA. A Brief History of Long-Term Potentiation[J]. Neuron, 2017, 93: 281-290. DOI: 10.1016/j.neuron.2016.12.015

[31] Hayashi Y. Molecular mechanism of hippocampal long-term potentiation - Towards multiscale understanding of learning and memory[J]. Neurosci Res, 2022, 175: 3-15. DOI: 10.1016/j.neures.2021.08.001.

[32] 胡艳, 刘若兰, 肖佳欢, 等. 电针对阿尔茨海默病大鼠海马突触可塑性及自噬相关蛋白的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42: 961-966. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.11.001.

[33] 韩栩珂, 尹平, 殷萱, 等. 电针对魏-凯二氏大鼠抑郁模型大鼠海马CA1区突触可塑性及5-羟色胺转运体蛋白的影响[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2018, 20: 2248-2254. DOI: 10.11842/wst.2018.12.025.

[34] 荣培晶, 王瑜, 许能贵. 脑科学研究助力针灸发展[J]. 针刺研究, 2019, 44: 859-862. DOI: 10.13702/j.1000-0607.190691.

(本文编辑:王晶)

(上接第11页)

s41380-023-02099-8.

[6] Frank D, Gruenbaum BF, Zlotnik A, et al. Pathophysiology and Current Drug Treatments for Post-Stroke Depression: A Review[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23: 15114. DOI: 10.3390/ijms232315114.

[7] Wang X, Li S, Yu J, et al. Saikosaponin B2 ameliorates depression-induced microglia activation by inhibiting ferroptosis-mediated neuroinflammation and ER stress[J]. J Ethnopharmacol, 2023, 316: 116729. DOI: 10.1016/j.jep.2023.116729.

[8] Nagy EE, Frigy A, Szasz JA, et al. Neuroinflammation and microglia/macrophage phenotype modulate the molecular background of post-stroke depression: A literature review[J]. Exp Ther Med, 2020, 20: 2510-2523. DOI: 10.3892/etm.2020.8933.

[9] Nakagawa Y, Chiba K. Diversity and plasticity of microglial cells in psychiatric and neurological disorders[J]. Pharmacol Ther, 2015, 154: 21-35. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2015.06.010.

[10] Kreisel T, Frank MG, Licht T, et al. Dynamic microglial alterations underlie stress-induced depressive-like behavior and suppressed neurogenesis[J]. Mol Psychiatry, 2014, 19: 699-709. DOI: 10.1038/mp.2013.155.

[11] Yirmiya R, Rimmerman N, Reshef R. Depression as a microglial disease[J]. Trends Neurosci, 2015, 38: 637-658. DOI: 10.1016/j.tins.2015.08.001.

[12] Gopalakrishnan R, Burgess RC, Malone DA, et al. Deep brain stimulation of the ventral striatal area for poststroke pain syndrome: a magnetoencephalography study[J]. J Neurophysiol, 2018, 119: 2118-2128. DOI: 10.1152/jn.00830.2017.

[13] Zhao L, Ren H, Gu S, et al. rTMS ameliorated depressive-like behaviors by restoring HPA axis balance and prohibiting hippocampal neuron apoptosis in a rat model of depression[J]. Psychiatry Res, 2018, 269: 126-133. DOI: 10.1016/j.psychres.2018.08.017.

[14] Zhang Y, Mao RR, Chen ZF, et al. Deep-brain magnetic stimulation promotes adult hippocampal neurogenesis and alleviates stress-related behaviors in mouse models for neuropsychiatric disorders[J]. Mol Brain, 2014, 7: 11. DOI: 10.1186/1756-6606-7-11.

[15] 蒋文霞, 牟君. 卒中后抑郁动物模型的造模方法[J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志, 2019, 26: 223-226. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2963.20

19.03.015.

[16] Shi GX, Yang CY, Wu MM, et al. Muscle hypertonia after permanent focal cerebral ischemia in rats: a qualitative and quantitative behavioral and electrophysiological study[J]. Int J Neurosci, 2013, 123: 575-581. DOI: 10.3109/00207454.2013.783578.

[17] Luo L, Liu M, Fan Y, et al. Intermittent theta-burst stimulation improves motor function by inhibiting neuronal pyroptosis and regulating microglial polarization via TLR4/NFkappaB/NLRP3 signaling pathway in cerebral ischemic mice[J]. J Neuroinflammation, 2022, 19: 141. DOI: 10.1186/s12974-022-02501-2.

[18] Guo X, Liu R, Jia M, et al. Ischemia Reperfusion Injury Induced Blood Brain Barrier Dysfunction and the Involved Molecular Mechanism[J]. Neurochem Res, 2023, 48: 2320-2334. DOI: 10.1007/s11064-023-03923-x.

[19] Sapkota A, Gaire BP, Cho KS, et al. Eupatilin exerts neuroprotective effects in mice with transient focal cerebral ischemia by reducing microglial activation[J]. PLoS One, 2017,12: e171479. DOI: 10.1371/journal.pone.0171479.

[20] Cherry JD, Olschowka JA, O'Banion MK. Neuroinflammation and M2 microglia: the good, the bad, and the inflamed[J]. J Neuroinflammation, 2014,11: 98. DOI: 10.1186/1742-2094-11-98.

[21] Gaire BP, Song MR, Choi JW. Sphingosine 1-phosphate receptor subtype 3 (S1P3) contributes to brain injury after transient focal cerebral ischemia via modulating microglial activation and their M1 polarization[J]. J Neuroinflammation, 2018,15: 284. DOI: 10.1186/s12974-018-1323-1.

[22] Jorge RE, Moser DJ, Acion L, et al. Treatment of vascular depression using repetitive transcranial magnetic stimulation[J]. Arch Gen Psychiatry, 2008, 65: 268-276. DOI: 10.1001/archgenpsychiatry.2007.45.

[23] 李凡, 姚黎清. 重复经颅磁刺激联合氟西汀对卒中后抑郁的临床疗效研究[J]. 临床精神医学杂志, 2017, 27: 144.

[24] 李泓钰, 顾彬, 宋鲁平. 经颅直流电刺激治疗脑卒中后抑郁的研究进展[J]. 中国医刊, 2022, 57: 484-486.

[25] Liu Z, Chopp M. Astrocytes, therapeutic targets for neuroprotection and neurorestoration in ischemic stroke[J]. Prog Neurobiol, 2016, 144: 103-120. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2015.09.008.

(本文编辑:王晶)