



电子、语音版

·论著·

基于Scopus数据库脑深部电刺激术与癫痫的文献计量学分析

张泽书^{1,2}, 宝福凯², 黄德俊¹

1. 宁夏医科大学总医院神经外科, 宁夏银川 750004

2. 昆明医科大学基础医学院, 云南昆明 650500

摘要:目的 基于Scopus数据库对脑深部电刺激(DBS)与癫痫研究进行文献计量学和可视化分析,为临床提供参考。方法 在Scopus中以“DBS与癫痫”为主题词检索1960年1月1日至2024年5月16日发表的文献,并用VOSviewer和R软件的Bibliometrix工具包进行文献计量学和可视化分析,分析研究现状和趋势。同时以Web of Science核心合集数据库对2004—2024年的文献进行验证。结果 共纳入Scopus数据库的2 322篇文献,DBS与癫痫研究领域近20年发文量占总数90%以上,美国文献发文量982篇,中国220篇,第3~第5位国家发文量均不足200篇。发文量最多的作者是Lozano Andres M。发表文献被引用前5位国家是美国、加拿大、英国、法国、德国,中国排在第8位。基于Bibliometrix,该研究领域相关度最高的前5个机构是首都医科大学、梅奥诊所、加利福尼亚大学、多伦多大学、浙江大学。期刊分布显示Epilepsia[影响因子(IF)=6.6]、Epilepsy & Behavior(IF=2.3)及Brain Stimulation(IF=7.6)构成该领域的核心传播平台。关键词共现分析表明,“DBS临床应用”“难治性癫痫”“神经调控机制”“刺激参数优化”及“性别差异”为当前五大研究热点。结论 美国在该研究领域贡献度及关联度排首位,中国在该研究领域也有较重要贡献。已形成以临床神经科学为核心,融合生物医学工程、计算神经科学及分子机制研究的复合型知识体系。刺激靶点选择标准、闭环神经调控系统开发及多中心随机对照试验设计将成为未来重点突破方向。

关键词:文献计量学;脑深部电刺激术;癫痫;可视化分析;Scopus数据库

中图分类号:R742.1

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2025.05.002

A bibliometric analysis of deep brain stimulation and epilepsy based on Scopus database

ZHANG Zeshu^{1,2}, BAO Fukai², HUANG Dejun¹

1. Department of Neurosurgery, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan, Ningxia 750004, China

2. School of Basic Medicine, Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650500, China

Corresponding author: HUANG Dejun, Email: hdj1225@163.com

Abstract: **Objective** To conduct bibliometric and visual analyses of deep brain stimulation (DBS) and epilepsy based on Scopus database, and to provide a reference for relevant personnel. **Methods** The Scopus database was searched for related articles published from January 1, 1960 to May 16, 2024 with the subject words of “DBS and epilepsy”, and VOSviewer and Bibliometrix toolkit of R software were used to perform the bibliometric and visual analyses and analyze the current status and trends of research. The Web of Science Core Collection (WoSCC) database was used to verify the articles in the past 20 years from 2004 to 2024. **Results** A total of 2 322 articles from the Scopus database were included for analysis, and the articles published in the last two decades accounted for more than 90% of the total articles published in the field of DBS and epilepsy, with the highest number of 982 publications in the US, followed by 220 publications in China, and fewer than 200 publications in the countries ranking third to fifth. Lozano Andres M. was the author with the

收稿日期:2024-11-17;修回日期:2025-07-16

通信作者:黄德俊,Email:hdj1225@163.com。

highest number of publications. The top five countries in terms of citation were the US, Canada, the UK, France, and Germany, while China ranked eighth. Based on Bibliometrix, institutional collaboration networks identified Capital Medical University, Mayo Clinic, the University of California system, University of Toronto, and Zhejiang University as key knowledge hubs. The analysis of journals revealed *Epilepsia* (impact factor [IF] = 6.6), *Epilepsy & Behavior* (IF=2.3), and *Brain Stimulation* (IF=7.6) as the primary dissemination platforms. The keyword co-occurrence analysis showed that “DBS clinical applications”, “management of refractory epilepsy”, “neuromodulation mechanisms”, “optimization of stimulation parameters”, and “gender-specific outcomes” were the five research hotspots in this field. **Conclusion** The US has the highest degree of contribution and collaboration in this field, and China also has important contributions in this field. An interdisciplinary knowledge system has been established with clinical neuroscience as its core, integrating biomedical engineering, computational modeling, and molecular pathophysiology. Standardization of target selection criteria, development of closed-loop adaptive DBS systems, and design of multicenter randomized controlled trials will be important directions for further research.

Keywords: bibliometrics; deep brain stimulation; epilepsy; visual analysis; Scopus database

癫痫是一种慢性神经系统疾病,流行病学显示其发病率为5%~7%,可见于各个年龄组,儿童和老年人是癫痫发病的2个高峰年龄段。癫痫影响着全世界7 000多万人。癫痫的治疗方法主要包括病因治疗、抗癫痫药物治疗和外科治疗。目前仍以抗癫痫药物治疗为主,有20多种抗癫痫药物可用于对症治疗癫痫发作,这些药物能够使大约70%患者的癫痫发作得以控制,但仍有约30%患者的药物治疗无效,这部分被称为耐药性癫痫^[1]。对于这部分患者可能会采用外科治疗,其中脑深部电刺激(deep brain stimulation, DBS)是目前外科治疗方式中一种安全有效的治疗方式之一^[2]。此类治疗起源于国外, DBS最初用于精神疾病和疼痛治疗,最早报道见于1948年美国哥伦比亚大学神经外科医生用于1例妇女抑郁症合并厌食症实施的治疗^[3]。由于Pubmed数据库缺少引文分析功能^[4],而Scopus数据库在摘要、引文、非英语文献、综述引文、涵盖期刊数量等方面比Web of Science、Google Scholar数据库更有优势,所以选择了Scopus数据库^[5-6]。而基于Scopus数据库关于DBS真正有文献报道是从1960年开始用于治疗脑部疾病。DBS被引进国内始于1998年中国科学技术大学附属第一医院和北京天坛医院神经外科王忠诚指导实施的首例DBS治疗帕金森病^[7]。

人们对DBS是否真正有利于癫痫的治疗非常关注,基于此背景,总结与把握该领域的研究热点和未来趋势变得尤为重要。文献计量学自从被创造起来,联合知识可视化分析已经被应用于诸多领域,本研究期望从文献计量学和可视化分析技术角度分析DBS与癫痫相关研究领域的研究热点和趋势,以帮助该研究领域人员掌握本领域研究现状和未来发展趋势。

1 资料与方法

1.1 检索策略

登录Scopus数据库,以“DBS与癫痫”为主题词进行检索,检索式为:主题词“(DBS OR Deep Brain Stimulation)AND(epilepsy)”,限定字段为“文章标题、摘要、关键字”,检索时间为2024年5月16日,文献发表的语种不限,文献类型不限,纳入论著、综述、会议摘要、评论资料等。排除标准:跟DBS与癫痫无相关的文章。

1.2 数据提取

由2名研究者按照制定的文献纳入及排除标准筛选文献,提取相关数据,主要包括标题、出版年月、作者、国家、出版期刊名称、关键词和摘要以及引用的参考文献。

1.3 文献计量学分析

采用VOSviewer1.6.20软件作为文献计量学分析工具,VOSviewer可用于科学文献、专利、调查数据等的可视化分析。在VOSviewer软件中拟导入由Scopus数据库导出格式为csv格式的检索合格文件,并在导入前先将csv文件内“作者单位”“作者名字”“关键词”进行清洗合并统一,再导入VOSviewer软件,然后根据需要选择不同的分析单元和分析类型,选择“Network visualization”“Overlay visualization”“Density visualization”得到不同的聚类图,根据聚类结果及节点大小分析当前研究热点。选择“Overlay Visualization”得到时序图,设置颜色由绿变黄表示发表时间由远及近,通过时序图推测未来研究“key words”趋势^[8]。

1.4 可视化分析

采用R4.3.3软件中的Bibliometrix工具包作为可视化分析工具,Bibliometrix具备多项优势,如在文献计算统计、网络分析和可视化呈现等方面有着较强的能力。它支持统计分析相关科学文献指标,构建数据矩阵,进行共被引、耦合、合作分析和共词分析等方面的研究和可视化

处理,具备良好的拓展性。故在运行 Bibliometrix 后生成可操作界面,选择 database 为 Scopus,将从 Scopus 数据库导出的 csv 格式文件导入 Bibliometrix 中,分别对发文量、引文、关键词、国家间文献关系进行统计分析;在“three-field plot”中依次选择“field”为机构、国家、期刊,填写“number of items”为 10,得到三者间关系排名前 10 的桑基图,分析三者关联程度。

2 结果

2.1 文献检索结果

按照检索策略,发现发表文献的最早时间在 1960 年,时间跨度为 1960 年 1 月 1 日至 2024 年 5 月 16 日,发表的文献有 2 322 篇,来自 71 个国家/地区,749 本期刊,1 966 个机构,7 706 名作者参与了相关文献的出版。

2.2 全球关于 DBS 与癫痫研究现状

2.2.1 全球每年 DBS 与癫痫研究发文量(基于 Scopus、Bibliometrix 分析)

随着时间推移,该领域发文量逐年增加,平均年度论文增长率 6.93%。从 1960 到 2003 年发文量为 139 篇,从 2004 到 2023 年 20 年间发文量为 2 110 篇(占总数的 90.87%)。近年来发文量,2019 年 137 篇,2020 年 169 篇,2021 年 186 篇,2022 年 203 篇,2023 年 187 篇,2024 年 1—5 月已发表 73 篇(图 1)。

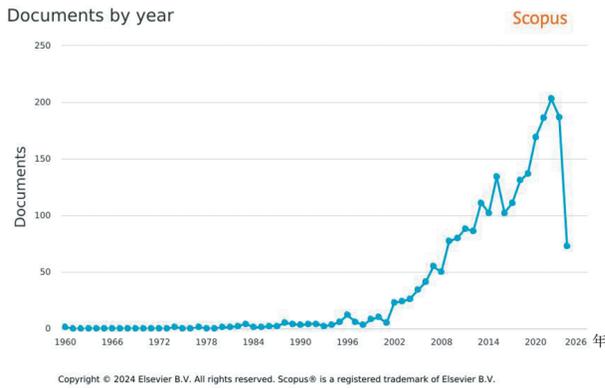


图 1 1960 年 1 月 1 日至 2024 年 5 月 16 日全球 DBS 与癫痫研究历年发文量

2.2.2 国家/地区相关的 DBS 与癫痫发文量及被引频次(基于 VOSviewer 分析)

全球发表 DBS 与癫痫研究文献最多的 5 个国家/地区分别为美国、中国、德国、加拿大和英国。被引频次最高的前 5 个国家/地区分别为美国、加拿大、英国、法国和德国,中国位列第 8(表 1)。

2.2.3 DBS 与癫痫研究与作者相关的发文量及被引频次(基于 VOSviewer 分析和 Scopus 数据库作者 h 指数)

DBS 与癫痫相关研究发文量前 10 位的作者分别是: Lozano Andres M.(发文量 51 篇,被引频次 3 558 次,h 指数

表 1 1960 年 1 月 1 日至 2024 年 5 月 16 日 DBS 与癫痫研究全球发文量和被引频次前 10 位国家/地区

发文量排序			被引频次排序		
国家/地区	发文量/篇	被引频次/次	国家/地区	发文量/篇	被引频次/次
美国	982	31 580	美国	982	31 580
中国	220	2 502	加拿大	172	6 622
德国	187	4 890	英国	156	5 513
加拿大	172	6 622	法国	104	4 928
英国	156	5 513	德国	187	4 890
法国	104	4 928	荷兰	68	2 822
意大利	101	2 517	意大利	101	2 517
巴西	76	1 871	中国	220	2 502
荷兰	68	2 822	比利时	61	2 405
日本	67	980	巴西	76	1 871

132)、Boon Paul A.J.M.(发文量 37 篇,被引频次 1 724 次,h 指数 65)、Vonck Kristl E.J.(发文量 31 篇,被引频次 1 526 次,h 指数 54)、Worrell Gregory A.(发文量 30 篇,被引频次 1 014 次,h 指数 73)、Lundstrom Brian Nils(发文量 28 篇,被引频次 558 次,h 指数 27)、Gross Robert E.(发文量 26 篇,被引频次 975 次,h 指数 64)、Hamani Clement(发文量 24 篇,被引频次 985 次,h 指数 63)、Zhang Jianguo(发文量 24 篇,被引频次 309 次,h 指数 2)、Denison Timothy J.(发文量 21 篇,被引频次 756 次,h 指数 40)、Wennberg Richard A.(发文量 20 篇,被引频次 1 201 次,h 指数 47)。

2.2.4 DBS 与癫痫研究前 5 位期刊发文量、被引频次、影响因子(2023)和 JCR 分区(基于 Web of Science 数据)

全球出版 DBS 与癫痫研究发文量(图 2)最多的前 5 位期刊依次是 Epilepsia[106 篇,影响因子(impact factor, IF) 6.6, Q1]、Epilepsy & Behavior(57 篇,IF 2.3, Q2)、Brain Stimulation(55 篇,IF 7.6, Q1)、Stereotactic and Functional Neurosurgery(51 篇,IF 1.9, Q3)、Epilepsy Research(49 篇,IF 2.0, Q3)。被引频次前 5 的期刊依次是 Epilepsia(被引用 7 065 次)、Neurology(被引用 2 238 次)、Journal of Neurosurgery(被引用 1 782 次)、Stereotactic and Functional Neurosurgery(被引用 1 653 次)、Brain Stimulation(被引用 1 505 次)。

2.2.5 DBS 与癫痫研究中相关机构及其发文量及被引频次(基于 Bibliometrix 分析)

全球发表 DBS 与癫痫研究相关度最高的前 5 位机构分别是中国首都医科大学(321 篇)、美国梅奥诊所(286 篇)、美国加利福尼亚大学(243 篇)、加拿大多伦多大学(190 篇)、中国浙江大学(159 篇)(图 3)。基于 VOSviewer,全球发表 DBS 与癫痫研究领域文献最多的机构排名前 5 位分别是美国梅奥诊所(49 篇)、中国北京天坛医院(15 篇)、美国贝勒医学院(15 篇)、荷兰马斯特里赫特大学医学中心(11 篇)、加拿大多伦多大学(11 篇)、芬兰坦佩雷大学医院(10 篇)。全球发表和 DBS 与癫痫研究机

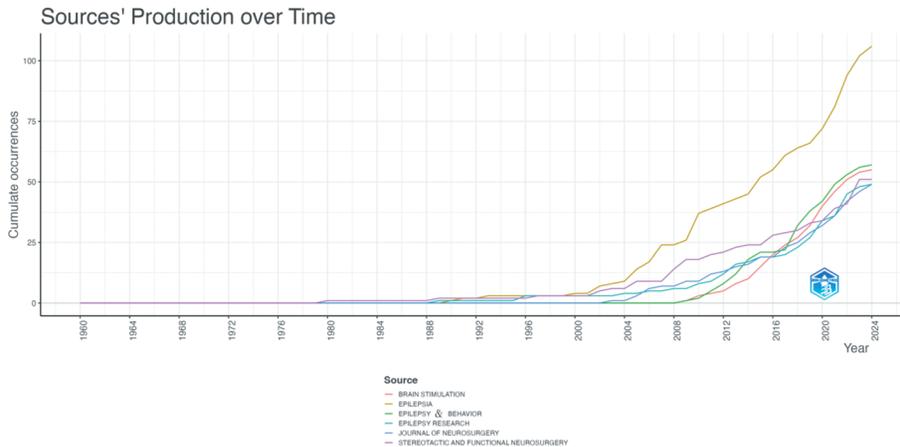


图2 DBS与癫痫研究排名前5位的期刊历年发文量

构被引频次排名前5位的机构分别是美国美敦力公司(1 542次)、美国宾夕法尼亚大学(1 497次)、美国梅奥诊所(1 429次)、荷兰马斯特里赫特大学医学中心(818次)、加拿大多伦多大学(790次)。首都医科大学天坛医院被引用295次,排名第8位,北京市神经外科研究所被引用126次,位列16位。

2.2.6 DBS与癫痫研究中中国机构(基于Bibliometrix分析)以及(基于VOSviewer分析)高被引作者

DBS与癫痫研究中中国发文量前10位机构分别是首都医科大学(321篇)、浙江大学(159篇)、华中科技大学(37篇)、浙江中医药大学(33篇)、天津大学(29篇)、清华大学(27篇)、长庚大学(25篇)、长庚纪念医院-林口医疗中心和长庚大学医学院(24篇)、青岛大学(23篇)、四川大学和南方医科大学(均为21篇)。国内高被引用作者排名前5是浙江大学医学院陈忠(发表量15篇,被引用328次)、首都医科大学附属天坛医院张建国(发表量24篇,被引用309次)、北京大学第一医院王爽(发表量12篇,被引用261次)、首都医科大学宣武医院王玉平(发表量5篇,被引用208次)、首都医科大学附属宣武医院遇涛(发表量10篇,被引用199次)。

2.2.7 DBS与癫痫研究主要研究学科(基于Scopus分析)

DBS与癫痫研究呈现显著的多学科交叉特征(图4)。在1960—2024年收录的2 322篇文献中,学科分布呈现典型的核心-边缘结构:医学领域占据主导地位(45.8%),主要涉及神经外科手术优化、临床疗效评估及长期随访研究;神经科学(28.2%)作为第二大学科群,聚焦于癫痫神经网络机制、DBS调控靶点筛选及神经可塑性研究。值得注意的是,生物医学基础学科(生物化学/遗传学/分子生物学,6.3%)通过基因表达谱分析、蛋白质组学技术等手段,为DBS治疗耐药性癫痫提供分子机制解释。

工程学(5.4%)与计算机科学(3.3%)作为关键技术支撑学科,主要贡献体现在:①神经刺激器硬件研发(如闭环DBS系统设计);②基于机器学习的癫痫发作预测算法开发;③脑电信号处理与模式识别技术优化。这5个核心学科合计贡献文献量占比达89.0%,反映出该领域“临床驱动-基础支撑-技术创新”的协同发展模式。此外,心理学(1.1%)、化学(0.7%)等学科的介入,标志着DBS研究正从单一治疗手段向“神经调控-认知干预-生物相容性改良”的多维研究体系演进。

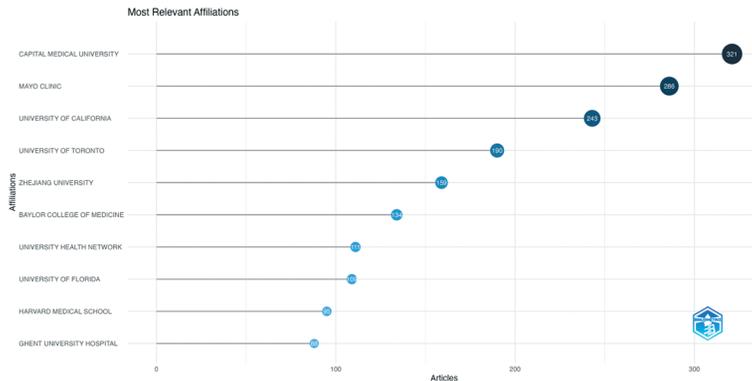


图3 DBS和癫痫研究机构相关度前10位机构

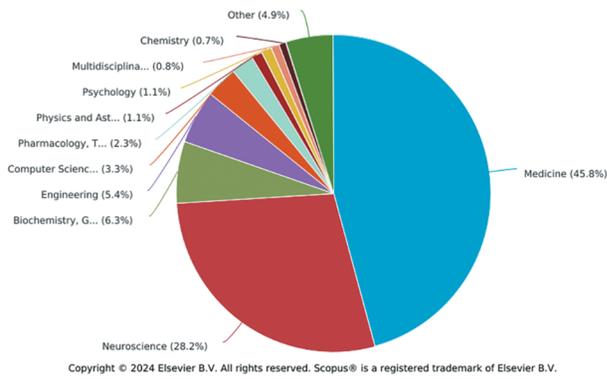


图4 DBS与癫痫研究各个学科发文量占比

2.3 文献耦合分析

2.3.1 国际/地区的文献耦合(基于VOSviewer分析)

纳入标准:国家/地区最少出版5篇相关文献,文献至少被引用量20次,排除标准:文献中的共同作者超过20位,最终得到全球国家/地区DBS与癫痫相关文献总联系强度耦合图(图5)。最终纳入44个国家/地区,其中总联系强度最高的前5位国家/地区分别是美国(685 377)、加拿大(206 875)、中国(199 826)、德国(192 409)、英国(139 525)。

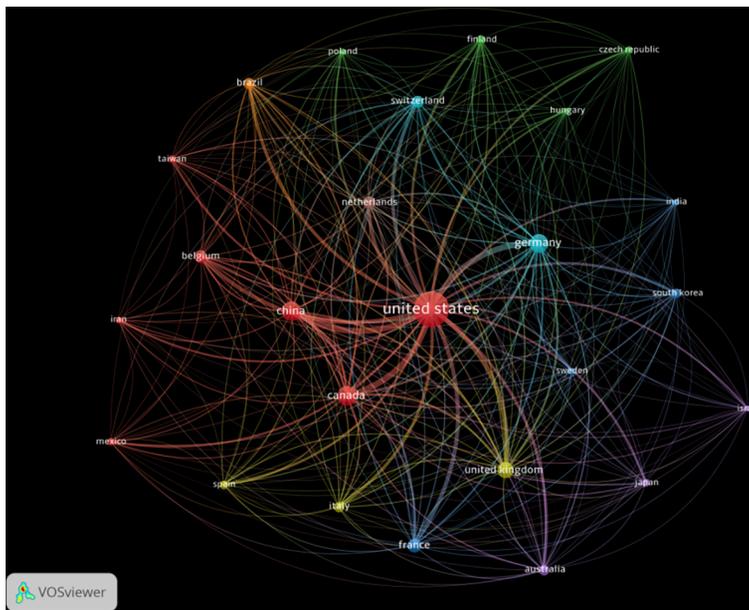


图5 国家/地区DBS与癫痫研究相关文献总联系强度耦合图

2.3.2 机构的文献耦合(基于VOSviewer分析)

纳入标准:机构最少出版5篇相关文献,文献至少被引用了20次。分析后得到全球机构文献耦合总联结强度图(图6)。最终在6 185个机构中纳入24个,其中文献总联结强度最强的前10位机构依次是:美国梅奥诊所(7 422)、中国首都医科大学天坛医院(3 045)、芬兰坦佩雷大学医院(2 697)、加拿大多伦多大学(2 328)、美国埃默里大学医学院(1 962)、北京神经外科研究所(1 895)、荷兰马斯特里赫特大学医学中心(1 817)、加拿大克雷姆比尔研究所(1 592)、美国美敦力公司(1 562)、美国贝勒医学院(1 521)。

2.4 关键词共现分析

运用VOSviewer软件的关键词共现分析,基于共现频次≥50次的筛选标准,从11 892个原始关键词中提取197个有效关键词构建共现网络。如图7所示,关键词共现网络可视化图谱中节点直径与关键词出现频次呈正相关,

节点间连线表示关键词共现关系,连线粗细反映共现强度。通过密度可视化分析(图8)发现,关键词聚类呈现显著的三维空间分布特征。经文献计量学方法验证,高频关键词前5位依次为:DBS(1 868次)、人类(Humans,1 653次)、癫痫(Epilepsy,1 444次)、文章(Article,1 185次)、男性(Male,867次)。

基于模块化算法划分的3个主要聚类呈现差异化研究取向。①蓝色聚类(基础技术研究):聚焦DBS技术原理与神经调控机制,高频关键词包括DBS(1 868)、人类(1 653)、癫痫(1 444)、综述(487)、神经调节(430)。该聚类反映DBS治疗癫痫的神经生理学基础研究进展。②红色聚类(临床转化研究):表征DBS的临床应用研究,突出关键词为男性(867)、女性(669)、成人(661)、临床文章(398)、耐药性癫痫(394)。该区域显示DBS在耐药性癫痫患者群体中的疗效评估与性别差异研究。③绿色聚类(方法学研究):涵盖研究设计与成果传播,高频词包括文

性,其中 epilepsy、DBS、human 等核心术语占据主导地位。值得注意的是,通过时序权重分析发现,近5年(2019—2024年)新兴研究热点包括:难治性癫痫(refractory epilepsy)、丘脑枕核(pulvinar)、发育延迟(developmental delay)、功能连接(functional connectivity)、生物标志物

(biological marker)等。其中,丘脑枕核作为新型神经调控靶点的相关研究和基于多模态影像的功能连接分析在癫痫网络定位中的应用研究较多。

时序分析结果表明,DBS治疗癫痫的研究范式正在发生显著转变,从早期的基础机制探索(2014年前)逐步

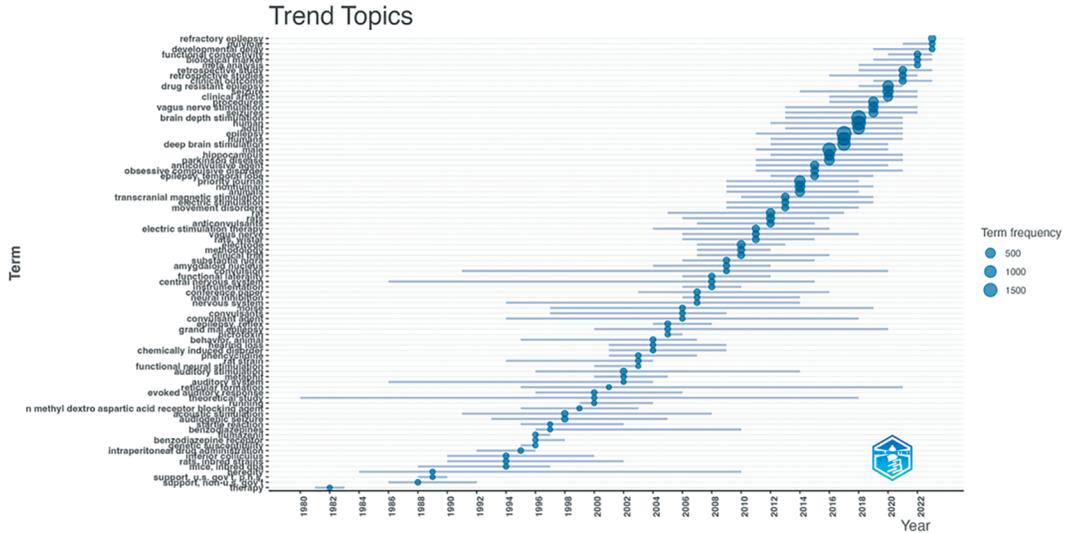


图11 DBS与癫痫研究关键词趋势图

过渡到临床转化研究阶段(2018年后)。研究焦点集中于:①耐药性癫痫的个体化神经调控策略;②基于fMRI和DTI的多模态生物标志物开发;③新型深部脑刺激靶点(如丘脑枕核、下丘脑等)的临床验证;④闭环式自适应DBS系统的疗效优化研究。这些趋势变化提示未来研究需重点关注多中心临床队列的长期随访数据积累,以及人工智能辅助的癫痫网络建模技术在DBS治疗方案优化中的应用。

2.6 以WoSCC数据库验证Scopus数据库可视化结果

研究采用来源于Web of Science核心合集(Web of Science Core Collection, WoSCC)数据库。数据的检索日期是2025年1月25日。检索标准策略是以DBS和癫痫作为检索主题词,包括其下位自由词,然后限定文献类型为文章和综述,语言为不限,出版时间为2004年1月1日至2024年12月31日,最终的检索式为:epilepsy (Topic) OR Epilepsies (Topic) OR Seizure Disorder (Topic) OR Seizure Disorders (Topic) OR Epilepsy, Cryptogenic (Topic) OR Cryptogenic Epilepsies (Topic) OR Cryptogenic Epilepsy (Topic) OR Epilepsies, Cryptogenic (Topic) OR Aura (Topic) OR Aura (Topic) OR Awakening Epilepsy (Topic) OR Epilepsy, Awakening (Topic) and Preprint Citation Index (Exclude - Database) AND Deep Brain Stimulation (Topic) OR Brain Stimulations, Deep (Topic) OR Deep Brain Stimulations (Topic) OR

Stimulation, Deep Brain (Topic) OR Stimulations, Deep Brain (Topic) OR Epilepsy, Cryptogenic (Topic) OR Epilepsies, Cryptogenic (Topic) OR Aura (Topic) OR Aura (Topic) OR Awakening Epilepsy (Topic) OR Epilepsy, Awakening (Topic) and Preprint Citation Index (Exclude - Database)。最终,导出的数据包括“全记录和引文”,并且是“纯文本”格式。检索由2名研究人员独立完成,并采用CiteSpace. 6.4. R1和VOSviewer1.6.20软件进行分析。最终确定了1595篇关于DBS和癫痫研究的文章。每年发文量见图12。在各个国家/地区的DBS和癫痫相关研究中,美国、中国、德国、加拿大、英国是出版物数量最多的国家,仅有此5位国家发表量超过100篇。发表数超过20篇的16种期刊及其2023年IF见表2。按出现频率和总链接强度排名的前20个关键词见表3。

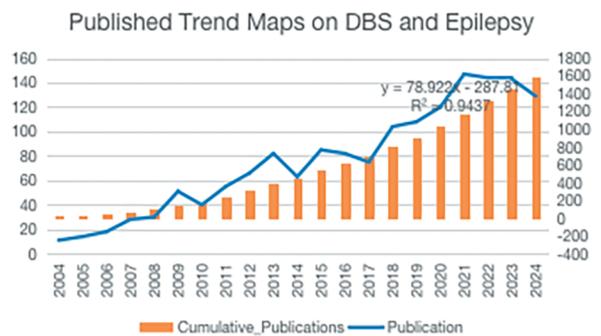


图12 2004—2024年DBS和癫痫研究文献年度出版趋势图

表2 发表数超过20篇的16种期刊

排名	期刊名称	IF(2023年)	JCR分区	文章数量/篇
1	Epilepsia	6.6	Q1	93
2	Epilepsy & Behavior	2.3	Q2	46
3	Epilepsy research	2.0	Q3	44
4	Brain stimulation	7.6	Q1	43
5	Stereotactic and functional neurosurgery	1.9	Q3	43
6	Seizure: european journal of epilepsy	2.7	Q2	33
7	Journal of neurosurgery	3.5	Q1	33
8	Frontiers in neuroscience	3.2	Q2	32
9	Neurosurgery	3.9	Q1	29
10	Journal of neural engineering	3.7	Q2	29
11	Neuromodulation	3.2	Q2	29
12	Frontiers in neurology	2.7	Q2	29
13	World neurosurgery	1.9	Q3	27
14	Neurosurgical focus	3.3	Q2	26
15	Neuroimage	4.7	Q1	22
16	Frontiers in human neuroscience	2.4	Q3	22

表3 按出现频率和总链接强度排名的前20个关键词

排名	关键词	出现频率/次	关键词	总链接强度
1	DBS	1 426	DBS	9 753
2	epilepsy	882	epilepsy	6 389
3	VNS	253	VNS	2 049
4	temporal-lobe epilepsy	251	temporal-lobe epilepsy	2 032
5	parkinson disease	211	subthalamic nucleus	1 606
6	subthalamic nucleus	198	parkinson disease	1 561
7	neuromodulation	196	neuromodulation	1 538
8	anterior nucleus	181	anterior nucleus	1 442
9	thalamus	169	thalamus	1 372
10	high-frequency stimulation	141	high-frequency stimulation	1 238
11	anterior nucleus of the thalamus	136	refractory epilepsy	1 148
12	refractory epilepsy	135	intractable epilepsy	1 041
13	intractable epilepsy	121	anterior nucleus of the thalamus	1 029
14	drug-refractory epilepsy	120	drug-refractory epilepsy	930
15	surgery	120	surgery	926
16	hippocampus	109	hippocampus	916
17	nucleus	109	neurostimulation	795
18	epilepsy surgery	106	epilepsy surgery	772
19	neurostimulation	95	nucleus	744
20	model	95	model	719

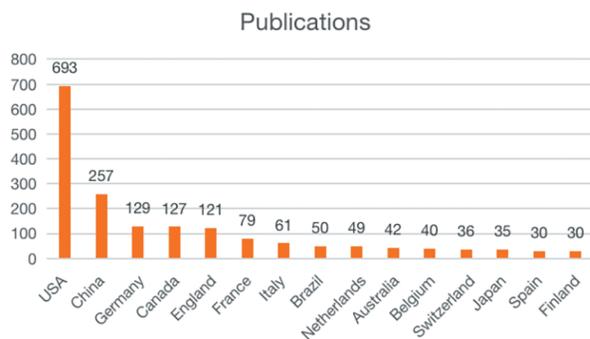


图13 发表DBS和癫痫研究文献排名前15位国家/地区

3 讨论

通过分析发现,自2004年开始,全球每年对DBS与癫痫研究的出版物都在增加。纳入DBS与癫痫研究类型的文章有2 322篇,其中近20年发文量占总数90%以上,发文量美国最多,共有982篇,紧随其后依次是中国220篇,德国187篇,加拿大172篇,英国156篇。日本发表67篇,排列第10名。前5个国家在这个领域贡献了73.94%的文献。中国也占据第二的重要位置。亚洲前10名只有中国和日本,可见大部分研究仍然集中在北美及欧洲等发达国家。预测未来该领域相关研究继续会增加,主要仍集中在

北美及欧洲等发达国家,中国和日本等亚洲国家/地区在全球文献的出版总量上贡献可能会较之前增大。

在所有的国家/地区中,关于DBS与癫痫的研究机构主要集中在美国。全球发表相关文章被引用进入前10位的机构中,有6个位于美国,中国1个,加拿大1个,荷兰1个,英国1个。其中美国梅奥诊所高居榜首,且其文献总联结强度也是最多的。可能是因为这里是美国最佳的综合医院。中国北京天坛医院发文被引频次位列第8位,总联结强度位列第2位。美国美敦力公司、美国宾夕法尼亚大学、美国梅奥诊所牢牢占据被引用前3,荷兰马斯特里赫特大学医学中心位列第4,加拿大多伦多大学排第5。

基于DBS与癫痫研究领域的核心作者群分析,加拿大神经外科专家Lozano.Andres M.以51篇发文量及3558次总被引频次位居学术产出及影响力首位,其h指数(132)显著高于其他学者,凸显其学术领导地位。比利时学者Boon, Paul A.J.M.(37篇,被引1724次)与Voneck, Kristl E.J.(31篇,被引1526次)分列第2、3位,表明欧洲团队在该领域具有持续研究优势。值得注意的是,美国学者Robert S. Fisher虽发文量未进入前5,但其文献总被引频次位列第5,联合强度排名第9,提示其研究具有较高的学术辐射力。中国学者张建国教授以24篇发文量跻身全球前十,但其被引频次(309次)及h指数(2)低于国际同行,反映国内研究在国际影响力方面仍存在差距。然而,国内团队如宣武医院遇涛课题组在DBS作用机制研究方面取得突破,其针对丘脑前核电刺激的神经同步化调控机制的发现,为靶点选择提供了理论依据,提示国内研究正逐步向原创性探索转型。期刊分析显示,Epilepsia《癫痫》期刊(IF=6.6, Q1)以106篇发文量及7065次总被引频次稳居领域核心阵地,其权威性进一步被2024年MORE研究验证,该研究通过长期随访揭示了ANT-DBS的疗效差异。Brain Stimulation《脑刺激》期刊(IF=7.6, Q1)虽发文量(55篇)略低于Epilepsia,但其刊载研究多聚焦DBS机制创新,如未定带(ZI)靶点的高频刺激疗效及GABA能神经元调控机制,推动领域向精准神经调控方向发展。整体上DBS与癫痫研究的学术话语权仍集中于欧美学者及高影响力期刊,国内需加强机制探索与高质量证据产出,同时深化与核心期刊及国际团队的协同合作,以提升学术能见度^[9-10]。

通过耦合分析可以看到美国与各个国家几乎均有合作,其联系强度系数位居第一,联系强度系数前5位的其他国家分别是加拿大、中国、德国、英国。相关研究领域,上述国家均与美国有较强合作联系。日本总联系强度位列第22位。整体亚洲在该领域研究仍相对薄弱,需要与世界其他国家合作交流(尤其与北美及欧洲国家)进一步交流提高研究质量。文献耦合分析提示与全球相关研究单位关联最强的前5个研究机构中,3个是美国的,芬兰

和中国各占1个。

尽管DBS的最新进展开创了神经系统疾病治疗干预的新时代^[11]。DBS已获得美国FDA批准用于治疗多种运动障碍,例如帕金森病、肌张力障碍和神经精神疾病^[12],也包括用于癫痫的治疗,但是DBS可以治疗多种疾病,癫痫也有多种治疗方法,通过DBS治疗癫痫,仍经历一个漫长的历史过程,其确切机制目前尚不明确^[13]。而且副作用已报道,并非所有的接受DBS患者都能得到缓解症状^[14]。通过可视化地图较好地了解到DBS与癫痫之间研究关键词及趋势,既往的关键词研究主要是集中在动物实验上、动物模型上,其中动物实验也主要集中在小鼠、大鼠^[15],动物模型不仅用于寻求治疗,还试图进一步在了解DBS应用疾病的病理学,也了解散在性或者特发性DBS应用疾病的病因,为更好地研究临床治疗的作用机制并测试新的方法是否能够改善症状,是否可能缓解疾病进展。后来的研究逐渐集中到人类身上,基于VOSviewer分析分类涉及男人、女人,成人和儿童的区别,但是这一个层面上还是存在巨大挑战,例如不同患者的选择,患者最佳刺激参数的确定,电极的准确置入,还有社会层面上DBS高昂的成本,这些都是DBS应用的未来挑战^[16-17]。基于WoSCC数据库可知,近年来出现的关键词,例如耐药性癫痫和难治性癫痫仍是大家关注的重点。这类癫痫采用手术治疗或者DBS治疗后能降低发作频率^[18]。但DBS是属于神经调控的一种,神经调控还包括迷走神经刺激(VNS)、反应性神经刺激(RNS)、经颅刺激等,神经调控治疗的疾病除了癫痫,还包括各种临床领域都有治疗意义。不过DBS有望为耐药性癫痫提供有效的治疗^[19]。然而目前除了一个非常小的随机对照试验证明DBS可以治疗癫痫,尚缺乏大规模且设计良好的随机对照试验来验证和优化侵入性颅内神经刺激疗法的疗效和安全性^[20]。DBS的治疗效果错综复杂,取决于多个因素,不同类型癫痫不同年龄患者不同靶点选择,在应用DBS上需要更大规模和长期随访的随机对照试验来进一步阐明癫痫类型和目标位置的选择^[21]。

癫痫是一个多维问题,其考虑因素往往超越医学,还用考虑神经科学、生物化学、遗传学和分子生物学、工程学、计算机科学,甚至心理学等^[22]。其中工程学上,尽管缺乏标准化参数带来了挑战,但DBS作为一种新型治疗还是充满潜力^[9,22]。然而DBS应用电化学,刺激频率、治疗部位及病灶位置都是影响治疗效果的重要因素^[22]。目前基底神经节-丘脑-皮质回路相关的皮层下核,特别是丘脑底核(STN)的感觉运动区、苍白球内部(GPi)和丘脑腹侧中间核(VIM)都是DBS刺激的常见部位,这些部位依靠CT或MRI等术中成像技术,立体定向和神经外科导航系统来指导DBS电极植入^[23]。神经调控有两种主要形式的刺激:开环和闭环。在开环形式中,使用一组预设的、通常是可重新编程的刺激参数。但是,闭环形式执行

按需神经刺激。目前闭环自适应DBS(aDBS)成为一种新的DBS范式,该策略的目标是确定神经元活动的病理和生理模式,这些模式可用不同刺激参数适应治疗需求,未来aDBS能够提供高度个性化的治疗方案并实时创建针对症状的治疗策略,可以显著改善DBS运动障碍患者的生活质量,最终可能优于传统药物治疗^[24]。

本研究没有纳入任何有关基因层面研究的现状分析,结果仍然可能存在一定的局限性和偏向性,还需深入挖掘更多数据库数据来研究分析,为关心DBS与癫痫研究的人员提供更全面的参考。

参 考 文 献

- [1] LÖSCHER W, POTSCSKA H, SISODIYA SM, et al. Drug resistance in epilepsy: clinical impact, potential mechanisms, and new innovative treatment options[J]. *Pharmacol Rev*, 2020, 72(3): 606-638.
- [2] VETKAS A, FOMENKO A, GERMANN J, et al. Deep brain stimulation targets in epilepsy: systematic review and meta-analysis of anterior and centromedian thalamic nuclei and hippocampus[J]. *Epilepsia*, 2022, 63(3): 513-524.
- [3] KRAUSS JK, LIPSMAN N, AZIZ T, et al. Technology of deep brain stimulation: current status and future directions[J]. *Nat Rev Neurol*, 2021, 17(2): 75-87.
- [4] SURESH V, DAVE T, GHOSH S, et al. Deep brain stimulation in Parkinson's disease: a scientometric and bibliometric analysis, trends, and research hotspots[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2024, 103(20): e38152.
- [5] FALAGAS ME, PITSOUNI EI, MALIETZIS GA, et al. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses[J]. *FASEB J*, 2008, 22(2): 338-342.
- [6] KULKARNI AV, AZIZ B, SHAMS I, et al. Comparisons of citations in Web of Science, Scopus, and Google Scholar for articles published in general medical journals[J]. *JAMA*, 2009, 302(10): 1092-1096.
- [7] 牛朝诗, 常博文, 张建国. 中国脑深部电刺激25周年应用现状与展望[J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(47): 3870-3874.
- [8] VAN ECK NJ, WALTMAN L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping[J]. *Scientometrics*, 2010, 84(2): 523-538.
- [9] KAUFMANN E, PELTOLA J, COLON AJ, et al. Long-term evaluation of anterior thalamic deep brain stimulation for epilepsy in the European MORE registry[J]. *Epilepsia*, 2024, 65(8): 2438-2458.
- [10] ZHANG MD, YANG L, LI ZX, et al. Low-frequency stimulation in the zona incerta attenuates seizure via driving GABAergic neuronal activity[J]. *Neurobiol Dis*, 2024, 192: 106424.
- [11] GIMÉNEZ S, MILLAN A, MORA-MORELL A, et al. Advances in brain stimulation, nanomedicine and the use of magnetolectric nanoparticles: dopaminergic alterations and their role in neurodegeneration and drug addiction[J]. *Molecules*, 2024, 29(15): 3580.
- [12] BAHADORI AR, JAVADNIA P, DAHAGHIN S, et al. Effect of deep brain stimulation on postoperative body mass index: a systematic review and meta-analysis[J]. *Neurosurg Rev*, 2024, 47(1): 620.
- [13] COVOLAN L, MOTTA POLLO ML, DOS SANTOS PB, et al. Effects and mechanisms of anterior thalamus nucleus deep brain stimulation for epilepsy: a scoping review of preclinical studies[J]. *Neuropharmacology*, 2024, 260: 110137.
- [14] RICCI A, RUBINO E, SERRA GP, et al. Concerning neuromodulation as treatment of neurological and neuropsychiatric disorder: insights gained from selective targeting of the subthalamic nucleus, para-subthalamic nucleus and zona incerta in rodents[J]. *Neuropharmacology*, 2024, 256: 110003.
- [15] MERINO RUIZ MC, GUIMARÃES RP, MORTARI MR. Parkinson's disease rodent models: are they suitable for DBS research[J]. *J Neurosci Methods*, 2022, 380: 109687.
- [16] WANJARI M, MITTAL G, PRASAD R. The future of neuromodulation: innovations and challenges in deep brain stimulation[J]. *Neurosurg Rev*, 2024, 47(1): 584.
- [17] 任虹宇, 李永全, 马俊, 等. 磁共振T2、SWI序列定位丘脑底核在帕金森病脑深部电刺激术中的对比研究[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2024, 51(1): 17-23.
- [18] CUI TY, WU H, TANG CY, et al. Surgical outcomes of patients with genetically refractory epilepsy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Seizure*, 2024, 120: 124-134.
- [19] DAVIS P, GAITANIS J. Neuromodulation for the treatment of epilepsy: a review of current approaches and future directions[J]. *Clin Ther*, 2020, 42(7): 1140-1154.
- [20] SPRENGERS M, VONCK K, CARRETTE E, et al. Deep brain and cortical stimulation for epilepsy[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 7(7): CD008497.
- [21] LI QH, SHAN YZ, WEI PH, et al. The comparison of DBS and RNS for adult drug-resistant epilepsy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Hum Neurosci*, 2024, 18: 1429223.
- [22] JIANG X, YAN WW, WAN RH, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on neuropathic pain: a systematic review and meta-analysis[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2022, 132: 130-141.
- [23] GAO CH, WU X, CHENG XL, et al. Individualized brain mapping for navigated neuromodulation[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2024, 137(5): 508-523.
- [24] NEUMANN WJ, TURNER RS, BLANKERTZ B, et al. Toward electrophysiology-based intelligent adaptive deep brain stimulation for movement disorders[J]. *Neurotherapeutics*, 2019, 16(1): 105-118.

责任编辑:王荣兵