



电子、语音版

·论著·

肺癌脑转移研究的文献计量学分析

宁矫扬¹, 田文韬¹, 谭祝桂龙¹, 肖钢¹, 陈柳¹, 周蓉蓉^{1,2,3}, 梁瞻¹

1. 中南大学湘雅医院放射肿瘤科, 湖南长沙 410008
2. 中南大学湘雅医院肺癌诊疗中心, 湖南长沙 410008
3. 中南大学湘雅医院老年疾病国家临床研究中心, 湖南长沙 410008

摘要:目的 脑转移是肺癌常见的严重并发症, 显著限制患者的生存与生活质量。近年来, 全身治疗、放射治疗策略以及生物标志物的快速发展, 显著改变了肺癌脑转移(LCBM)的研究格局。为更好地理解该领域的演进趋势, 该研究对 2024—2025 年 LCBM 相关文献进行了文献计量学分析。方法 从 Web of Science 核心合集 SCI-EXPANDED 数据库检索 2024 年 1 月 1 日至 2025 年 8 月 24 日发表的与 LCBM 相关的文献。利用 Web of Science 引文报告提取文献计量学指标, 并采用 CiteSpace 6.3 进行可视化分析, 绘制国家、机构、作者合作网络, 进行共被引和关键词聚类分析。结果 共纳入 1 770 篇文献。美国哈佛大学和得克萨斯大学发文量领先, 中国四川大学、复旦大学等机构发文量增长迅速。作者合作网络显示中美两国形成主轴, 但中国国际合作仍较有限; 欧洲国家与加拿大在区域间发挥桥梁作用。共被引证据基础以临床指南、流行病学研究和关键中枢神经系统疗效试验为核心。关键词聚类突出药物递送、立体定向放射外科、脑膜转移及间变性淋巴瘤激酶重排非小细胞肺癌等主题。结论 2024—2025 年 LCBM 研究重点集中在具备颅内活性的全身治疗、精准局部治疗以及创新生物标志物策略。未来, 多学科和国际合作将为改善 LCBM 患者预后提供支持。

关键词:肺癌脑转移; 文献计量学; 脑膜转移; 可视化分析

中图分类号: R739.41

DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2026.02.002

A bibliometric analysis of lung cancer brain metastases

NING Jiaoyang¹, TIAN Wentao¹, TAN Zhuguilong¹, XIAO Gang¹, CHEN Liu¹, ZHOU Rongrong^{1,2,3}, LIANG Zhan¹

1. Department of Radiation Oncology, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha, Hunan 410008, China

2. Xiangya Lung Cancer Center, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha, Hunan 410008, China

3. National Clinical Research Center for Geriatric Disease, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha, Hunan 410008, China

Corresponding author: LIANG Zhan, Email: liangzhanxy@126.com

Abstract: **Objective** Brain metastases remain a common serious complication in patients with lung cancer and significantly affect the survival and quality of life of patients. In recent years, the rapid development of systemic treatment, radiotherapy modalities, and biomarkers have significantly reshaped clinical practice and research priorities in the field of lung cancer brain metastases (LCBM). To perform a bibliometric analysis of LCBM-related publications in 2024–2025, and to gain a better understanding of the development trends in this field. **Methods** Web of Science Core Collection, specifically the Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) database, was used to obtain LCBM-related articles published from January 1, 2024 to August 24, 2025. Web of Science Citation Report was used to extract bibliometric indicators, and CiteSpace 6.3 was used to perform visual analysis. Networks were constructed for countries, institutions, and co-authorship, and co-citation and keyword co-occurrence clustering analyses were performed. **Results** A total of 1 770 articles were included. Harvard University and The University of Texas ranked highest in publication volume, and the

收稿日期: 2026-01-11; 修回日期: 2026-02-24

通信作者: 梁瞻, Email: liangzhanxy@126.com。

institutions in China, including Sichuan University and Fudan University, showed a rapid increase in the number of publications. Co-authorship network highlighted a predominant China-United States axis as the core of international collaboration, but with relatively limited cross-border collaboration for Chinese institutions, and European countries and Canada functioned as connectors in inter-regional networks. The co-citation analysis showed that clinical guidelines, epidemiological studies, and pivotal trials evaluating efficacy on the central nervous system were the core topics. Keyword clustering analysis identified the research hotspots of drug delivery, stereotactic radiosurgery, leptomeningeal metastasis, and ALK-rearranged non-small cell lung cancer. **Conclusion** LCBM studies in 2024–2025 center on systemic therapies demonstrating intracranial activity, precise local treatment, and innovative biomarker-oriented strategies. In the future, multidisciplinary and international collaborations will provide support for improving the prognosis of patients with LCBM.

Keywords: lung cancer brain metastases; bibliometrics; leptomeningeal metastasis; visual analysis

肺癌是脑转移瘤中最常见的原发肿瘤,也是癌症相关死亡的主要原因之一^[1-2]。中枢神经系统(central nervous system, CNS)的解剖学与血脑屏障(blood-brain barrier, BBB)特性限制了药物暴露和疗效持续性。不同组织学类型及分子亚型间的临床结局差异明显,颅内控制越来越依赖精准局部治疗与分子靶向全身治疗的结合^[3]。过去十余年,治疗方式从全脑放疗(whole brain radiotherapy, WBRT)发展到海马区回避WBRT及立体定向放射外科(stereotactic radiosurgery, SRS),并伴随具备CNS活性的酪氨酸激酶抑制剂(tyrosine kinase inhibitor, TKI)、免疫检查点抑制剂(immune checkpoint inhibitors, ICIs)以及新兴的抗体偶联药物(antibody-drug conjugates, ADCs)的应用^[3-7]。这些进展使治疗目标从单纯姑息转向特定患者中实现持久颅内缓解。

然而,知识的快速积累也导致研究领域碎片化。局部放疗、全身治疗、真实世界证据及CNS转移生物学等多方面研究交织,使整体研究格局复杂化^[8]。临床指南和关键随机对照临床试验为临床实践提供了框架,但往往滞后于新兴热点,如新型药物递送平台、SRS、全身治疗的序贯优化以及脑膜转移(leptomeningeal metastasis, LM)的综合管理^[9-11]。鉴于新一代TKI及靶向药物的快速进入,亟须基于文献计量学的实时研究格局分析。

文献计量学通过量化指标揭示合作网络与知识结构,结合CiteSpace等可视化工具,可刻画作者、机构及研究主题间的拓扑关系,并通过关键词聚类识别研究热点与前沿^[12-13]。本研究利用CiteSpace对2024—2025年肺癌脑转移(lung cancer brain metastases, LCBM)文献进行分析,旨在描绘全球合作格局,识别核心文献与期刊,揭示研究热点与发展趋势,为科研与临床转化提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源与检索策略

检索Web of Science核心合集SCI-EXPANDED数据库,系统检索LCBM相关文献。检索限于英文文献,使用主题词(topic search, TS)检索策略,具体检索式为:TS=

(lung cancer OR lung carcinoma OR lung neoplasms OR pulmonary neoplasms OR pulmonary cancers OR cancer of lung) AND TS=(brain metastases OR cerebral metastasis OR intracranial metastasis OR brain metastatic OR leptomeningeal metastasis OR encephalic metastasis)。

1.2 文献纳入与排除标准

本研究纳入2024年1月1日—2025年8月24日发表的LCBM相关文献,文献类型限定为Article及Review,排除Meeting Abstract、Letter、Comment等其他类型文献。由2名独立研究者审阅所有检索记录的标题和摘要,初步评估是否符合纳入标准,对于通过初筛的文献,进行全文筛选,仍由这2名研究者独立评估全文内容是否符合标准。若2名研究者的意见不一致,则由第3名资深研究者独立审阅并作出最终决定。

1.3 数据处理与可视化

检索所得文献数据以纯文本格式导出,记录内容选择“全记录与引用的参考文献”选项。基于Web of Science引文报告功能生成出版物年度分布及引文趋势图。为深度解析研究领域知识结构,本研究选用CiteSpace 6.3.R1基础版(64位)作为核心分析工具,该软件在科学知识图谱构建方面具有显著优势。原始数据经格式标准化预处理后导入软件工程文件,依次构建作者合作网络、机构地域分布网络、关键词共现网络、期刊共被引网络等多维度知识图谱。共被引分析涵盖作者、期刊及文献3个层次,通过统计2篇文献被第3方同时引用的频次揭示知识关联强度^[14]。研究热点识别采用对数似然比(log-likelihood ratio, LLR)聚类算法,对高频关键词及高被引文献进行聚类,最终通过时序演进图谱呈现技术发展轨迹。发文章量分布地图使用R语言(版本4.5.2)的ggplot2和sf包,基于发文章量统计数据,通过颜色梯度可视化全球分布。

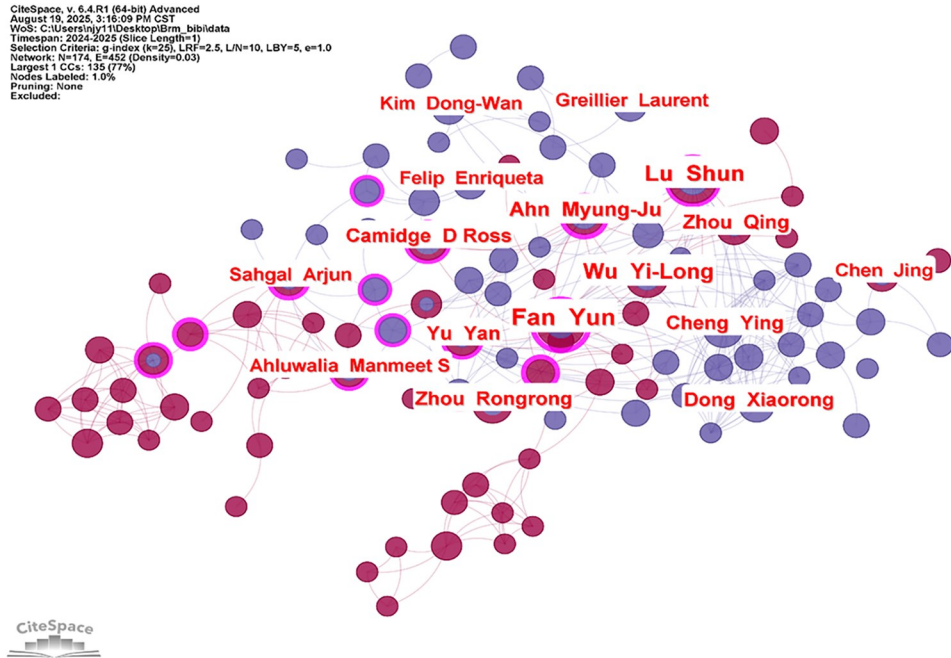
2 结果

2.1 作者、机构及国家分布

在纳入的1770篇文献中,作者分布广泛,并未有少数作者垄断现象。高产作者包括范云(15篇)、陆舜(14篇)、

吴一龙(11篇)和 Arjun Sahgal(10篇),另外多位研究者保持稳定产出(如周蓉蓉、程颖、于雁、董晓荣、周清等)。此

外,部分学者(如D. Ross Camidge、Arjun Sahgal)表现出较高的中介中心性(图1和表1)。

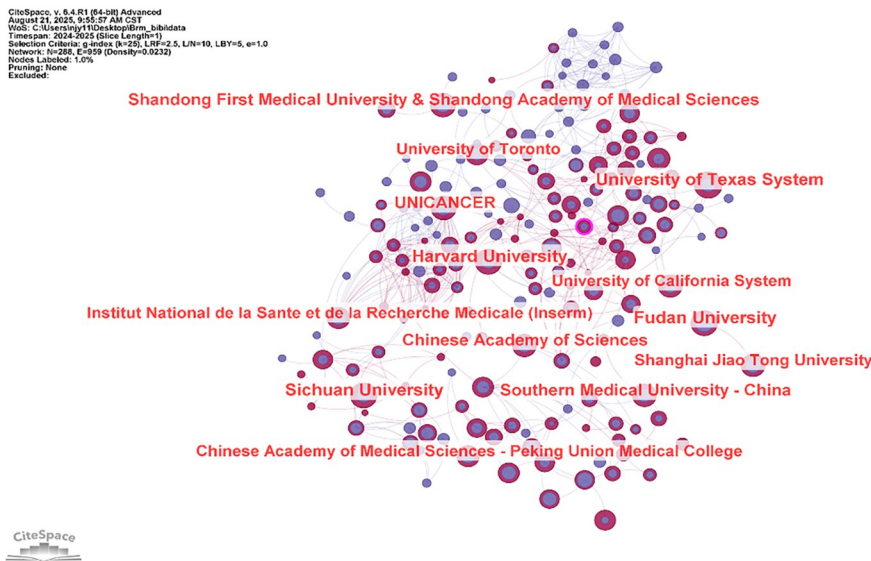


节点大小代表发文量;节点颜色代表发表年份。

图1 LCBM研究的作者合作网络

研究产出呈现多中心格局。哈佛大学(53篇)和得克萨斯大学(53篇)发表量居前,中国的机构如四川大学(47篇)、复旦大学(47篇)、山东第一医科大学暨山东省医学科学

院(46篇)和中国科学院(43篇)同样具有较大发文规模。UNICANCER在机构合作网络中起到枢纽作用,连接北美与亚洲团队(图2和表1)。



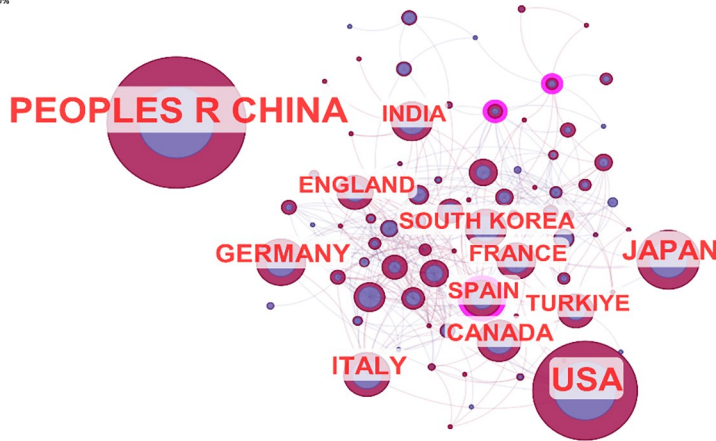
节点大小代表发文量;节点颜色代表发表年份。

图2 LCBM研究的机构合作网络

国家层面上,中国(709篇)和美国(419篇)构成主要发表轴心,日本(152篇)、德国(100篇)、意大利(97篇)和加拿大(78篇)位居其后。尽管中国文献量居首,但其国际合作程度有限,节点跨国连接数和中心性均较低;相比

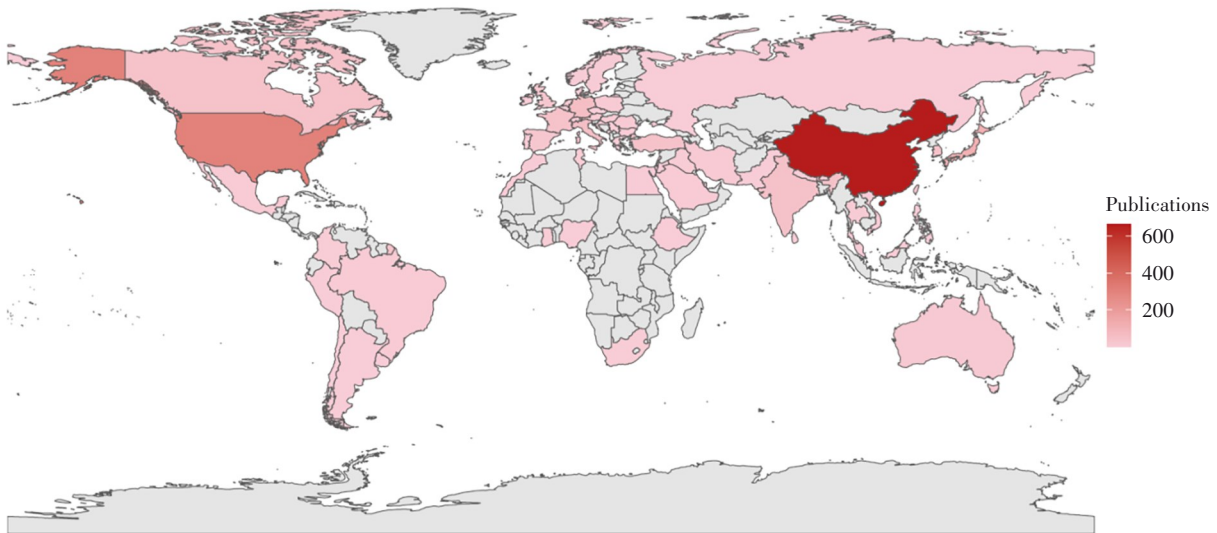
之下,加拿大及部分欧洲国家中心性较高,在不同区域间发挥了重要桥梁作用,提升了整体网络的连通性(图3、4和表1)。

CiteSpace v. 5.4.R1 (64-bit) Advanced
 August 21, 2025, 11:43:32 PM CST
 WoS: C:\Users\jny11\Desktop\Bm_bibdata
 Timespan: 2024-2025 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=2.5, L/N=10, LBV=5, q=1.0
 Network: (n=53, E=324 (Density=0.027))
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None
 Excluded:



节点大小代表发文量;节点颜色代表发表年份。

图3 LCBM研究的国家合作网络



节点颜色从浅粉(低发文量)渐变至深红(高发文量),色阶对应发文量范围,灰色区域表示无相关文献。

图4 LCBM研究的发文量分布地图

2.2 作者、期刊与文献的共被引分析

被共引次数最多的3位作者分别是Rebecca L Siegel (216次)、Hyuna Sung (191次)和Paul W Sperduto (178次),

其次是Jean-Charles Soria、吴一龙和Emilie Le Rhun。值得注意的是,尽管近年来中国学者的发文量大幅增加,但核心共被引作者群体仍以欧美研究者为主(表2,图5)。

表1 LCBM领域的高产作者(发文量≥8篇)、机构(发文量≥40篇)与国家(发文量≥70篇)

作者/机构/国家	发文量/篇	中心性
作者		
Fan Yun(范云)	15	0.44
Lu Shun(陆舜)	14	0.15
Wu Yilong(吴一龙)	11	0.02
Ahn Myung-Ju	10	0.39
Zhou Rongrong(周蓉蓉)	9	0.02
Camidge D Ross	9	0.18
Cheng Ying(程颖)	9	0.06
Yu Yan(于雁)	8	0.10
Dong Xiaorong(董晓荣)	8	0.01
Zhou Qing(周清)	8	0.04
机构		
Harvard University	53	0.00
University of Texas	53	0.01
Sichuan University	47	0.00
Fudan University	47	0.00
Shandong First Medical University & Shandong Academy of Medical Sciences	46	0.00
UNICANCER	43	0.05
Chinese Academy of Sciences	43	0.00
Southern Medical University	40	0.00
国家		
China	709	0.00
The United States	419	0.00
Japan	152	0.00
Germany	100	0.01
Italy	97	0.01
Canada	78	0.05

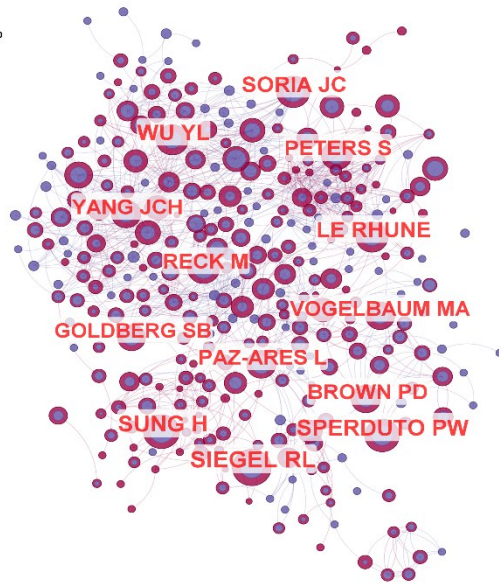
表2 LCBM领域的高共被引作者(共被引强度≥150次)、期刊(共被引强度≥700次)与文献(共被引强度≥60次)

作者/期刊/出版物	共被引强度/次	中心性
作者		
Rebecca L Siegel	216	0.00
Hyuna Sung	191	0.00
Paul W Sperduto	178	0.01
Jean-Charles Soria	168	0.01
Wu Yilong(吴一龙)	160	0.02
Emilie Le Rhun	155	0.07
期刊		
Journal of Clinical Oncology	1 153	0.00
The New England Journal of Medicine	828	0.00
The Lancet Oncology	811	0.00
Journal of Thoracic Oncology	798	0.00
Annals of Oncology	779	0.00
Frontiers in Oncology	755	0.00
Lung Cancer	702	0.00
出版物		
Sung H, 2021, CA Cancer J Clin ^[15]	190	0.00
Vogelbaum MA, 2022, J Clin Oncol ^[16]	115	0.03
Ramalingam SS, 2020, N Engl J Med ^[17]	101	0.00
Goldberg SB, 2020, Lancet Oncol ^[18]	85	0.02
Siegel RL, 2024, CA Cancer J Clin ^[19]	79	0.00
E Le Rhun, 2021, Ann Oncol ^[20]	78	0.00
Shaw AT, 2020, N Engl J Med ^[21]	67	0.01
Yang JCH, 2020, J Clin Oncol ^[22]	63	0.01
Suh JH, 2020, Nat Rev Clin Oncol ^[23]	60	0.00

共被引期刊方面,《Journal of Clinical Oncology》(1 153次)、《The New England Journal of Medicine》(828次)和《The Lancet Oncology》(11次)位居前三,其次为《Journal of Thoracic Oncology》《Annals of Oncology》《Frontiers in Oncology》和《Lung Cancer》(表2,图6)。

多篇论文构建了近年来LCBM研究的证据基础(图7)。Sung H等(2021, CA Cancer J Clin)提供了全球癌症统计数据,作为肺癌及脑转移研究中发病率和病死率的重要基线^[15]。Vogelbaum MA等(2022, J Clin Oncol)发表了ASCO-SNO-ASTRO脑转移指南,明确了SRS与海马区回避WBRT的适应证,并整合了系统治疗策略^[16]。Ramalingam SS等(2020, N Engl J Med)报道了奥希替尼在EGFR突变非小细胞肺癌(non-small cell lung carcinoma, NSCLC)初治患者中的生存结局,并确立了其CNS疗效以及颅内一线治疗的地位^[17]。Goldberg等^[18](2020, Lancet Oncol)总结了帕博利珠单抗在脑转移患者中的应用数据,证实了ICIs在活动性或既往治疗史的颅内病灶中应用的可行性,并对后续临床试验的入组标准产生影响(图6)。

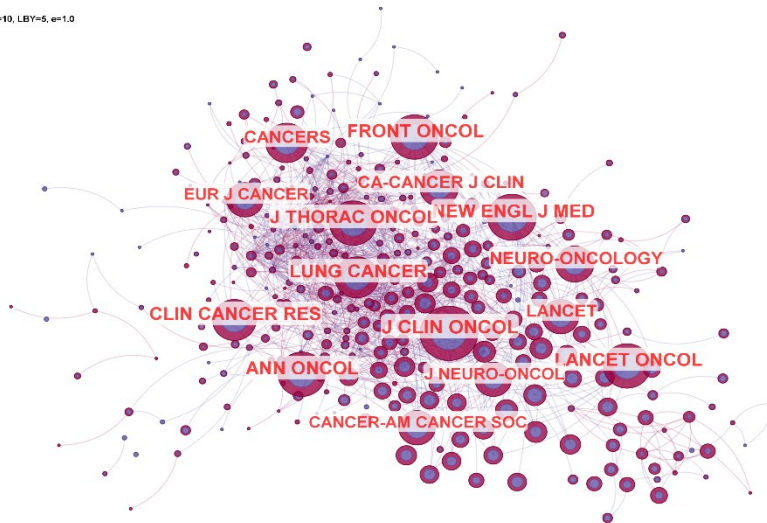
CiteSpace v. 5.4.R1 (64-bit) Advanced
 August 21, 2025, 3:49:57 PM CST
 WoS: C:\Users\jy11\Desktop\Bm_bibdata
 Timespan: 2024-2025 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=2.5, LN=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=621, E=2102 (Density=0.0105)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None
 Excluded:



节点大小代表被引频次;节点颜色代表被引年份。

图5 作者共被引分析网络

CiteSpace v. 5.4.R1 (64-bit) Advanced
 August 21, 2025, 11:15:30 PM CST
 WoS: C:\Users\jy11\Desktop\Bm_bibdata
 Timespan: 2024-2025 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=2.5, LN=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=920, E=3265 (Density=0.0073)
 Largest CCs: 594 (64%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None
 Excluded:



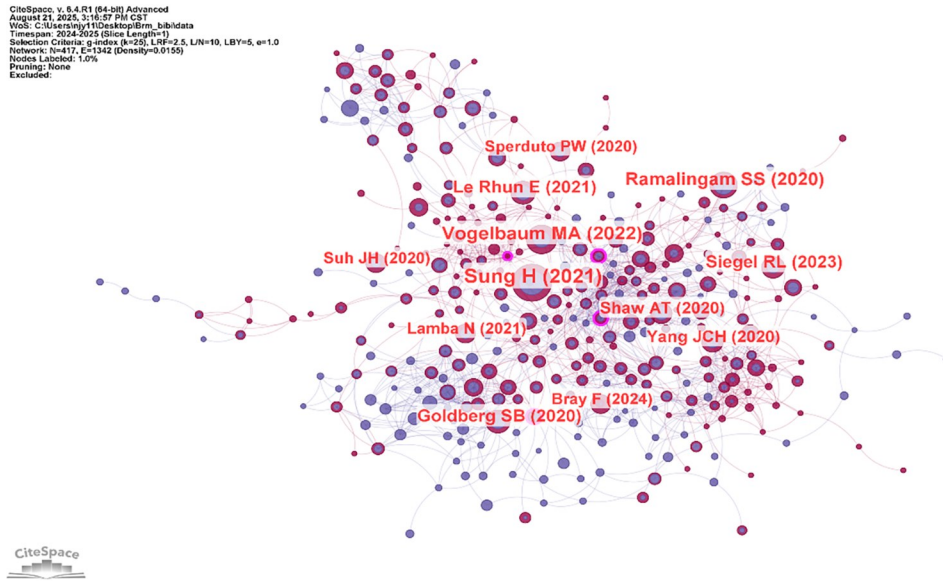
节点大小代表被引频次;节点颜色代表被引年份。

图6 期刊共被引分析网络

2.3 关键词分析

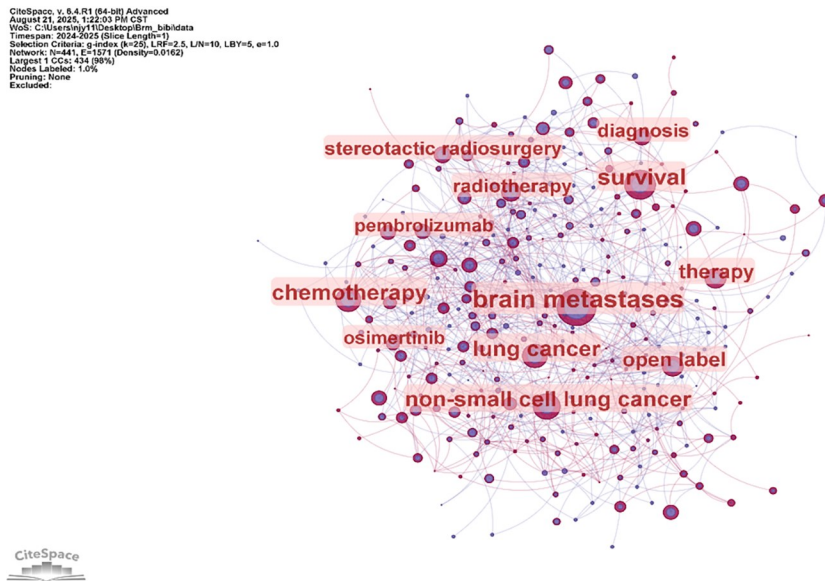
高频关键词(图8和表3)主要包括“脑转移”“肺癌/NSCLC”“生存”“放射治疗/SRS”及药物相关术语(如奥希替尼、帕博利珠单抗、化疗等)。这些关键词可归为三大类:局部治疗优化(SRS、海马区回避WBRT、随访及神经

认知保护)、具有颅内活性的全身治疗[间变性淋巴瘤激酶(anaplastic lymphoma kinase, ALK)及其他驱动基因靶向药物、ICIs、ADCs]以及结局/流行病学研究(诊断、生存、真实世界分析)。



节点大小代表被引频次;节点颜色代表被引年份。

图7 参考文献共被引分析网络



节点大小代表出现频次;节点颜色代表关键词出现年份。

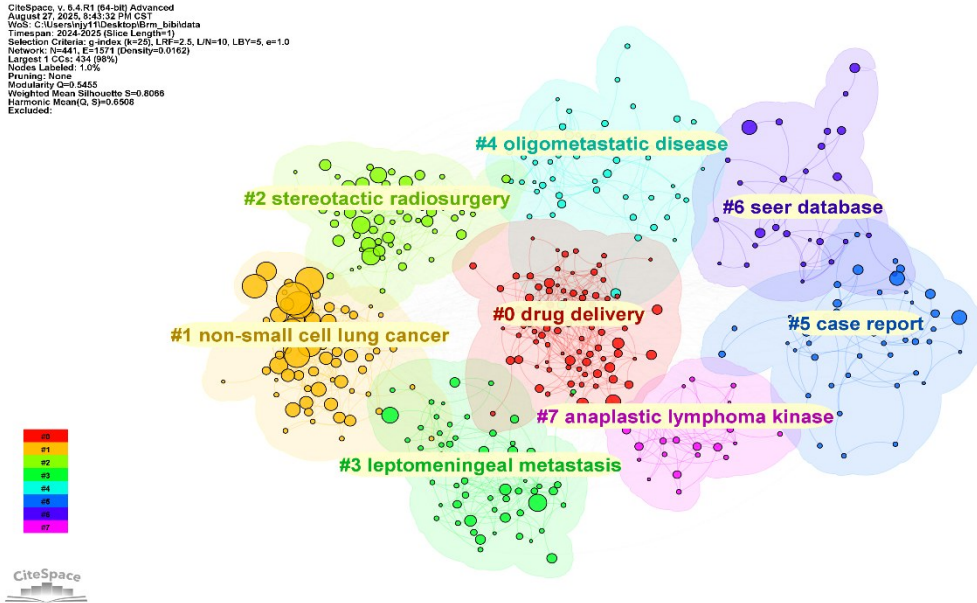
图8 LCBM研究的关键词共现网络

表3 高频出现的关键词(出现频次≥100次)

关键词	出现次数/次	中心性
brain metastases	409	0.03
survival	284	0.01
lung cancer	222	0.03
non-small cell lung cancer	209	0.02
chemotherapy	193	0.03
therapy	137	0.00
stereotactic radiosurgery	113	0.02
radiotherapy	112	0.02

为进一步明确研究热点,笔者进行了基于LLR的关键词聚类分析(图9)。共形成8个聚类:(#0)药物递送、(#1)NSCLC、(#2)SRS、(#3)LM、(#4)少数转移病灶、(#5)病例报道、(#6)SEER数据库、(#7)ALK。其中,(#1)NSCLC、(#2)SRS及(#4)少数转移病灶主要聚焦于临床管理,表明SRS的剂量、分割和时机正日益与TKI或ICIs联合讨论,研究关注点集中在放射性坏死风险、颅内少数进展的处理以及神经认知功能的保护。靶向驱动基因的全身治疗在(#7)ALK聚类中得到进一步体现,研究聚焦于高效ALK抑制剂(如劳拉替尼)、二代TKI治疗后的颅内

进展管理以及脑转移复发的处理策略。该聚类提示在长期生存人群中对序贯方案及随访模式的优化需求。



节点大小代表出现频次;节点颜色代表关键词出现年份。

图9 LCBM 研究的关键词聚类

(#0)药物递送与(#3)LM联系紧密,强调提升CNS药物暴露的转化研究包括纳米颗粒/偶联物、聚焦超声介导的BBB开放、前药设计及鞘内给药等^[24-25]。这表明LM正被重新界定为一个药代学与生物学特征独特的亚群,而非单纯的终末状态或“终末治疗”情境;以药物暴露优化和敏感反应指标(如CSF ctDNA)为核心的临床试验设计正在逐渐兴起。

(#5)病例报道与(#6)SEER数据库聚类互补。病例报道捕捉到罕见基因型、非典型颅内反应及早期安全信号,往往是后续假设驱动研究的起点;而SEER等大型数据库则为真实世界结局与流行病学提供参考,但两者均存在选择偏倚等局限,需谨慎解读。

总体来看,关键词及聚类结果显示,当前研究热点集中在SRS与具有CNS活性全身治疗的整合、以LM为核心的药物递送策略、基因驱动肿瘤的序贯治疗(尤其是ALK重排与EGFR突变)、少数颅内进展的管理,以及基于真实世界或数据库的结局研究。

3 讨论

本研究揭示了2024—2025年LCBM领域的快速发展态势,作者分布广泛,机构高度集中,中美两国发表量领先,但中国跨国合作仍有限。证据基础主要由流行病学研究、临床指南及关键CNS疗效试验构成。

关键词与聚类分析共同揭示了该领域的若干主要研究方向。SRS的临床应用正随着高效全身治疗药物的出现而持续演变。当前,SRS已不再仅作为单一的局部治

疗手段,而常与靶向治疗、ICIs等全身治疗策略联合应用^[26]。治疗时机、病灶负荷以及神经认知功能的保护已成为核心考量,研究重点正转向如何确定最佳的治疗顺序与监测策略,以期在维持全身病情控制的同时,最大限度降低颅内复发风险^[27]。基于基因型的全身治疗仍是研究重点,尤其是在ALK和EGFR阳性患者中^[28]。奥希替尼和劳拉替尼等药物重塑了人们对颅内疗效的预期,延长了患者生存期,同时也对长期影像学随访以及局部治疗时机的精确判断提出了新要求^[29]。这些亚组分析表明,全身病情控制与颅内疾病管理正日益被视为一个连续、动态的过程,治疗方案的选择需综合分子特征与影像学结果共同决定。

药物递送策略与LM构成了另一个重要研究集群。该领域的研究反映出LM的疗效与药物在病灶部位的渗透能力密切相关^[30]。目前,聚焦超声、纳米颗粒及鞘内给药等创新策略正在探索中,评估方法也日趋完善^[31]。将脑脊液ctDNA检测、药代动力学读数与临床终点相结合的趋势,标志着试验设计正朝着关注药物暴露、立足生物学机制的方向转变^[32]。此外,寡转移与寡进展疾病已成为新的研究热点。随着全身治疗的进步,更多患者仅出现有限的颅内转移灶。在此背景下,SRS日益被视为一种巩固或维持治疗手段,而WBRT(常采取海马保护技术)限于特定病例^[33]。当前研究侧重于根据个体疾病进展轨迹来定制个体化干预,以平衡颅内控制与认知功能保护。

与团队2021年发表的恶性肿瘤脑转移文献计量分析相比^[34],本研究聚焦于LCBM领域。该领域发文量整体呈增长趋势。从高产作者及国家的分布变化可见,领先地位已从2021年的美国转变为当前中国占主导,但国际合作方面均显示中国参与跨国合作的程度仍相对有限。在机构层面,哈佛大学持续保持领先,而中国机构如复旦大学和四川大学则增长显著。此外,关键词与热点演变对比显示SRS始终是研究核心,而LM与寡转移灶的临床管理则成为近两年的新兴热点。

合作模式对领域发展具有潜在影响。中国虽发表量大,但国际合作不足;欧洲与加拿大则在跨区域合作中发挥重要桥梁作用。未来,围绕SRS与全身治疗整合、BBB调控策略及LM疗效评价等主题开展多国合作,有助于推动新一轮循证证据的形成。

本研究利用文献计量学全面描述了LCBM领域的近期文献格局,并通过CiteSpace可视化工具揭示合作网络和主要研究热点。然而,本研究存在若干局限性。本研究仅依赖Web of Science核心合集,可能遗漏PubMed专有的期刊文章或Scopus中更全面的会议论文,从而导致覆盖不全。其次,时间范围较短,虽适合捕捉近期热点,但不足以观察长期趋势;同时,早期指南和关键试验在短期内被频繁共引,可能放大其影响。此外,文献计量学分析本质上为量化评估,无法直接评判研究质量、方法论严谨性或临床适用性。未来研究可扩展数据库来源并延长时段,以提升分析的全面性和可靠性。

总之,2024—2025年LCBM研究呈现出快速演进的格局,作者分布广泛,机构呈多中心特征,中美发表量居前,欧洲与加拿大在合作网络中发挥桥梁作用。知识基础主要依赖临床指南与关键临床试验,核心共被引作者多为欧美学者。研究热点集中在SRS与全身治疗的整合、*ALK/EGFR*突变肿瘤的颅内靶向治疗、突破BBB的药物递送策略以及少数转移的精准管理。未来,结合临床与转化研究的新型设计,特别是以颅内终点和神经认知为核心的国际合作试验,将是推动该领域发展的关键。

参 考 文 献

- [1] KIM MS, LEE J, LEE JE, et al. Brain metastasis from non-small cell lung cancer: crosstalk between cancer cells and tumor microenvironment components[J]. *Exp Mol Med*, 2025, 57(12): 2749-2762.
- [2] TANZHU GL, CHEN L, NING JY, et al. Metastatic brain tumors: from development to cutting-edge treatment[J]. *MedComm* (2020), 2025, 6(1): e70020.
- [3] LU Y, HUANG YH, ZHU CY, et al. Cancer brain metastasis: molecular mechanisms and therapeutic strategies[J]. *Mol Biomed*, 2025, 6(1): 12.
- [4] SHI W, TANZHU GL, CHEN L, et al. Radiotherapy in preclinical models of brain metastases: a review and recommendations for future studies[J]. *Int J Biol Sci*, 2024, 20(2): 765-783.
- [5] DONG WJ, SHENG JT, CUI JZM, et al. Systems immunology insights into brain metastasis[J]. *Trends Immunol*, 2024, 45(11): 903-916.
- [6] TIAN WT, NING JY, CHEN L, et al. Cost-effectiveness of tumor-treating fields plus standard therapy for advanced non-small cell lung cancer progressed after platinum-based therapy in the United States[J]. *Front Pharmacol*, 2024, 15: 1333128.
- [7] MAIR MJ, BARTSCH R, LE RHUN E, et al. Understanding the activity of antibody-drug conjugates in primary and secondary brain tumours[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2023, 20(6): 372-389.
- [8] DING JT, JIANG YL, JIANG N, et al. Bridging the gap: unlocking the potential of emerging drug therapies for brain metastasis[J]. *Brain*, 2025, 148(3): 702-722.
- [9] LI SL, WANG C, CHEN JY, et al. Signaling pathways in brain tumors and therapeutic interventions[J]. *Signal Transduct Target Ther*, 2023, 8(1): 8.
- [10] REMSIK J, BOIRE A. The path to leptomeningeal metastasis[J]. *Nat Rev Cancer*, 2024, 24(7): 448-460.
- [11] 刘影, 曹陈军, 李思欣, 等. 神经肿瘤与精神疾病的交叉研究趋势: 胶质瘤、垂体瘤及脑膜瘤的文献计量学证据[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2025, 52(3): 37-49.
- [12] AI SN, LI YK, ZHENG HJ, et al. Collision of herbal medicine and nanotechnology: a bibliometric analysis of herbal nanoparticles from 2004 to 2023[J]. *J Nanobiotechnology*, 2024, 22(1): 140.
- [13] ZHANG L, ZHENG H, JIANG ST, et al. Worldwide research trends on tumor burden and immunotherapy: a bibliometric analysis[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(3): 1699-1710.
- [14] CHEN CM, SONG M. Visualizing a field of research: a methodology of systematic scientometric reviews[J]. *PLoS One*, 2019, 14(10): e0223994.
- [15] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.
- [16] VOGELBAUM MA, BROWN PD, MESSERSMITH H, et al. Treatment for brain metastases: ASCO-SNO-ASTRO guideline[J]. *J Clin Oncol*, 2022, 40(5): 492-516.
- [17] RAMALINGAM SS, VANSTEENKISTE J, PLANCHARD D, et al. Overall survival with osimertinib in untreated, EGFR-mutated advanced NSCLC[J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(1): 41-50.
- [18] GOLDBERG SB, SCHALPER KA, GETTINGER SN, et al. Pembrolizumab for management of patients with NSCLC and brain metastases: long-term results and biomarker analysis from a non-randomised, open-label, phase 2 trial[J]. *Lancet Oncol*, 2020, 21(5): 655-663.
- [19] SIEGEL RL, GIAQUINTO AN, JEMAL A. Cancer statistics,

- 2024[J]. *CA Cancer J Clin*, 2024, 74(1): 12-49.
- [20] LE RHUN E, GUCKENBERGER M, SMITS M, et al. EANO-ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up of patients with brain metastasis from solid tumours[J]. *Ann Oncol*, 2021, 32(11): 1332-1347.
- [21] SHAW AT, BAUER TM, DE MARINIS F, et al. First-line lorlatinib or crizotinib in advanced ALK-positive lung cancer[J]. *N Engl J Med*, 2020, 383(21): 2018-2029.
- [22] YANG JCH, KIM SW, KIM DW, et al. Osimertinib in patients with epidermal growth factor receptor mutation-positive non-small-cell lung cancer and leptomeningeal metastases: the BLOOM study[J]. *J Clin Oncol*, 2020, 38(6): 538-547.
- [23] SUH JH, KOTECHE R, CHAO ST, et al. Current approaches to the management of brain metastases[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2020, 17(5): 279-299.
- [24] ZHAO ZH, CHEN Y, SUN T, et al. Nanomaterials for brain metastasis[J]. *J Control Release*, 2024, 365: 833-847.
- [25] 李智勇, 陈政纲, 彭俊. G蛋白偶联受体30在大鼠蛛网膜下腔出血后对神经炎症和血脑屏障破坏的影响[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2024, 51(2): 29-34.
- [26] MANSOURI A, OZAI R, BHANJA D, et al. Stereotactic radiosurgery for patients with brain metastases: current principles, expanding indications and opportunities for multidisciplinary care[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2025, 22(5): 327-347.
- [27] MURPHY ES, SAHGAL A, REGIS J, et al. Pediatric cranial stereotactic radiosurgery: meta-analysis and international stereotactic radiosurgery society practice guidelines[J]. *Neuro Oncol*, 2025, 27(2): 517-532.
- [28] GILLESPIE CS, MUSTAFA MA, RICHARDSON GE, et al. Genomic alterations and the incidence of brain metastases in advanced and metastatic NSCLC: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Thorac Oncol*, 2023, 18(12): 1703-1713.
- [29] MALHOTRA J, MAMBETSARIEV I, GILMORE G, et al. Targeting CNS metastases in non-small cell lung cancer with evolving approaches using molecular markers: a review[J]. *JAMA Oncol*, 2025, 11(1): 60-69.
- [30] CHENG VWT, HEYWOOD R, ZAKARIA R, et al. BMScope: a scoping review to chart the evolving clinical study landscape in brain and leptomeningeal metastasis[J]. *Neuro Oncol*, 2024, 26(12): 2193-2207.
- [31] GONZALES-ALOY E, AHMED-COX A, TSOLI M, et al. From cells to organoids: the evolution of blood-brain barrier technology for modelling drug delivery in brain cancer[J]. *Adv Drug Deliv Rev*, 2023, 196: 114777.
- [32] ZHANG Z, JIN XY, YIN Q, et al. Cyst fluid ctDNA as a biomarker for genetic profiling and treatment monitoring in cystic brain metastases[J]. *Br J Cancer*, 2025, 133(3): 325-336.
- [33] KOTECHE R, LA ROSA A, BROWN PD, et al. Multidisciplinary management strategies for recurrent brain metastasis after prior radiotherapy: an overview[J]. *Neuro Oncol*, 2025, 27(3): 597-615.
- [34] 段和新, 田文韬, 肖刚, 等. 2021年恶性肿瘤脑转移研究现状和热点分析——基于CiteSpace可视化文献计量学研究[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2022, 49(2): 38-47.

责任编辑:王荣兵