

2024 年中国脑胶质瘤诊断与治疗发展与创新

杨学军 师炜 张恺

【摘要】 2024 年中国脑胶质瘤的临床诊疗与研究领域取得了显著进展,涵盖基础研究、诊断技术、手术技术、靶向治疗、免疫治疗及综合管理等多方面,展示了我国在基础研究成果转化为临床应用方面的创新能力,推动了胶质瘤治疗向精准化和智能化发展。重要成果包括各学术组织在胶质瘤研究和临床实践中发挥关键作用,尤其是国家神经疾病医学中心脑胶质瘤 MDT 专科联盟的成立,整合资源,促进多学科合作,推动知识共享和临床转化;用于具有 *PTPRZ1-MET* 融合基因胶质瘤的间质上皮转化因子抑制剂的新靶向治疗获批上市;人工智能在胶质瘤研究中的应用;快速术中分子诊断技术的进展及基于人工智能的影像学分析与规律间隔成簇短回文重复序列快速检测的结合,将为胶质瘤的精准诊疗带来革命性变革。

【关键词】 神经胶质瘤; 精准医学; 人工智能; 综述

Diagnosis and treatment development and innovations of glioma in China 2024

YANG Xue-jun, SHI Wei, ZHANG Kai

Department of Neurosurgery, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua Medicine, Tsinghua University, Beijing 102218, China

Corresponding author: YANG Xue-jun (Email: ydenny@126.com)

【Abstract】 In 2024, significant advancements were made in the diagnosis, treatment, and research of glioma in China, reflecting a comprehensive innovation in basic research, diagnostic technologies, surgical techniques, targeted therapies, immunotherapies, and integrated management. This development showcases China's increasing capabilities in translating basic research into clinical applications, advancing the precision and intelligence of glioma care. Key achievements include the major academic organizations had played pivotal roles in glioma research and clinical practice. Notably, the establishment of the Glioma MDT Specialist Alliance under the National Center for Neurological Disorders had enhanced resource integration, promoted multidisciplinary collaboration, and accelerated knowledge sharing and clinical translation. The approval of mesenchymal-epithelial transition (MET) inhibitors for glioma harboring the *PTPRZ1-MET* fusion gene marked a milestone in precision oncology. Artificial intelligence (AI) has been widely adopted in glioma research. Breakthroughs in rapid intraoperative molecular diagnostics, combined with AI-powered imaging analysis and clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR), were poised to revolutionize precision diagnosis and treatment. These developments underscore China's growing leadership in integrating cutting-edge technologies to address complex challenges in neuro-oncology.

【Key words】 Glioma; Precision medicine; Artificial intelligence; Review

This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 82373151), and Beijing Natural Science Foundation (No. 7232228).

Conflicts of interest: none declared

回顾 2024 年,中国脑胶质瘤临床诊疗及研究领域取得了一系列发展,体现在基础研究、诊断技术、手术技术、靶向治疗、免疫治疗及综合管理等多方

面。通过持续强化学科建设、技术创新和体系优化,展现了从基础研究到临床转化的全链条创新能力。我国胶质瘤的诊疗已逐步迈入精准化、智能化发展阶段。

中国胶质瘤事业的发展有赖于全体同道的共同努力和奋斗,国内各相关学术组织在胶质瘤研究和临床实践中扮演关键角色,通过整合资源、推动多学科合作、促进知识共享和临床转化,显著推动

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2025.03.001

基金项目:国家自然科学基金资助项目(项目编号:82373151);
北京市自然科学基金资助项目(项目编号:7232228)

作者单位:102218 清华大学附属北京清华长庚医院神经外科

通讯作者:杨学军,Email:ydenny@126.com

该领域的发展,包括中华医学会、中国医师协会、中国抗癌协会、中国脑胶质瘤协作组、中国医药教育协会、中国医疗保健国际交流促进会、欧美同学会医师协会、中国医学装备协会等。秉承传承与创新、和谐与发展的理念,2024 年多个学术团体顺利完成组织建设和换届改选。中国抗癌协会目前设有神经肿瘤专业委员会、脑胶质瘤专业委员会、中西整合脑胶质瘤专业委员会、肿瘤神经病学专业委员会、神经肿瘤整合护理专业委员会共 5 个专业委员会,在樊代明理事长的领导下坚持“整合医学”的核心理念,通过“合纵连横”战略推动我国肿瘤防治体系升级,纵向整合单瘤种全链条资源、横向打通共性诊疗技术。2024 年 7 月,5 个专业委员会共同组成整合神经肿瘤工作委员会,理事长樊代明院士和首都医科大学附属北京天坛医院江涛院士参加了在河南省郑州市举行的成立大会,樊代明院士任主任委员、辽宁省肿瘤医院朴浩哲教授任执行主任委员;同期,中国抗癌协会神经肿瘤专业委员会完成换届,清华大学附属北京清华长庚医院杨学军教授任第七届主任委员;2024 年 11 月,中国抗癌协会脑胶质瘤专业委员会在陕西省西安市完成换届,中山大学肿瘤防治中心牟永告教授任第三届主任委员。2024 年 5 月,第六届中国脑胶质瘤学术大会在四川省成都市成功举办,会议期间完成中国脑胶质瘤协作组换届,首都医科大学附属北京天坛医院邱晓光教授任第六届组长;为更好地展示新一代中国脑胶质瘤医师的风采、促进中国脑胶质瘤事业的传承与发展、弘扬脑胶质瘤医师的诊疗规范与科研创新精神,首都医科大学附属北京天坛医院王引言等 20 位杰出青年医师入围脑胶质瘤青年科学家。国家神经疾病医学中心脑胶质瘤 MDT 专科联盟成立于 2021 年 10 月,首任理事长为复旦大学附属华山医院毛颖教授,联盟成立后整合胶质瘤的全国力量,组织了多场学术活动,取得了大量学术成果;2024 年 7 月,江涛院士接任第二届理事长,与毛颖教授共同点燃火炬塔,寓意着脑胶质瘤 MDT 专科联盟将日益壮大,在胶质瘤诊断与治疗领域带领全国同道一起攻坚克难,取得卓越成就。为进一步完善国家神经系统疾病医疗质量管理体系,充分发挥医疗质量控制组织作用,推动医疗质量控制工作专业化、精准化,2024 年国家神经系统疾病医疗质量控制中心批准成立脑胶质瘤专病组,江涛院士任组长,杨学军教授和首都医科大学附属北京天坛医院

张伟教授任副组长,包含 45 位医疗质量控制专家,共同承担如下职责:(1)制定和完善胶质瘤的诊疗质量控制工作规范,进一步优化胶质瘤的诊疗流程,提升医疗服务质量。(2)建立一套全面、科学的质量控制指标体系,确保胶质瘤诊疗质量的全面提升。(3)强化胶质瘤领域的质量安全管理、人才队伍建设,确保医疗服务的高标准与高质量。(4)负责开展全国胶质瘤医疗质量监测,定期发布全国胶质瘤服务与质量安全报告。(5)胶质瘤医疗服务与质量安全监测结果将作为专病组年度考核、评估的重要内容。专病组制定的《脑胶质瘤医疗质量控制指标(2024 版)》已发表于 2025 年《中华神经外科杂志》第 2 期^[1]。

“脑胶质瘤规范化整合诊疗示范建设单位”项目旨在通过高质量、规范化胶质瘤诊疗单位的示范作用,区域性地逐层、逐级推进胶质瘤的规范化诊疗和质量控制建设。“脑胶质瘤规范化整合诊疗示范建设单位”需在胶质瘤影像学诊断、术前管理、手术治疗、术后管理、病理诊断、术后综合治疗、患者教育等方面表现优秀,并在胶质瘤诊疗平台建设、基础与临床研究、临床转化等方面取得一定成就。历经 2 年全国巡查考核,2024 年 7 月公布了全国首批 25 家“脑胶质瘤规范化整合诊疗示范建设单位”。这些示范医院将充分发挥胶质瘤规范化整合诊疗的区域性促进作用,同时也是潜在的医疗质量控制哨点医院,为推动胶质瘤诊疗水平的进一步提高贡献力量。

2024 年发表、更新并推广了众多胶质瘤诊疗指南或专家共识,包括《中国抗癌协会脑胶质瘤整合诊疗指南(2024 版)》^[2]、《胶质瘤多学科诊疗模式管理中国专家共识(第 2 版)》^[3]、《中国儿童低级别胶质瘤诊疗指南(2024 版)》^[4]、《中国儿童高级别胶质瘤诊疗指南(2024 版)》^[5]、《胶质瘤化疗中国专家共识》^[6]和《脑胶质瘤中西医结合临床诊疗专家共识(上海)》^[7]。

胶质瘤临床诊疗和研究领域也取得多项成果,本文仅撷取部分新型诊疗模式、具有转化价值的高水平研究及人工智能应用成果进行概述。(1)靶向治疗和免疫治疗方面:2024 年 4 月,国家药品监督管理局(NMPA)批准伯瑞替尼用于既往治疗失败的具有 *PTPRZ1-MET* 融合基因的 *IDH* 突变型星形细胞瘤(WHO 4 级)或既往有低级别胶质瘤病史的胶质母细胞瘤成人患者,成为首个获批用于 *MET* 融合胶质

瘤的间质上皮转化因子(MET)抑制剂;与此同时,伯瑞替尼被包括《中国抗癌协会脑胶质瘤整合诊治指南(2024版)》^[2]在内的多个指南和专家共识推荐。2024年美国临床肿瘤学会(ASCO)年会上,江涛院士团队报告伯瑞替尼Ⅱ期和Ⅲ期临床试验结果,伯瑞替尼可将具有PTPRZ1-MET融合基因的继发性胶质母细胞瘤患者中位生存期由3.38个月延长至6.31个月,死亡风险降低48%(尚未发表)。2024年8月,Vorasidenib桥接研究正式启动,该项研究由江涛院士牵头,首都医科大学附属北京天坛医院任组长单位,是一项全国多中心Ⅲ期随机对照试验。首都医科大学三博脑科医院张宏伟教授团队关于新型溶瘤病毒Ad-TD-nsIL12的最新成果在2024年美国临床肿瘤学会年会上进行交流,并发表于*Nat Commun*^[8]。2024年欧洲肿瘤内科学会(ESMO)年会上,苏州大学附属独墅湖医院黄煜伦教授团队报告同种异体B7H3靶向CAR-γδT细胞(QH104)治疗复发性胶质母细胞瘤的初步结果,QH104局部给药的7例患者客观有效率为3/7,疾病控制率达7/7(尚未发表)。复旦大学基础医学院药理学系、教育部/卫健委/中国医学科学院医学分子病毒学重点实验室、上海市病原微生物与感染前沿科学研究基地束敏峰研究员团队在*Cell Rep*发表论文,溶瘤病毒单纯疱疹病毒1型(HSV-1)感染早期通过病毒即早蛋白ICP0直接降解胶质瘤细胞中METTL14蛋白,抑制ISG15驱动的宿主抗病毒作用,从而增强HSV-1的溶瘤活性,为胶质瘤的治疗提供一种潜在策略^[9]。(2)分子分型与精准诊断方面:国家神经疾病医学中心、复旦大学附属华山医院毛颖教授和花玮教授团队与清华大学精密仪器系欧阳证教授团队、美国普渡大学Graham Cooks教授团队和梅奥诊所Alfredo Quinones-Hinojosa教授团队合作,成功构建完整的胶质瘤IDH突变术中诊断流程,并将全流程检测时间缩短至1.5 min,为术中快速明确肿瘤类型、平衡肿瘤切除率与神经功能保护、判断手术边界等提供重要依据,并将这一成果发表于*Proc Natl Acad Sci USA*^[10]。山东大学齐鲁医院李刚教授和薛皓教授团队在*Ann Clin Transl Neurol*发表研究成果,他们利用前期自主研发的自动集成基因检测系统(AIGS)床旁检测胶质瘤患者IDH和TERTp突变状态,实现术中精准诊断胶质瘤亚型并指导手术切除,从而提高肿瘤全切除率,改善预后^[11],并初步应用于临床^[12];该团队还命名了超早期低级别胶质瘤

(UES-LGG),并制定诊断标准和操作流程,这一成果发表于*CNS Neurosci Ther*^[13]。(3)具有重要临床转化价值研究方面:陆军军医大学卞修武院士团队的研究成果发表于*Cancer Cell*,系统揭示恶性胶质瘤外周血单核细胞来源肿瘤相关巨噬细胞(Mo-TAM)转录表型和空间分布异质性特征,并鉴定出缺氧坏死微环境内富集的肿瘤相关巨噬细胞缺氧亚群(Hypoxia-TAM),阐明靶向Hypoxia-TAM可能是一种有效治疗策略,通过使肿瘤血管正常化,提高药物递送效率和疗效^[14]。北京脑科学与类脑研究所陈坚研究员团队通过对患者来源的胶质瘤细胞系进行全面的多组学和药理学特征分析,发现不同患者来源的胶质瘤细胞具有不同的药物反应,为胶质母细胞瘤的个性化治疗和药物研发提供重要依据,这一成果发表于*Nat Commun*^[15]。毛颖教授团队将二氢嘧啶脱氢酶(DPYD)和胸苷磷酸化酶(TYMP)作为与核苷酸代谢重编程相关的潜在预后生物学标志物,有望成为胶质瘤治疗的新靶点,这一成果同样发表于*Nat Commun*^[16]。(4)人工智能赋能胶质瘤研究方面:武汉大学中南医院李志强教授团队在*NPJ Precis Oncol*发表研究成果,提出一种MRI人工智能预测与规律间隔成簇短回文重复序列(CRISPR)快速检测的结合系统,可快速、准确判断IDH突变状态,基于影像的人工智能预测模型可识别肿瘤浸润程度,确保CRISPR快速检测的准确性和稳定性,二者结合系统可用于指导胶质瘤手术切除和放射治疗,改善患者预后^[17]。中南大学基础医学院胡忠良教授团队与清华大学自动化系江瑞教授团队合作共同在*Nat Mach Intell*发表论文,提出一种精准病理诊断人工智能基础模型ROAM,用于胶质瘤的临床诊断和分子标志物发现,并可拓展至其他类型肿瘤的病理诊断中^[18]。复旦大学附属华山医院姚瑜教授与上海中医药大学汤恣博士、赛箔(上海)生物科技有限公司技术团队和美国多所高校合作研发出生物3D打印和人工智能算法的胶质瘤微环境研究及药物筛选新方法,并将这一成果发表于*Cell Discov*^[19]。

2024年中国胶质瘤诊疗和研究领域取得了显著进展,这些成果反映了我国在胶质瘤基础研究、诊断技术、手术技术、靶向治疗、免疫治疗和综合管理等的全面创新。通过加强学科建设、技术创新和体系优化,我国的胶质瘤诊疗正朝着精准化、智能化方向发展。未来,中国的胶质瘤事业将继续深化

基础与临床融合、普及技术应用、加强国际合作、鼓励医企联合,以临床需求为导向,将科研成果转化为患者生存获益,进一步提高胶质瘤的诊疗水平。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Brain Glioma Group, China National Center for Neurological Disease Medical Quality Control. Brain glioma medical quality control indicators (2024 edition)[J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2025, 41:112-114.[国家神经系统疾病医疗质量控制中心脑胶质瘤专病组.脑胶质瘤医疗质量控制指标(2024版)[J].中华神经外科杂志, 2025, 41:112-114.]
- [2] Jiang T, Ma WB. Glioma[M]//Fan DM. CACA guidelines for holistic integrative management of cancer. Tianjin: Tianjin Science and Technology Publishing House, 2024: 1-60.[江涛, 马文斌.脑胶质瘤[M]//樊代明.中国肿瘤整合诊治指南(CACA).天津:天津科学技术出版社, 2024: 1-60.]
- [3] Wu J, Zhou Z, Wu Z, Tang Z, Li M, Yin S, Luo X, Wang L, Chen Y, Zhao G, Jiang T, Mao Y; National Glioma MDT Alliance of National Center for Neurological Diseases. Consensus of Chinese experts on glioma multidisciplinary team management (2nd edition)[J]. Chin Med J (Engl), 2024, 137: 1267-1270.
- [4] Pediatric Neurosurgery Group, Neurosurgery Branch, Chinese Medical Association. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of low-grade gliomas in children (2024 edition)[J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2024, 40:774-784.[中华医学会神经外科学分会小儿神经外科学组.中国儿童低级别胶质瘤诊疗指南(2024版)[J].中华神经外科杂志, 2024, 40:774-784.]
- [5] Pediatric Neurosurgery Group, Neurosurgery Branch, Chinese Medical Association. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of high-grade gliomas in children (2024 edition)[J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2024, 40:869-879.[中华医学会神经外科学分会小儿神经外科学组.中国儿童高级别胶质瘤诊疗指南(2024版)[J].中华神经外科杂志, 2024, 40:869-879.]
- [6] Chinese Society of Neuro-oncology. Chinese experts consensus on chemotherapy for glioma[J]. Zhongguo Shen Jing Jing Shen Ji Bing Za Zhi, 2024, 50:449-462.[中国抗癌协会神经肿瘤专业委员会.胶质瘤化疗中国专家共识[J].中国神经精神疾病杂志, 2024, 50:449-462.]
- [7] Neurosurgery Professional Committee of Shanghai Association of Chinese Integrative Medicine; Writing Group of "Expert Consensus on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Clinical Diagnosis and Treatment of Brain Glioma (Shanghai)". Expert consensus on integrated traditional Chinese and western medicine clinical diagnosis and treatment of brain glioma (Shanghai)[J]. Shanghai Zhong Yi Yao Da Xue Xue Bao, 2023, 37:1-10.[上海市中西医结合学会神经外科专业委员会,“脑胶质瘤中西医结合临床诊疗专家共识(上海)”写作组.脑胶质瘤中西医结合临床诊疗专家共识(上海)[J].上海中医药大学学报, 2023, 37:1-10.]
- [8] Ning W, Qian X, Dunmall LC, Liu F, Guo Y, Li S, Song D, Liu D, Ma L, Qu Y, Wang H, Gu C, Zhang M, Wang Y, Wang S, Zhang H. Non-secreting IL12 expressing oncolytic adenovirus Ad-TD-nsIL12 in recurrent high-grade glioma: a phase I trial [J]. Nat Commun, 2024, 15:9299.
- [9] Chen Y, Bian S, Zhang J, Luan Y, Yin B, Dai W, Wang H, Chen X, Dong Y, Cai Y, Dong R, Yu L, Shu M. HSV-1-induced N6 - methyladenosine reprogramming via ICP0 - mediated suppression of METTL14 potentiates oncolytic activity in glioma [J]. Cell Rep, 2024, 43:114756.
- [10] Hua W, Zhang W, Brown H, Wu J, Fang X, Shahi M, Chen R, Zhang H, Jiao B, Wang N, Xu H, Fu M, Wang X, Zhang J, Zhang X, Wang Q, Zhu W, Ye D, Garcia DM, Chaichana K, Cooks RG, Ouyang Z, Mao Y, Quinones - Hinojosa A. Rapid detection of IDH mutations in gliomas by intraoperative mass spectrometry [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2024, 121: e2318843121.
- [11] Li J, Han Z, Ma C, Chi H, Jia D, Zhang K, Feng Z, Han B, Qi M, Li G, Li X, Xue H. Intraoperative rapid molecular diagnosis aids glioma subtyping and guides precise surgical resection[J]. Ann Clin Transl Neurol, 2024, 11:2176-2187.
- [12] Han Z, Li G, Xue H. The application of intraoperative molecular diagnosis in glioma surgery [J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2025, 25:187-192.[韩哲, 李刚, 薛浩.术中分子诊断在胶质瘤手术中的应用初探[J].中国现代神经疾病杂志, 2025, 25:187-192.]
- [13] Han Z, Wang Q, Li J, Chi H, Ma C, Jia D, Qi M, Li X, Zhang K, Feng Z, Xue H, Li G. Ultra-early stage lower-grade gliomas: how can we define and differentiate these easily misdiagnosed gliomas through intraoperative molecular diagnosis [J]. CNS Neurosci Ther, 2024, 30:e70044.
- [14] Wang W, Li T, Cheng Y, Li F, Qi S, Mao M, Wu J, Liu Q, Zhang X, Li X, Zhang L, Qi H, Yang L, Yang K, He Z, Ding S, Qin Z, Yang Y, Yang X, Luo C, Guo Y, Wang C, Liu X, Zhou L, Liu Y, Kong W, Miao J, Ye S, Luo M, An L, Wang L, Che L, Niu Q, Ma Q, Zhang X, Zhang Z, Hu R, Feng H, Ping YF, Bian XW, Shi Y. Identification of hypoxic macrophages in glioblastoma with therapeutic potential for vasculature normalization[J]. Cancer Cell, 2024, 42:815-832.
- [15] Wu M, Wang T, Ji N, Lu T, Yuan R, Wu L, Zhang J, Li M, Cao P, Zhao J, Li G, Li J, Li Y, Tang Y, Gao Z, Wang X, Cheng W, Ge M, Cui G, Li R, Wu A, You Y, Zhang W, Wang Q, Chen J. Multi-omics and pharmacological characterization of patient-derived glioma cell lines[J]. Nat Commun, 2024, 15:6740.
- [16] Zhang J, Sun R, Lyu Y, Liu C, Liu Y, Feng Y, Fu M, Wong PJ, Du Z, Qiu T, Zhang Y, Zhuang D, Qin Z, Yao Y, Zhu W, Guo T, Hua W, Yang H, Mao Y. Proteomic profiling of gliomas unveils immune and metabolism - driven subtypes with implications for anti - nucleotide metabolism therapy [J]. Nat Commun, 2024, 15:10005.
- [17] Yu D, Zhong Q, Xiao Y, Feng Z, Tang F, Feng S, Cai Y, Gao Y, Lan T, Li M, Yu F, Wang Z, Gao X, Li Z. Combination of MRI-based prediction and CRISPR/Cas12a-based detection for IDH genotyping in glioma[J]. NPJ Precis Oncol, 2024, 8:140.
- [18] Jiang R, Yin X, Yang P, Cheng L, Hu J, Yang J, Wang Y, Fu X, Shang L, Li L, Lin W, Zhou H, Chen F, Zhang X, Hu Z, Lv H. A transformer - based weakly supervised computational pathology method for clinical - grade diagnosis and molecular marker discovery of gliomas[J]. Nat Mach Intell, 2024, 6:876-891.
- [19] Tang M, Jiang S, Huang X, Ji C, Gu Y, Qi Y, Xiang Y, Yao E, Zhang N, Berman E, Yu D, Qu Y, Liu L, Berry D, Yao Y. Integration of 3D bioprinting and multi - algorithm machine learning identified glioma susceptibilities and microenvironment characteristics[J]. Cell Discov, 2024, 10:39.

(收稿日期:2025-03-15)

(本文编辑:彭一帆)