

MR 分子成像在肿瘤诊断中的研究新发展

张传栋

广东省英德市人民医院 广东英德

【摘要】 光学成像技术借助特异性载送荧光物质至生物体内的特定部位，实现精准标记，进而利用荧光激发过程生成图像。MR 分子成像技术，借助组织内特定受体或配体作为成像焦点，结合专有的分子探针，不仅可在细胞级别进行观察，更能够深入至分子层次，揭示生物体内复杂的生命活动与疾病演变过程。它能够在基因层面探究其活性与代谢模式，既提供定性的解析又实现定量的评估，这为理解疾病的起源、进展机理以及设计个性化临床治疗方案，带来了无与伦比的精准生物医学与影像学数据支持。本文旨在全面审视并深入分析 MR 分子成像技术在肿瘤诊断领域的研究动态。

【关键词】 MR 分子成像；肿瘤诊断；研究；发展

【收稿日期】 2024 年 7 月 18 日 **【出刊日期】** 2024 年 8 月 22 日 **【DOI】** 10.12208/j.ijcr.20240310

New development of MR molecular imaging in tumor diagnosis

Chuandong Zhang

Guangdong Yingde People's Hospital, Yingde, Guangdong

【Abstract】 Optical imaging technology utilizes specific delivery of fluorescent substances to specific parts of the body, achieving precise labeling and generating images through fluorescence excitation processes. MR molecular imaging technology, using specific receptors or ligands within tissues as imaging focuses, combined with proprietary molecular probes, can not only observe at the cellular level, but also delve into the molecular level, revealing complex life activities and disease evolution processes in organisms. It can explore its activity and metabolic patterns at the genetic level, providing both qualitative analysis and quantitative evaluation, which brings unparalleled precision biomedical and imaging data support for understanding the origin and progression mechanisms of diseases and designing personalized clinical treatment plans. This article aims to comprehensively examine and deeply analyze the research trends of MR molecular imaging technology in the field of tumor diagnosis.

【Keywords】 MR molecular imaging; Tumor diagnosis; Research; Development

随着基因组学、分子检测技术的迅速进步，已彻底重塑肿瘤的分类与诊断领域，实现了前所未有的高度精确性和效率^[1]。整合组织学与分子信息以实现综合诊断方法，显著提升了临床医生在病理学层面的精确指导，从而推动了患者个性化治疗方案与预后评估的优化^[2]。光学成像技术在临床实践中显露出巨大的发展前景，尤其是在借助荧光信号导航执行各类繁复的外科手术时，展现出明显的优势。然而，此项技术所面临的重大挑战之一即在于其相对不足的组织穿透能力，这一特性极大地制约了其在深度组织成像领域的应用潜力，进而使得获取深层结构的精细图像变得较为困难。同时，这一创新路径也带来了多重挑战：首先，如何在

保持诊断准确性的同时，有效管理诊断过程的复杂性，成为亟待解决的关键问题；其次，高度依赖于尖端技术和设备的需求，不仅要求医疗系统具备相应的硬件支持，还对专业人才的培养提出了更高要求；最后，成本控制也是一个不容忽视的因素，如何在保证高质量服务的前提下，降低整体医疗成本，确保资源的有效利用与公平分配，是当前面临的重要课题。面对这些挑战，需要跨学科合作，整合政策、技术创新与实践应用，以期实现综合诊断方法的可持续发展与广泛普及^[3]。在当前的分子影像技术领域，核医学影像凭借其卓越的敏感性和精确度，占据着核心地位，并已在全球范围内广泛应用于临床实践，特别是在葡萄糖代谢和受体显像

方面,其研究成果显著,为疾病的精准诊断与有效治疗提供了坚实的技术支撑与科学依据^[4]。本文将对 mr 分子成像内容进行分析梳理探究其在肿瘤诊断领域的研究与应用动态。

1 MR 分子成像概述

1.1 靶点分子成像技术主要关注在特定生理或病理状态下,高度特异或过量表达的生物分子,包括但不限于肽类、受体、专一性酶和抗原等关键靶点,以此来实现疾病的精确诊断与治疗定位。肿瘤靶点涵盖但不限于肿瘤细胞、肿瘤血管与间质细胞,其在癌症的治疗策略中扮演着核心角色。

1.2 分子探针,作为精准医学与诊断技术的关键工具,是由具备目标识别功能的物质(例如,配体、抗体等)与能够生成成像信号的物质(包括放射性同位素、荧光染料或是顺磁性原子)通过特定的化学或生物工艺结合而成的复合体系。设计与应用时,应着重考虑以下核心特性:(1)生物兼容性:分子探针应展现出与人体组织及生理条件的和谐共生特质,确保在循环体内的过程不会触发免疫反应或产生任何不利的生物作用。(2)微量标记:在探针设计中,核心载体的标记物必须极其微量,旨在最小化对生物体正常生理过程的干扰,确保使用的安全性和高效性。同时,这种微量标记物需具备足够高的敏感度与特异性,以实现精确的探测与识别目标分子。(3)突破生物壁垒:为了实现精确的目标定位,分子探针需拥有穿越包括但不限于血-脑屏障、血管内皮层以及细胞膜等生物壁垒的能力,以确保与目标靶点分子的高效连接。(4)高度特异性结合:分子探针的核心能力在于其能以极高的敏感度与特定目标分子形成精确的结合,此特性对于实现精准诊断与治疗极为关键。它能大幅度提升检测精度,有效降低假阳性率,确保临床应用的可靠性与有效性。借助其独特的综合特性,分子探针不仅显著增强了疾病早期诊断的能力,成为了这一领域的强大武器,而且还为个性化医疗和精准治疗方案的创新与实施铺平了道路^[5]。

1.3 研究聚焦于利用磁共振成像技术探索分子水平的生物过程

1.3.1 细胞标记的磁共振成像(MRI)技术在干细胞、祖细胞及巨噬细胞的研究领域发挥着核心作用。这项技术依赖于高效对比剂的使用,其中超顺磁性氧化铁(SPIO)是首选,因其出色的性能能显著提高图像对比度。近年来,Gd³⁺类对比剂的应用也在不断增加,不仅能够精确标记细胞,还能通过 MRI 成像技术实时

追踪这些细胞在体内的动态分布,为科学家们提供了深入理解细胞行为和生理过程的新视角。

1.3.2 肿瘤特异性的成像技术,特别是借助磁共振(MRI)的分子成像,极大地增强了癌症的无创诊断水平。这项技术不仅能够精确勾勒出肿瘤的细微特征,而且支持基于图像的介入治疗,并能准确量化药物治疗的效果。这为精准医学的发展提供了坚实的基础和强大的动力^[6]。非侵入式的高灵敏度肿瘤成像技术在准确辨识癌症及评估其侵略性特性方面扮演着极其关键的角色。

2 MR 分子成像在肿瘤诊断中的应用

2.1 肝癌

原发性肝癌,一种对人类健康的严峻挑战,不仅在全球恶性肿瘤中排名前五,更是造成癌症相关死亡的重要原因之一。肝癌早期易发生转移、治疗后存在较高复发概率的特性,强调了利用分子影像学技术深入探究肝癌机理的必要性和紧迫性。Huang 等人集中研究了血管内皮生长因子作为治疗策略的关键靶点,创造性地将 VEGF 抗体与聚乳酸-聚乙二醇-聚己内酯复合材料相结合,并进一步封装了钆(Gd)。这一创新技术不仅提高了诊断的精确度和效率,还为靶向治疗提供了新的途径。此探测器目标明确,专注于精确辨识并整合肝癌 HepG2 细胞内部的 VEGF 受体,以此达到对肿瘤部位的专属性显像。将 anti-VEGF 功能整合至分子探针的设计中,不仅为早期肝癌的诊断开辟了具有巨大潜力的新途径,而且其在体内保持较长的显像时间特性,为临床应用提供了切实可行的策略,有望在提高诊断效率和增强准确性方面带来革命性的进步。

2.2 前列腺癌

这是一种在男性群体中相对普遍的恶性肿瘤类型。当前,应用于前列腺癌磁共振分子影像的靶标主要包括:前列腺特异性膜抗原、前列腺干细胞抗原与纤维连接蛋白。这些靶点在前列腺癌的初期识别、疗法监控与预后后续发展过程中扮演着核心角色^[7]。通过专门标记这些分子,科研人员能更精确地辨识出肿瘤区域,显著增强影像学检查的敏感度与专属性,以此为前列腺癌患者制定出更为精确的治疗策略。实验数据表明,在前列腺特异性膜抗原高度表达的细胞 PC3 中,使用 Gd³⁺-PSMA 检测时展现出显著增强的信号强度,与此相对比,前列腺特异性膜抗原表达水平较低的 LNCaP 细胞则显示出较弱的信号响应。这一发现清晰地揭示了前列腺特异性膜抗原表达量与其信号反应之间存在直接的正相关性,从而为基于前列腺特异性膜抗原的

前列腺癌的诊断和治疗策略提供了关键的分子生物学基础。精准的信号对比显著提升了前列腺特异性膜抗原在肿瘤学领域的诊断效能与应用价值^[8]。这一发现清晰地揭示了前列腺特异性膜抗原表达量与其信号反应之间存在直接的正相关性，从而为基于前列腺特异性膜抗原的前列腺癌的诊断和治疗策略提供了关键的分子生物学基础。在磁共振成像过程中，肿瘤区域的信号强度明显高于其周围的正常组织，这一特点大幅提高了磁共振图像的检测效率，并显著增强了诊断的精确度。

2.3 脑胶质瘤

它是最常见的颅内恶性肿瘤类型，尽管其影像特征存在一定的非特异性，这往往使得不典型脑胶质瘤容易被误判为脱髓鞘病变、颅内感染或其他中枢神经系统疾病，尤其是在采用 MRI 进行诊断时，这类混淆情况更为常见^[9]。鉴于当前医疗科技领域的快速发展态势，深入研究并推行一种更加高效且精确的靶向显影技术变得至关重要。Xu 等人创造性地设计了一种新颖的分子探针——NP-PEG-CTX，该探针融合了微小尺度的超顺磁性氧化铁颗粒。他们将此探针应用于胶质瘤的小鼠模型中，以探索其在生物医学成像和治疗中的潜力。在对比实验中，仅采用了超顺磁性氧化铁颗粒作为对照试剂。通过测量小鼠脑部组织的 T2 值来进行磁共振成像（MRI）分析，研究结果呈现出了明显的差异性^[10]。在实验中，使用了名为 NP-PEG-CTX 的分子探针的组别显示出显著的增强效果，与之相比，对照组仅使用 USPIO 的情况下的增强效果则明显不足。这一发现不仅证实该分子探针在提高 MRI 图像对比度方面的高效性，同时也为未来开发更精准、特异性强的生物医学成像技术提供了重要依据。此发现强有力地验证了 NP-PEG-CTX 分子探针在增强胶质瘤的 MRI 成像方面的显著效能，由此为胶质瘤的精确诊断开拓了创新的可能性。

3 结语

基于此，伴随着科技的持续创新与精准医学的迅猛发展，肿瘤的综合诊断——将组织学特征与分子数据融合应用——不仅为临床病理学诊断领域带来了前所未有的挑战，同时也开启了全新的发展机遇，促进了诊断技术的革命性飞跃。这一进展不仅可能实现对肿瘤更加精准、个性化的识别与治疗，而且有望显著提升患者的预后效果与生活质量。因此，我们应高度关注并珍视 MR 分子成像在肿瘤诊断领域的价值与面临的挑

战，致力于将这一技术与临床数据、组织学信息、免疫组化表现和分子层面的特性等多方面资料融合，以此来实现更为精确和全面的病理综合诊断。

参考文献

- [1] 梁泓中,郭睿,肖运平.增强 T2 FLAIR 序列在颅内肿瘤影像诊断中的研究进展[J].磁共振成像,2024,15(4):207-213.
- [2] 陈玉凤(综述),唐奇,冯振卿(审校).MAGE-A1 在肿瘤诊断及免疫治疗中的研究进展[J].河北医科大学学报,2024,45(5):615-620F0003.
- [3] 程鹏.动态增强磁共振成像(DCE-MRI)及弥散加权成像(DWI)在乳腺肿瘤良恶性诊断及乳腺癌化疗效果评估中的作用评价[J].航空航天医学杂志,2024,35(4):417-419.
- [4] 张连军,魏春雷,戴振强.彩色多普勒超声与磁共振成像在胎盘植入产前诊断中的应用价值研究[J].影像研究与医学应用,2024,8(8):147-149.
- [5] 赵艳红,张晓文,张涛,杨春华,朱蓉蓉,哈若水.MRI 定量磁化率成像(QSM)在帕金森病诊断中的应用研究[J].影像研究与医学应用,2024,8(10):16-19.
- [6] 陈前顺,黄椰,林育瑜,林兴,徐驯宇.新型肿瘤标志物 piRNA 早期诊断非小细胞肺癌的研究进展[J].吉林医学,2024,45(7):1717-1719.
- [7] 闵祥德,王良,冯朝燕,等.前列腺癌磁共振分子影像学研究进展.中国医学影像技术,2016,32(11):1769-1772.
- [8] 刘婧,梁宇霆.MR 分子成像在肿瘤诊断中的研究进展[J].中国医学影像学杂志,2020,28(11):875-877.
- [9] 宋晓,刘文佳,李新星,王超,李涛.常规 MRI 与弥散加权成像鉴别诊断良、恶性周围神经鞘肿瘤[J].中国医学影像技术,2024,40(3):346-350.
- [10] 李晓阳,张芹,曹真真,刘波.多参数 MRI 与实时组织超声弹性成像在乳腺肿瘤中的诊断价值[J].新疆医科大学学报,2024,47(4):533-537.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS