人工智能在“医学影像学”教学中的应用与挑战

张卓璐,刘 卓,陈 雷,王 屹,洪 楠
北京大学人民医院放射科,北京 100044

摘要:为响应国家《新一代人工智能发展规划》及教育部《高等学校人工智能创新行动计划》对“医学+AI”复合型人才培养的战略要求,该文系统探讨人工智能(Artificial Intelligence, AI)在医学影像学教学中的创新应用与挑战。根据不同教学对象的特点与需求(如本科生、住培生、研究生及低年资影像医师),针对传统教学中临床资源不足、个性化指导缺失及诊断思维训练薄弱等核心问题,AI技术通过智能阅片辅助(肺结节识别的人机协同模式)、三维解剖重建(基于RIS-PACS系统的多模态影像转化)、实时决策引导(关键征象可视化与智能纠偏机制)及结构化报告质控(自然语言处理驱动的规范性评估)等路径实现教学革新。实践表明,AI技术显著提升了学生的影像解析能力、空间认知水平及临床报告质量,但仍面临算法可解释性不足、数据伦理风险及基层资源配置不均等挑战。未来仍需通过跨领域协作深化技术透明度、完善伦理治理并强化基础设施,推动医学影像教育向智能化、人机协同的新范式转型。

关键词:人工智能;医学影像学教学;智能辅助诊断;人机协同
DOI:10.13555/j.cnki.c.m.e.2026.05.022
中图分类号:G434 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-3181(2026)05-0811-05

Applications and Challenges of Artificial Intelligence in “Medical Imaging” Teaching

ZHANG Zhuolu, LIU Zhuo, CHEN Lei, WANG Yi, HONG Nan

Department of Radiology, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

Abstract: This study systematically explores the innovative applications and challenges of artificial intelligence (AI) in medical imaging teaching, in response to China's New Generation Artificial Intelligence Development Plan and the Ministry of Education's Artificial Intelligence Innovation Action Plan for Higher Education Institutions, which call for cultivating “Medicine+AI” interdisciplinary talent. Considering the characteristics and needs of different learners, including undergraduates, residents, graduate students, and junior radiologists, this study addresses key problems in traditional teaching, such as insufficient clinical resources, lack of personalized guidance, and weak diagnostic reasoning training. AI promotes teaching innovation through several pathways: intelligent image interpretation assistance (human-AI collaboration in lung nodule detection), three-dimensional anatomical reconstruction (multimodal image transformation based on RIS-PACS systems), real-time decision guidance (visualization of key imaging signs and intelligent error-correction mechanisms), and structured report quality control (normative evaluation driven by natural language processing). These applications have been shown to improve students' image interpretation ability, spatial cognition, and clinical report quality. However, challenges remain, including insufficient algorithm

收稿日期:2025-10-23
作者简介:张卓璐(1990—),女,副主任医师,博士,研究方向为心胸影像诊断。
通信作者:刘 卓(1983—),男,高级工程师,硕士,研究方向为图像后处理与重建。

interpretability, data-related ethical risks, and unequal distribution of resources in primary-level institutions. In the future, cross-disciplinary collaboration is needed to enhance technical transparency, improve ethical governance, and strengthen infrastructure, thereby promoting the transformation of medical imaging education toward a new paradigm of intelligent and human-AI collaborative education.

Keywords: Artificial intelligence; Medical imaging teaching; AI-assisted diagnosis; Human-AI collaboration

为贯彻《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》及全国高校科技工作会议部署，教育部于2018年发布《高等学校人工智能创新行动计划》，强调高校应着力突破人工智能前沿技术，强化科技创新与复合型人才培养能力，切实服务国家战略发展需求[1]。在“医疗＋人工智能”新诊疗模式加速普及的背景下，培养融合医学专业知识与人工智能（Artificial Intelligence, AI）技术素养的创新人才，已成为精准医疗发展的时代要求[2]。

事实上，人工智能技术作为推动各领域变革的关键驱动力，其在医学教育领域的应用潜力与价值已得到广泛关注。研究指出，人工智能对于提升医学教育质量、促进医学生综合素质发展具有显著的推动作用[3]。这为人工智能与医学各专科教学的深度融合奠定了理论基础。目前，人工智能在疾病诊断、治疗优化及药物研发等医疗领域已取得突破性进展。

医学影像学教学急需突破传统模式中的三大瓶颈：临床资源受限、个性化教学缺失及诊断思维训练不足。AI技术通过智能阅片辅助、三维解剖重建、实时决策引导与结构化报告质控等创新应用，为影像教学提供精准赋能，但仍面临算法透明度缺失、数据伦理风险及基层资源匮乏等挑战。本文基于临床教学一线实践，系统梳理AI技术在医学影像教学中的落地场景、实施路径与应对策略，为同行提供可复用的实践经验。

1 人工智能在医学领域的应用及挑战

人工智能是指计算机系统模拟人类智能行为的能力，涵盖感知环境、学习知识、推理决策等核心功能[4]。借助机器学习（特别是深度学习）和自然语言处理等关键技术，AI系统能够实现对信息的感知、分析、学习与自主决策[4]。

AI技术的迅猛发展正深刻重塑医学研究与实践的格局。在疾病诊断领域，深度学习算法显著提升了影像识别效能，例如在早期肺癌筛查中展现出高准确性[5]；在治疗优化方面，新型AI诊断系统大幅提高了复杂病例的诊断精度，同时有效降低了医疗成本[6]；在医患沟通场景中，AI工具能够高效响应患者术前咨询需求，显著改善了传统沟通模式的信息传递效率[7]；在药物研发领域，生成式AI技术通过快速模拟分子结构与筛选化合物组合，极大压缩了新药开发周期[8]。目前，生命科学已经进入“大数据＋AI”驱动的新阶段，AI为疾病研究和精准医疗提供关键技术支撑。

在医学教育领域，AI可以从根本上重塑教育底层逻辑。传统医学教育长期依赖于标准化的知识灌输与有限临床经验的阶梯式传递，其统一课程难以适配个体认知差异，书本理论与临床实践存在时空差异，技能训练受制于实体资源约束，而静态化考核更侧重结果而非思维过程演化。AI的介入可以弥补传统医学教育的不足。通过构建自适应学习系统，AI可以生成个性化知识路径，将“教为中心”的灌输转化为“学为中心”的精准导航；虚拟仿真技术通过构建高度真实的临床模拟场景，使医学生能够在无风险条件下反复训练从而提高诊疗能力；同时，基于自然语言处理与智能分析算法的实时评价系统，可动态追踪学习者的操作细节与决策路径，构建起“训练—反馈—改进”的循环优化机制。AI对医学教育的变革，可以把医学教育从机械化的经验复制模式，转变为动态的能力培养体系。教师的角色从知识传授者转向思维引导者与学习设计者，教育目标也从单纯的知识传递升级为培养具备人机协同决策能力的新一代临床医生。这一转型推动医学教育向更公平、更精准、更智能的方向演进。

尽管人工智能为医学教育带来巨大变革，其深度整合仍面临系统性挑战。首先技术层面，算法“黑箱”特性导致决策逻辑不可追溯，教学可信度被削弱并受到质疑[9]。其次伦理层面，AI存在隐私保护漏洞与算法偏见，未脱敏病例实训会有隐私泄露风险，单一地区数据训练导致罕见病识别偏差[10]。最后是实施层面，AI面临教师技术能力断层、学校硬件投入不足及区域基础设施配置不均的障碍[11]。

这些挑战在医学教育的高层次阶段尤为突出，但同时也催生了创新性的解决方案。特别是在资源相对受限的情境下，生成式人工智能（GAI）为系统化重构培养体系提供了新思路。例如，在临床医学博士培养中，有研究通过构建“GAI嵌入—能力提升—评价反馈再提升”三位一体的培养模式，有效应对了技术

迭代需求与培养体系不匹配的核心矛盾，提升了博士生的临床与科研复合能力，为资源不均背景下高层次医学人才的培养提供了可借鉴的路径[12]。这预示着AI的赋能正从单一教学工具，向重塑整个教育生态系统的方向发展。值得注意的是，这一智能化转型过程本身亦是系统工程。研究指出，人工智能需通过技术、社会与人文的“三重赋能”推动医学教育现代化，同时亦面临顶层设计、人机关系与伦理规范等深层挑战。构建涵盖制度、技术与价值的协同路径，对于确保教育本质、实现高质量发展至关重要[13]。这为我们在特定专业领域，如“医学影像学”中探索AI的应用与边界，提供了重要的宏观审视框架。

2 医学影像教育的现状与挑战

当前医学影像学课程体系的设计主要遵循知识传授主导型模式，其核心依赖于传统教材的体系化知识灌输与典型病例的标准化阅片训练。部分院校采用“集中授课(理论)—分组实训(阅片)”的二元教学模式：前者以大班制讲座形式开展，教学内容更新滞后于临床发展，且缺乏对学习者认知差异的适应性调整；后者受限于PACS系统等配置缺口与优质病例资源库的匮乏，导致实践环节的深度与广度不足，难以支撑学生影像知识系统性建构。

部分院校以基于问题的学习(Problem-based Learning, PBL)和基于案例的学习(Case-based Learning, CBL)模式开展影像教学。其核心在于通过临床模拟再现促进学生影像诊断思维的形成。例如在急诊影像课程中，学生需基于创伤患者CT(含隐匿性骨折、脏器损伤等征象)自主完成影像判读→报告生成→临床决策，教师角色转为引导讨论与思维纠偏。然而，这种模式在深化推广中面临师资能力不足及评价机制失准的问题。部分影像科教师没有系统接受过PBL/CBL教学法培训，仍沿用“影像特征罗列→结论告知”的传统路径，难以设计阶梯式问题链引导学生探究“同病异影”(如肺结核的多种影像表现)及“同影异病”(肺空洞鉴别诊断)。现行考核制度过度聚焦征象识别及疾病诊断正确率，缺乏对临床推理过程的量化工具(如决策树合理性、鉴别诊断广度)，致使学生陷入“重结论轻过程”的功利化学习陷阱。

以上限制需要新的教学方法和计算的引入，以便更好地满足学生的学习需求，确保学生能够有效地掌握“医学影像学”的知识和技能。AI的融入正为这些难题提供全新解决方案。

3 人工智能在医学影像教育中的具体应用

在推进医学影像教学智能化的过程中，必须精准区分并适配不同层次教学对象的核心需求。针对本科生，AI应用侧重基础影像认知与解剖结构关联，通过三维重建与典型病例标注辅助建立空间思维；对于住培生与研究生，教学重点转向病灶识别与鉴别诊断能力强化，AI通过实时决策支持、误诊即时纠偏与鉴别诊断资源推送，深化其临床思维训练；面向低年资影像科医生，AI则聚焦于诊断效率与报告规范性提升，依托结构化报告质控与多模态数据整合，支持其临床工作流优化与诊断自信建立。

3.1 影像、解剖对照教学：病例实战

医学影像学涉及多个临床和基础学科，知识信息量巨大，学生难以系统自学。中山大学附属第一医院研究调查结果显示多数学生仅在应对考试或解决临床问题时被动学习影像知识[14]，反映出传统教学中系统性知识内化机制的缺失。这一矛盾在解剖—影像转化环节尤为突出：尽管在医学教育本科阶段，学生已通过系统解剖学和局部解剖学学习和掌握了相关知识点，但对于部分复杂结构很难在头脑中形成立体三维图像，而且进入到影像学习中，大部分学生很难将大体解剖与影像解剖直接联系起来，经常认不出影像图片上出现的比较常见的解剖结构，从而影响了对疾病整体的认识。

因此，针对本科生，AI应用侧重基础影像认知与解剖结构关联。华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科利用RIS-PACS集成AI系统开展影像—解剖教学[15]：首先是带教教师将典型病例保存进PACS系统公共教学库，其次PACS系统对传上来的原始轴位图像进行多项后处理，包括多层面重组(multiplayer reconstruction, MPR)、曲面重建(curve reconstruction, CR)、最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)等，将二维平面影像图像还原成三维解剖图像，最后再利用AI软件对病灶进行分割、定性及定量，帮助学生理解。教学反馈表明，学生认为RIS-PACS联合AI显著提升了对复杂疾病的认知和脏器解剖的理解。

3.2 病灶检出：从“模糊识别”到“精准定位”

早期肺癌，如原位腺癌(AIS)、微浸润腺癌(MIA)影像表现多以磨玻璃结节为主，而磨玻璃结节的识别是医学生普遍面临的难点。昆明医科大学第一附属医院影像科采用“AI初筛＋人工复核”教学模式：学生先独立阅读CT影像，标记可疑结节；随后启动AI辅助系统，系统自动标出AI检测结果，最后师生共同比对差异点；对于已得到确切病理的病变，带教教师及时公布临床及病理资料，启发学生对结节的外形、密

度、病灶周围等情况进行思考、讨论，从而减少漏诊及误诊[16]。对于住培生与研究生，教学重点正转向病灶识别与鉴别诊断能力强化。在此模式下，AI通过提供实时决策支持、在比对环节实现误诊即时纠偏、并推送相关的鉴别诊断资源，有效深化其临床思维训练。

南方医科大学在肌骨超声教学中创新构建“四维智慧教学机制”，通过系统性整合智慧平台、智慧方法、智慧考核及智慧人文，精准切入教学痛点。该模式依托智慧平台的多维信息集成，显著提升学生对隐匿性病灶的定位能力，深化学生对肌骨病变的空间认知与诊断逻辑理解；更借由智能考核系统的实时反馈，推动“教—学—评”闭环优化，为培养兼具精准影像诊断能力与人文关怀素养的肌骨超声人才提供范式支撑[17]。

AI在病灶检出教学中的核心价值在于实现从“模糊识别”到“精准定位”的转变，通过人机协同判读与智能可视化反馈，显著提升学习者对早期或隐匿性病变的识别能力。

3.3 AI教学助手：从经验积累到精准辅助

传统影像学教学中，医学生常陷入经验积累缓慢、反馈滞后与数据局限等困境：一方面，需耗费数年反复阅片实践才能辨析易混淆病变；另一方面，误诊后缺乏即时指导机制，学生被迫在庞杂文献中自行检索鉴别要点，效率低下且难以系统整合知识；更关键的是，单一机构病例库覆盖设备单一、病种不全，导致学生无法全面掌握各类疾病。而AI实时辅导系统通过三大技术突破彻底重构学习路径，且尤其适用于住培生与研究生，因其教学重点已转向病灶识别与鉴别诊断能力的强化。

首先，基于Grad-CAM的可视化反馈能在秒级内精准标注关键征象（如热图高亮肺癌毛刺征的形态学特征），将抽象经验转化为直观影像认知；其次，误诊瞬间自动触发智能纠偏机制，通过知识图谱引擎即时生成结构化资源——包括鉴别诊断思维导图（如炎性假瘤与肺癌的决策树分支）、对比特征表（强化“钙化形态”“边界光滑度”等核心差异项）及关联文献图谱（链入最新《胸部肿瘤影像鉴别指南》）；最后，依托大量脱敏病例库，调取相似影像数据以供参考学习。

值得注意的是，AI对教学的赋能不仅限于诊断能力训练。中山大学研发的虚拟助教聊天机器人，进一步拓展了辅助场景。该虚拟助教提供全天候的在线答疑服务，极大地增强了学习的便捷性和趣味性。同时，AI还可以辅助培养医学生的自主学习能力，如智能试卷生成技术能够根据学生的实际水平定制个性化的试卷，使考试更加贴近学生的实际能力，从而帮助学生深入理解教学内容并准确评估自己的学习成果[18]。

AI教学助手通过可视化征象标注、实时纠偏与个性化资源推送，重构了传统经验积累型学习路径，实现了从“被动记忆”到“主动探究”的转变，显著提升诊断思维训练效率。

3.4 报告撰写质控教学：从描述凌乱到结构化输出

在解决医学影像学学生在报告书写中常见的术语混淆、重点特征遗漏和诊断结论模糊等问题上，人工智能技术通过构建“双路径赋能”的结构化质控体系，精准干预学生影像报告。这一体系尤其适用于已进入临床岗位的低年资影像科医生，AI在此场景中聚焦于诊断效率与报告规范性的双重提升，依托结构化报告质控与多模态数据整合，有力支持其临床工作流优化与诊断自信的建立。

首先，智能评分系统依托自然语言处理引擎，实时解析并量化评估报告文本对关键要素的覆盖度——包括解剖定位的准确性（例如区分“肝S8段”与“肝右叶”）、征象描述的完整性（大小/形态/边界/强化特征等）以及诊断逻辑的严谨性（是否给出鉴别诊断依据）。系统自动生成可视化雷达图，一目了然地标出与标准范本的差距（如“未描述动脉期强化特征”），指导学生针对性地修改。其次，动态语料库则结合临床指南与专家共识构建知识图谱，既可自动规范术语（如将“阴影”替换为“磨玻璃影”），又能在输入“肝癌”时推送“动脉期明显强化、门脉期廓清”等标准表述，并关联血管瘤“渐进性填充”与肝癌“快进快出”等鉴别诊断要点。经过训练，学生影像报告的优秀率显著提升，与此同时，教师批改报告所需时间显著缩短，使其能将更多精力投入到误诊案例的逻辑回溯等深度教学环节，从而显著优化了教学资源配置效率。

AI在报告撰写教学中构建了“智能评分＋动态语料库”双路径质控体系，通过自然语言处理技术实现术语规范、征象覆盖度评估与诊断逻辑引导，有效提升报告的结构化与标准化水平。

4 结语

人工智能在医学影像学教学中的应用展现出巨大潜力，显著提升了诊断技能训练效率与教学质量。尽管面临算法透明度、数据规范及资源适配等现实挑战，但随着技术迭代与教育理念的持续创新，AI必将深度重塑影像教学范式。通过系统性优化与跨学科协作，人工智能不仅将推动影像教学向智能化、个性

化方向演进，更将为人机协同的精准医学教育生态注入核心变革动力。

参考文献：

[1]教育部.教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知[Z].2018.

[2]黄智若，沈晓沛，陈湖星，等."医学＋人工智能"复合型创新人才培养模式探析[J].中国医学教育技术，2024，38(3)：271-275.

[3]卫荣，马锋，侯梦薇，等.人工智能在医学教育领域的应用研究[J].医学教育研究与实践，2017，25(6)：835-838.

[4]Rafiei F, Shekhar M, Rahnev D. The neural network RTNet exhibits the signatures of human perceptual decision-making[J]. Nature Human Behaviour, 2024, 8(9): 1752-1770.

[5]Ardila D, Kiraly A P, Bharadwaj S, et al. End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography[J]. Nature Medicine, 2019, 25(6): 954-961.

[6]Liu X H, Liu H, Yang G X, et al. A generalist medical language model for disease diagnosis assistance[J]. Nature Medicine, 2025, 31(3): 932-942.

[7]Gurbuz S, Bahar H, Yavuz U, et al. Comparative efficacy of ChatGPT and DeepSeek in addressing patient queries on gonarthrosis and total knee arthroplasty[J]. Arthroplasty Today, 2025, 33: 101730.

[8]Singh R, Sledzieski S, Bryson B, et al. Contrastive learning in protein language space predicts interactions between drugs and protein targets[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2023, 120(24): e2220778120.

[9]Khan N, Nauman M, Almadhor A S, et al. Guaranteeing correctness in black-box machine learning: A fusion of explainable AI and formal methods for healthcare decision-making[J]. IEEE Access, 2024, 12: 90299-90316.

[10]Kremer P, Schiebisch H, Lechner F, et al. Comparative analysis of large language models and traditional diagnostic decision support systems for rare rheumatic disease identification[J]. EULAR Rheumatology Open, 2025, 1(2): 51-59.

[11]王维民.第四代医学教育的深度剖析与实施策略[J].中华医学教育杂志，2024，44(10)：721-725.

[12]魏兵，林小慧，陈素一，等.生成式人工智能赋能地方医学院校临床医学博士培养体系构建[J].医学教育研究与实践，2025，33(6)：761-766.

[13]门茜儒，刘林.人工智能赋能医学教育现代化的应用挑战与现实路径[J].医学教育研究与实践，2025，33(5)：641-646.

[14]张朝晖，冯劭婷，张博文，等.基于网络问卷调查的医学影像学课程教学改革探索[J/OL].高校医学教学研究(电子版)，2023，13(4)：23-27.

[15]柳佳，张利捷，梁斌，等.RIS-PACS联合AI在放射科实习教学中的应用价值探讨[J].中国继续医学教育，2022，14(15)：94-98.

[16]段慧，韩丹，张正华.肺结节人工智能技术在医学影像学专业实习生教学中的初步应用[J].影像研究与医学应用，2019，3(16)：247-248.

[17]郑彭，陈娜，谢绍杭，等.基于智慧教学模式培养康复医学住培医师：以肌骨超声为例[J/OL].高校医学教学研究(电子版)，2024，14(6)：42-46.

[18]李辉雁，王海波，匡铭.人工智能赋能医学人才培养和教育教学改革：中山大学的实践与探索[J/OL].高校医学教学研究(电子版)，2024，14(3)：8-13.

(编辑：杨雪莹)