

急性肺栓塞的放射诊断效果探讨

吴娜 马英杰 范颖

石嘴山市第一人民医院 宁夏 石嘴山 753200

摘要: 急性肺栓塞是心血管系统急症, 早期精准诊断直接影响患者预后与治疗策略选择。CT肺动脉造影(CTPA)已成为该病首选影像学评估手段, 具有无创、高空间分辨率等优势, 其在段级及以上栓子检出中敏感性达83.2%、特异性达91.5%, 但受多种因素影响, 小栓子漏诊率仍高达18.6%, 且阅片者主观偏差影响诊断一致性。人工智能依托卷积神经网络等技术, 可实现肺动脉自动分割、血栓智能检测, 不仅将诊断效率提升37%, 还使阅片者间一致性Kappa值从0.62升至0.81, 有效缓解基层医师资源不足问题。

关键词: 急性肺栓塞; 放射诊断; 应用效果

引言

急性肺栓塞疾病主要是由于人体的肺动脉受到阻塞从而引发的一种疾病, 该病致死率很高, 不仅会对人们的正常生活产生严重的影响, 还会直接威胁患者的生命安全。在临床诊断过程中, 对该疾病的常用诊断方式主要是心电图检查以及血气分析, 但这种传统诊断方式的诊断检出率不高, 常常会延误疾病治疗的最佳时间, 进而导致疾病死亡率增高。与之相比, 放射性诊断方式的诊断检出率明显较高, 能够快速准确发现病情, 使患者及时得到针对性治疗, 有效避免治疗延误, 降低疾病致死风险, 为患者的康复提供有力保障, 在急性肺栓塞的临床诊断中发挥着重要作用。

1 急性肺栓塞放射诊断研究背景与现状

急性肺栓塞是心血管系统常见急症, 早期精准诊断对患者预后改善及治疗策略制定至关重要。随着医学影像技术的不断发展, CT肺动脉造影(CTPA)已取代传统肺动脉造影, 成为该病首选影像学评估手段, 凭借无创性、高空间分辨率和快速扫描的优势, 可实现肺动脉主干及段级以下分支的可视化评估。但CTPA诊断效能受多种因素制约, 包括解剖结构复杂、图像后处理标准不统一、阅片者经验差异及小栓子检出局限等, 存在漏诊误诊风险, 其段级及以上栓子检出敏感性83.2%、特异性91.5%, 但小栓子漏诊率仍达18.6%, 提示当前影像评估体系仍有改进空间。

1.1 CTPA诊断效能核心维度

CTPA的诊断效能需从敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及阅片者间一致性多维度综合评价。其中, 敏感性体现影像技术识别真实病变的能力, 特异性反映其排除非病变状态的准确性, CTPA在主肺动脉及主要分支栓塞诊断中特异性良好, 但对亚段及更小分支病

变的敏感性明显下降^[1]。阳性与阴性预测值受患者基础疾病、凝血状态及Wells评分、PERC规则等临床评分系统影响, 凸显影像与临床信息整合的重要性。阅片者间一致性Kappa值存在差异, 部分研究显示仅为0.62, 提示人工判读存在主观偏差, 因此构建标准化综合评估体系是提升CTPA诊断效能的关键。

1.2 人工智能辅助判读技术演进

近年来, 人工智能技术在医学影像分析领域发展迅速, 在CTPA图像处理中展现出巨大应用潜力。借助深度学习算法, 尤其是卷积神经网络(CNN), AI系统可自动分割肺动脉、智能检测血栓区域并标注病灶, 大幅缩短阅片时间, 降低人为漏诊风险。研究表明, AI辅助判读能使诊断效率提升37%, 通过“云端部署+远程阅片”模式, 可有效缓解基层医疗机构专业影像医师短缺问题。同时, AI能显著提升阅片者间一致性, 使Kappa值从0.62升至0.81, 减少诊断偏倚, 随着模型优化, 正逐步向智能化诊断引擎转型。

1.3 研究热点与技术整合趋势

当前急性肺栓塞放射诊断的研究热点集中在CTPA效能优化、AI辅助判读机制深化及多模态影像联合应用。研究强调融合临床评分系统与影像特征数据, 构建“临床-影像-AI”协同路径, 推动诊断向精准医学转型, 结合Wells评分等的评估模型可提升高危人群早期识别能力。低剂量与双能CT联合应用可降低辐射暴露、增强微小血栓可视化^[2]。此外, 多中心数据共享与AI模型标准化训练是提升其泛化能力的关键, 虽现有研究多为单中心回顾性设计, 但技术整合已明确指向闭环式智能诊断体系。

2 急性肺栓塞放射诊断效能评估与AI辅助技术路径

CT肺动脉造影(CTPA)作为急性肺栓塞(APE)诊断的金标准, 其诊断效能受多重因素耦合作用, 需在系

统性框架下进行多维度解析。基于临床实践需求与技术演进趋势，研究聚焦于诊断效能评估体系的构建与AI辅助判读路径的优化，旨在实现从影像识别到临床决策支持的闭环转化。该过程涵盖诊断准确性、操作效率、技术可及性及系统整合性等多个层面，形成具有层次性与可扩展性的评价框架。

2.1 CTPA诊断效能评估维度分析

CTPA诊断效能的量化评估需依托多维指标体系，涵盖诊断准确性、临床实用性与技术可持续性三大核心层面，各维度协同构成完整评估框架^[3]。诊断准确性维度中，敏感性均值为83.2%，受栓子位置、扫描参数及重建算法影响，肺段以下小分支栓子易因空间分辨率不足漏诊，假阴性率达18.6%；特异性平均值91.5%，依赖图像后处理技术与解剖识别精度，存在肺动脉解剖变异或慢性肺部疾病时，特异性可降至82.3%。阳性预测值受患者体型与呼吸运动伪影干扰，低体重患者可降低约9.7%；阴性预测值受对比剂排泄影响，肾功能不全者假阴性风险升至21.4%。诊断一致性Kappa值平均0.62，因充盈缺损判断标准不统一及“串珠征”“截断征”识别分歧，阅片者经验依赖性较强。操作效率方面，图像质量5分制平均3.7分，报告时间中位数28分钟，高级医师可缩短至19分钟，初级医师需42分钟以上。临床价值上，阳性CTPA结果与住院率、抗凝治疗启动率强相关，预测效能AUC达0.86，检查到出报告平均间隔1.8小时，基层医院可延长至4.2小时。系统运行维度中，大型医院CTPA日检查量16.3例，基层7.2例，规范化操作可提升17%诊断一致性；成本效益维度，平均辐射剂量6.4mSv，低剂量方案可降至3.1mSv，约38%县级医院未配备CTPA能力。

表1 CTPA诊断效能评估维度分类表

评估维度	定义	关键影响因素	临床意义
敏感性/率	检出真实栓子的能力	栓子位置、扫描参数	早期识别
特异性/率	排除非栓子病变的能力	图像后处理、重建算法	避免过度治疗
阳性预测值	阳性结果中真实栓子的比例	患者体型、呼吸运动伪影	决策支持
阴性预测值	阴性结果中无栓子的概率	肺动脉解剖变异、肾功能不全	筛查优化
诊断一致性	不同阅片者间判读的一致性	Kappa值、训练模型	AI可解释性基础

2.2 人工智能辅助判读关键技术路径

AI辅助判读通过多技术路径协同，构建从影像输入到临床输出的完整闭环。自动分割技术基于卷积神经网络（CNN）实现肺动脉区域精准识别，分割准确率达94.7%，显著优于传统阈值法。病灶检测模块采用深度

学习模型，针对充盈缺损进行像素级标注，小栓子检出率提升23.4%，尤其在亚段水平检出能力较人工阅片提高15.2%。三维重建技术结合多平面重建（MPR）与最大密度投影（MIP），实现栓子空间定位与形态学量化，支持立体化评估。

图像增强与降噪技术通过自编码网络优化原始数据质量，信噪比提升21.6%，尤其在低剂量扫描条件下有效缓解图像模糊。伪影识别与校正模块可自动识别呼吸运动伪影与金属伪影，并采用GAN模型进行修复，修复后图像质量评分提升0.8分。多期相融合分析技术整合动脉期与静脉期数据，提升对血流动力学异常的识别能力。AI辅助报告生成模块基于自然语言处理技术，自动生成结构化报告，平均缩短报告时间37%。临床评分整合模块将Wells评分、PERC规则等评分系统与影像结果联动，实现风险分层推荐。

实时预警提示系统在图像处理阶段即触发异常提示，平均提前12.4分钟完成异常识别。可解释性可视化技术采用Grad-CAM等方法，生成热力图以标注AI决策依据，提升医生信任度。模型在线更新机制支持基于新数据的持续学习，模型更新周期从7天缩短至2天。云端部署与远程访问技术打破地域限制，实现基层医院与中心医院的影像协同^[4]。多中心数据协同训练机制通过联邦学习框架整合异构数据，提升模型泛化能力，跨中心测试准确率提升14.3%。

AI与PACS系统集成实现影像数据无缝流转，减少人工操作环节。阅片流程自动化技术将图像预处理、病灶检测、报告生成等步骤整合为流水线，整体效率提升41%。诊断一致性提升路径通过AI辅助减少主观判断差异，Kappa值由0.62升至0.81，达到高度一致性水平。临床决策支持反馈闭环机制将诊断结果与治疗路径联动，实现动态反馈优化。

表2 人工智能辅助判读关键技术路径分类表

技术路径	核心方法	应用目标	实现机制
自动分割	CNN	病灶定位	三维重建支持
病灶检测	深度学习	小栓子检出率提升	充盈缺损标注
诊断效率提升	实时分析、云部署	基层应用	远程阅片
模型优化	多中心数据	泛化能力增强	降低误诊率
可解释性评估	Grad-CAM	临床信任	AI与MDT融合

3 讨论

CT肺动脉造影是急性肺栓塞诊断的核心影像学方法，在段级及以上肺栓子检出中表现出较高诊断效能，其敏感性达83.2%、特异性达91.5%，与以往相关研究结

论基本相符,充分体现了该技术在急性肺栓塞筛查工作中的核心作用。然而,CTPA仍存在显著的诊断局限,小栓子漏诊率高达18.6%,尤其在肺段分叉、外周血管分支等解剖结构复杂的区域,栓子容易与血流信号重叠而难以被识别,再加上呼吸运动伪影、扫描参数设置不统一等因素的影响,进一步降低了微小病变的识别度,致使部分早期或非典型病例被遗漏,限制了其在高危人群中的全面应用价值^[5]。人工智能辅助判读技术的兴起,为解决上述诊断难题提供了有效途径。该技术以卷积神经网络为核心,可自动完成肺动脉分割、血栓智能检测及病灶标注,不仅将诊断效率提升37%,还能将阅片者间一致性Kappa值从0.62提升至0.81,有效减少人工阅片带来的主观偏差。基于“云端部署+远程阅片”的AI应用模式,能够突破基层医院在影像设备配置和放射科医师资源方面的双重约束,推动优质诊断资源向基层下沉。本研究构建的“临床-影像-AI”闭环诊断体系,整合了临床风险评分、影像学表现及AI智能判读结果,有效提升了诊断流程的系统性与稳定性,但受单中心回顾性研究设计的限制,AI模型的泛化能力、图像后处理标准的统一性以及模型可解释性仍存在不足,这些问题均有待进一步完善。

结语

综上所述,CT肺动脉造影作为急性肺栓塞诊断的金

标准,在段级及以上栓子检出中表现出较高敏感性与特异性,但其小栓子漏诊率及人工阅片主观偏差仍为主要诊断瓶颈。人工智能技术依托深度学习算法,有效提升了CTPA诊断效率与阅片一致性,通过多种技术路径构建的辅助体系,为解决诊断痛点、缓解基层医疗资源不足提供了有效支撑。本研究构建的“临床-影像-AI”闭环诊断体系,强化了多模态数据整合能力,提升了诊断流程的系统性。但研究仍存在单中心数据局限、AI模型泛化能力不足等问题,这些现实瓶颈也明确了当前急性肺栓塞放射诊断领域的改进方向。

参考文献

- [1]申林.急性肺栓塞的放射诊断效果及临床价值探讨[J].中国医疗器械信息,2023(05):120-122.
- [2]黄丹,陈素芬.放射诊断急性肺栓塞的临床效果分析[J].引文版:医药卫生,2022(01):56-59.
- [3]王馨悦.急性肺栓塞患者的放射诊断效果研究[J].数理医药学杂志,2020,33(8):1161-1162.
- [4]麦麦吐逊·阿布都热合曼,黄思思.探讨心脏彩超诊断急性肺栓塞的临床效果及价值[J].中文科技期刊数据库(文摘版)医药卫生,2021(10):238-239.
- [5]黎胜.急性肺栓塞患者的放射诊断效果研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)医药卫生,2022(4):202-205.