

AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描在肺结节检出及良恶性判读中的应用价值

夏远建,陈福成,刘为,陈微
松原市中西医结合医院影像科,吉林 松原,138000
通信作者:陈微, E-mail: 1539237063@qq.com

【摘要】目的 分析 AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描在肺结节检出及良恶性判读中的应用效果。
方法 选取松原市中西医结合医院 2024 年 4 月至 2025 年 4 月收治的 75 例肺结节患者,均接受低剂量 CT 薄层扫描以及 AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描。以临床病理检查为金标准,分析单纯低剂量 CT 薄层扫描以及采用 AI 辅助诊断方案对肺结节良恶性诊断效能影响。**结果** 临床病理检查发现,75 例肺结节患者中良性 41 例、恶性 34 例。低剂量 CT 薄层扫描良性检出 33 例、恶性检出 27 例。AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描良性检出 39 例、恶性检出 32 例。Kappa 一致性分析结果显示, AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描 kappa 值 0.774 高于低剂量 CT 薄层扫描 0.609 ($P < 0.05$)。AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描灵敏度 95.12%、特异度 94.12% 高于低剂量 CT 薄层扫描,数据对比无显著差异($\chi^2 = 2.847, P = 0.092$; $\chi^2 = 2.049, P = 0.152$)。AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描准确度 94.67% 高于低剂量 CT 薄层扫描,差异显著($\chi^2 = 6.027, P < 0.05$)。
结论 相比于单纯低剂量 CT 薄层扫描,采用 AI 辅助诊断方式能够进一步提高肺结节良恶性的诊断效能。

【关键词】 肺结节;人工智能;低剂量;CT薄层扫描

【文章编号】 2095-834X (2025)05-63-04

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2025.05.006

本文著录格式: 夏远建,陈福成,刘为,等. AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描在肺结节检出及良恶性判读中的应用价值[J]. 当代介入医学电子杂志, 2025, 2(5): 63-66.

Application value of AI-assisted diagnosis combined with low-dose thin-section CT in the detection of pulmonary nodules and the interpretation of benign and malignant conditions

Xia Yuanjian, Chen Fucheng, Liu Wei, Chen Wei

Department of Radiology, Songyuan Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Songyuan, Jilin 138000, China

Corresponding author: Chen Wei, E-mail: 1539237063@qq.com

【Abstract】Objective To analyze the application effect of AI-assisted diagnosis combined with low-dose CT thin-layer scanning in the detection of pulmonary nodules and the interpretation of benign and malignant conditions. **Methods** A total of 75 patients with pulmonary nodules admitted to Songyuan Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine from April 2024 to April 2025 were selected and underwent low-dose CT thin-layer CT scanning or AI-assisted diagnosis combined with low-dose CT thin-layer scanning. Taking clinicopathological examination as the gold standard, the influence of simple low-dose CT thin-layer scanning and the use of AI-assisted diagnosis schemes on the diagnostic efficacy of benign and malignant pulmonary nodules were analyzed. **Results** Clinicopathological examination revealed that among the 75 patients with pulmonary nodules, 41 were benign and 34 were malignant. Low-dose CT thin-layer scanning detected 33 benign cases and 27 malignant cases. AI-assisted diagnosis combined with low-dose CT thin-layer scanning detected 39 benign cases and 32

malignant cases. The results of Kappa consistency analysis showed that the kappa value of AI-assisted diagnosis combined with low-dose CT thin-layer scan was 0.774, which was higher than the 0.609 of low-dose CT thin-layer scan ($P<0.05$). The sensitivity of AI-assisted diagnosis combined with low-dose CT thin-layer scanning was 95.12% and the specificity was 94.12%, which were higher than those of low-dose CT thin-layer scanning. There was no significant difference in the data comparison ($\chi^2=2.847, P=0.092$; $\chi^2=2.049, P=0.152$). The accuracy of AI-assisted diagnosis combined with low-dose CT thin-layer scanning was 94.67%, which was higher than that of low-dose CT thin-layer scanning, with a significant difference ($\chi^2=6.027, P=0.014$). **Conclusion** Compared with simple low-dose CT thin-layer scanning, the use of AI-assisted diagnosis can further improve the diagnostic efficiency of benign and malignant pulmonary nodules.

[Keywords] Pulmonary nodules; Artificial intelligence; Low dose; CT thin-layer scan

肺结节是指在肺部影像上呈现为直径≤3 cm 的局灶性、类圆形、密度增高的肺部阴影，肺结节是早期肺癌最显著的影像学特征^[1]。临床中肺结节包括良恶性之分，其中良性结节通常对患者身体健康无明显影响，而恶性结节进展为癌症风险较高。因肺癌早期并无明显临床症状，部分患者通过早期筛查出恶性肺结节时，肿瘤细胞可能已通过淋巴系统等转移至其他器官，严重威胁患者生命健康^[2]。因此临床针对肺结节患者需要采取科学有效的诊断方案，为后续诊治方案的设计提供重要数据支持^[3]。近些年随着影像学技术的蓬勃发展，低剂量CT薄层扫描的出现为肺结节患者群体临床检查提供更为科学的技术支持^[4]。低剂量CT薄层扫描通过优化管电压以及管电流等方式将辐射剂量削弱至原有的30~50%，极大限度降低机体累积辐射致癌风险。但在实际中发现，虽然该技术显著降低辐射影响，然而在诊断效率方面存在一定局限性^[5]。根本原因在于医师需要分析大量的图像数据，长时间的阅片导致身体疲劳加剧，可能因人为因素影响出现假阴性率升高现象。人工智能(artificial intelligence, AI)技术的出现有效解决这一现实困境，通过卷积神经网络模型能够处理诸多CT数据，通过不同算法能够实现自动分割及图像处理，显著提高阅片效率^[6]。并且AI与影像学技术的有机融合能够在短时间内提取特征参数，包括结节体积倍增时间、CT值异质性、血管汇聚角度等，上述数据均可为良恶性诊断提供关键支持^[7]。探究AI辅助诊断的临床应用，旨在为肺结节诊断提供更为高效便捷的处理方案。基于此，本研究着重探究AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描在肺结节检测中的应用。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取松原市中西医结合医院(以下简称本院)2024年4月至2025年4月收治的75例肺结节患者(均为单发结节)。性别男女比42:33, 年龄(54.23 ± 1.27)岁。吸烟史(6.12 ± 0.37)年。肿瘤家

族史有22例、无53例。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准：年龄≥18岁；吸烟指数≥20包/年；临床怀疑肺结节需进一步评估；认知正常可配合研究；临床资料完整。

排除标准：CT图像存在伪影、呼吸运动伪影或层厚>1.5 mm；扫描范围未覆盖全肺；既往肺癌手术或放化疗史；活动性肺部感染；肺纤维化；广泛胸膜病变。本研究经本院伦理委员会审查批准。

1.3 方法 低剂量CT薄层扫描：①器械及参数选择：采用GE Revolution 256层螺旋CT扫描仪，迭代重建算法为自适应统计迭代重建(Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, ASIR)，重建权重40%。选择自动曝光控制技术，管电压80~120 kV，管电流30~50 mAs，辐射剂量约1.2~2.0 mSv。采用肺窗(窗宽1 500 HU，窗位-600 HU)及纵隔窗(窗宽350 HU，窗位40 HU)双窗显示，薄层重建间隔0.5 mm。管电压为80~120 kV，根据患者体重指数自动调节。管电流为30~50 mAs，层厚为0.625~1.0 mm，螺距为0.8~1.2，矩阵为512×512。②前期准备：要求患者进行屏气训练，如若屏气效果不好则采用呼吸门控技术减少运动伪影。调整患者体位为仰卧位并将双臂上举，扫描范围为患者的肺尖至膈肌。③图像分析：两名影像科医师阅片，记录结节位置特征等基本信息，观察形态特征。④良恶性鉴别标准：恶性：边缘放射状细刺、分叶深度>3 mm、不规则轮廓、胸膜凹陷征、≥3条血管向结节汇聚或包绕、CT值>20 HU，内部可见空泡征；混合磨玻璃结节中实性成分占比>25%或实性成分直径>5 mm，磨玻璃成分CT值>-600 HU且随访中密度增高或实性成分增多。良性：光滑边缘、无分叶或浅分叶，无胸膜或血管异常改变；层状、中心型或爆米花样钙化，错构瘤；纯磨玻璃结节且CT值<-750 HU。

AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描：①数据收集：完成低剂量CT薄层扫描后，将数据信息通过医学影像归档与通信系统传输至AI工作站，或者通过手工录入的方式传输至AI工作站。②预处理：非局部

均值滤波消除低剂量扫描导致的图像噪声。对层厚 $>1.0\text{ mm}$ 的扫描数据插值重建至 0.625 mm ,确保三维各向同性分辨率。根据设备型号调整CT值偏移,避免不同CT机型导致的密度误差。**③AI初始化设置及参数选择:**设置结节检测的最小尺寸,避免微小血管断面干扰。勾选假阳性抑制选项,通过形态学算法排除胸膜增厚、支气管截断等非结节结构。**④肺结节检测及分割:**AI模型基于U-Net神经网络架构,训练数据集包含1 000例(3 000个结节)临床标注数据,验证集准确率92.3%,模型迭代次数5 000次,学习率0.001。逐层分割肺实质边界,排除纵隔、胸壁及心脏区域的干扰。基于3D卷积神经网络进行全肺扫描,输出结节空间坐标(X/Y/Z轴)、体积及最大截面直径。**⑤结节特征量化分析:**计算结节的体积倍增时间,通过拉普拉斯算子量化毛刺长度及密度、分叶深度数量。分析CT值直方图,如磨玻璃成分占比 $>50\%$ 定义为亚实性结节。绘制时间-密度曲线、计算峰值强化值及强化速率,利用灰度共生矩阵提取结节异质性参数如熵值及对比度。**⑥良恶性鉴别标准:**由AI辅助形态学分析、密度分析。AI量化毛刺长度、密度及锐利度。深度学习模型分割毛刺结构,恶性结节的毛刺占比 $>15\%$ 。分叶深度 $>3\text{ mm}$ 、分叶数量 ≥ 3 个时提示恶性,通过曲率分析自动标记分叶区域。通过3D距离映射计算结节与胸膜粘连长度, $>5\text{ mm}$ 提示恶性。AI追踪血管走向,若 ≥ 3 条血管向结节汇聚或受包绕,提示恶性。AI通过直方图分析磨玻璃成分占比,占比 $>25\%$ 提示恶性。使用灰度共生矩阵计算熵值和对比度,熵值 >6.5 或对比度 >500 提示恶性。

临床病理检查:对于高度怀疑恶性的患者,通过胸腔镜切除病灶并采用福尔马林溶液固定。对于不适合胸腔镜或开胸手术患者,行CT引导下经肺皮穿刺活检,取病灶区域3条以上组织样本。石蜡包埋处理后连续切片,染色处理。良恶性鉴别标准:腺癌(贴壁型/腺泡型/乳头型)、鳞癌等。良性鉴别标准:肉芽肿性炎、错构瘤、机化性肺炎等。

1.4 观察指标 检出率:以临床病理检查为金标准,分析两种不同检查方案的良恶性检出率。

诊断效能:包括灵敏度、特异度及准确度。

1.5 统计学方法 使用SPSS 24.0进行数据统计。计数资料以例表示,两组间诊断效能比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异显著。Kappa一致性分析, >0.75 提示一致性高。

2 结果

2.1 检出率对比 临床病理检查发现,75例肺结节患者中良性41例、恶性34例。低剂量CT薄层扫描

良性检出33例、恶性检出27例。AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描良性检出39例、恶性检出32例。Kappa一致性分析结果显示,AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描Kappa值0.774高于低剂量CT薄层扫描Kappa值0.609($P<0.05$)。见表1。

表1 检出率对比(例)

指标	临床病理检查		总计
	良性(n=41)	恶性(n=34)	
低剂量 CT 薄层扫描	良性 恶性	33 8	7 27 35
AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描	良性 恶性	39 2	41 32 34

2.2 诊断效能对比 AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描灵敏度95.12%、特异度94.12%高于低剂量CT薄层扫描,数据对比无显著差异($P>0.05$)。AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描准确度94.67%高于低剂量CT薄层扫描,差异显著($P<0.05$)。见表2。

表2 诊断效能对比(%)

组别	灵敏度	特异度	准确度
低剂量 CT 薄层扫描	80.49	79.41	80.00
AI 辅助诊断联合低剂量 CT 薄层扫描	95.12	94.12	94.67
χ^2 值	2.847	2.049	6.027
P 值	0.092	0.152	0.014

3 讨论

肺结节诊断是鉴别肺癌的重要途径,虽然低剂量CT薄层扫描的出现有效降低受检者的辐射损伤影响,但该技术诊断结果易受到医师主观判断的影响^[8]。近些年随着新兴技术的发展,AI辅助诊断可能进一步提高诊断效能,规避人为因素影响。本研究的创新点在于首次将3D卷积神经网络与灰度共生矩阵结合,量化结节异质性参数如熵值、对比度,提升良恶性判读精度,因此探究其临床应用具有重要意义。

研究结果显示,AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描准确度94.67%高于低剂量CT薄层扫描,差异具有统计学意义($P<0.05$)。究其原因:AI技术通过模拟医学专家的诊断和治疗疾病的思维过程将其纳入计算机程序之中,可解决复杂医学难题^[9]。AI辅助诊断期间,通过构建灰度共生矩阵可计算患者肺结节内部CT值的熵值和对比度。当熵值 >6.5 时提示细胞异型性增高,体现出核分裂现象增多特征,往往表明恶化概率高。上述过程充分体现AI辅助诊断系统的多维信息整合能力,通过对比不同类型数据信息作为鉴别良恶性标准。此外,AI系统可通过建立特征参数间的非线性关系网络分析不同形态学指标的交互关联,例如可通过分析毛刺占比与血管包绕角度的交互作用鉴别良

恶性,能够有效识别微小特征^[10]。从检查效率方面来看,传统人工阅片耗费时间成本较高,而AI系统能够在短时间内进行图像分析以及特征测量,并自动生成结节空间坐标、体积变化趋势和恶性概率值的数据报告。上述诸多特征充分体现AI辅助诊断的技术优势,进一步提高诊断效能。

但本研究具有一定局限性,AI模型对图像质量要求较高。倘若患者检查期间因身体抖动等出现运动伪影,将导致特征提取偏差从而直接影响诊断结果。因此要想确保AI辅助检查的精准性,需要严格遵循检查流程并且完善图像预处理过程,剔除不合理数据。并且现阶段AI诊断依旧以形态学及密度特征为主,对于分析特征等难以发挥诊断效果。此外,AI辅助诊断系统对计算机性能及医院信息化建设要求较高,昂贵的设备费用以及运维费用导致其在基层尤其是偏远地区难以得到普及应用。

综上所述,本研究发现AI辅助诊断联合低剂量CT薄层扫描在肺结节检测中能够有效提高诊断效能,其具有重要临床应用价值。但由于AI技术对图像、信息化建设要求较高,因此要想确保其发挥最佳效果,需要采取如下手段。首选需要针对不同受检者采取不同干预策略,例如对于老年或者或者慢阻肺患者群体采用吸气末屏气扫描,倘若无法配合则应用基于深度学习的运动伪影校正算法。其次需要进一步加强医师信息化技术的培训,帮助其掌握AI辅助检查以及算法选择的实施方法,了解如何通过构建模型解决临床实际问题,进一步提高应用效果。最后需要加强医疗机构信息化建设,在医院数据中心配置专用的高性能服务器,确保基层医院影像实时上传至区域AI诊断中心,以此凸显AI技术价值优势。此外,AI模型对纯磨玻璃结节的判读精度仍需提升。未来需扩大多中心样本,优化模型对低密度结节的识别算法。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 程华,孙建男. CT薄层扫描联合7种自身抗体鉴别诊断良、恶性孤立性肺结节的研究进展[J]. 福建医科大学学报, 2024, 58(6): 353–356.
- [2] 牟干,官莉,马潇泉,等. 薄层CT扫描联合血清肿瘤标志物在孤立性肺结节良恶性诊断中的应用价值研究[J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2021, 29(5): 104–108.
- [3] 高大圣,胡茂能,岳庆峰,等. 肺结节术前薄层CT征象及定量参数与术后病理对照研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 58–60.
- [4] 赵帅,孟令思,郭君武. 基于CT靶扫描构建多模态联合模型Nomogram评估孤立性肺结节[J]. 放射学实践, 2022, 37(10): 1232–1237.
- [5] 关建中,姜雪莲,范赟,等. PET/CT和胸部薄层CT多模式对亚实性肺结节的诊断价值研究[J]. 中国医学装备, 2021, 18(1): 59–63.
- [6] 刘利,毛小博,蒋浩,等. 基于Myrian影像后处理系统的CT诊断技术在早期肺癌筛查与诊断中的应用价值[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(1): 34–38, 44.
- [7] 刘强,娄豪,陈德一,等. 肺肿瘤性磨玻璃结节平均CT值测量相关技术的影响因素研究[J]. 重庆医学, 2021, 50(20): 3482–3486.
- [8] 林泽,李晶,彭志伟,等. AI辅助系统评估双层探测器光谱CT虚拟平扫肺结节检出的价值探究[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(8): 1404–1409.
- [9] 王雷,许涛,史珊,等. 人工智能及CT影像学鉴别诊断恶性及非钙化肺结节研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(5): 64–67.
- [10] 李玉辉,刘龙进,徐乐意,等. 胸部CT不同图像算法对人工智能辅助诊断软件肺结节检出效果的影响研究[J]. 中国医学装备, 2023, 20(12): 10–14.