

肺部结节的 CT 影像诊断研究进展

孙乃林 孙莎莎 宋文

青岛市即墨区中医医院 山东青岛 266200

摘要：肺癌是我国发生率较高的恶性肿瘤之一，该疾病在早期无明显临床表现，随着疾病的进展逐渐产生不适感，此时多数患者已经进入中晚期，五年生存率较低。随着影像学技术的发展，在肺部检查中使用 CT 影像学，能够提高肺部结节的发生率，并能根据肺部结节的 CT 影像学性质，作出针对性处理方式。肺部结节良恶性鉴定及治疗措施，是当前研究的重点内容，本文着重分析肺部结节 CT 影像学在临床中的应用，对 CT 诊断的发展现状及未来趋势进行相关研究。

关键词：肺部结节；CT；影像学诊断；研究进展

据调查研究发现，肺癌是我国癌症发病率、死亡率最高的恶性肿瘤，对患者的生命健康和生活质量产生严重威胁^[1]。肺癌在早期常无明显临床表现，多数患者在明确诊断时已进入中晚期，错过了最佳的治疗时期，预后不佳，五年生存率较低^[2]。肺癌患者经早期治疗后，五年生存率显著升高，因此早诊断、早发现、早治疗时降低肺癌死亡率的关键^[3]。根据结节的性质分为实性结节、纯磨玻璃影结节、部分实性结节，肺部结节是较为常见的肺部病变，在肺癌早期，患者多会存在肺部结节，肺部结节是肺癌监测的关键指标，鉴别其良恶性对于明确患者治疗方式，改善患者预后具有重要意义。医学影像技术在不断发展，在临床上 CT 技术已经得到广泛应用，可通过 CT 扫描来检测肺部结节，诊断水平已经得到显著提升，低剂量螺旋 CT 技术成为早期肺癌诊断的首选影像学技术^[4]。多项研究表明，低剂量螺旋 CT 在肺癌高危人权的早期筛查中，具有较高的检出率。本文结合国内外最新相关文献，分析肺部结节的 CT 影像诊断研究进展。

1. 肺部结节的定义与分类

肺部结节是患者肺组织中的一种结节状阴影，通常表现为密度增高的阴影，肺部结节是较为常见的肺部病变。肺部结节多种原因引起的，主要包括感染性疾病、良性肿瘤或恶性肿瘤等病变。根据结节的性质分为实性结节、纯磨玻璃影结节、部分实性结节^[5]。纯磨玻璃影结节为密度轻度增高的模糊阴影，实性结节为边界清晰、密度均匀的阴，而部分实性结节可同时存在实性结节与纯磨玻璃影结节的相关影像学特征。根据结节直径大小的不同，不同性质的结节可采取不同的应对手段，直径小于 4mm 的结节为微小结节，多

数为良性病变，直径在 5~10 mm 的结节被称为小结节，超过 8 mm 则提示存在恶变风险。在全部的肺部结节中，多数为良性结节，只有极少数肺部结节为肺癌的早期病变^[6]。随着影像学技术的逐渐成熟，肺部结节的检出率不断上升，多数肺部结节随访即可，若结节较小且生长缓慢或不生长，不用采取处理措施，若结节增加速度较大，或结节直径较大，可根据综合检查结果采取合理的处理措施，良性不会对身体产生严重危害，但需定期随访观察结节变化情况，若在诊断中发现有恶性结节的嫌疑，应尽快进行进一步的检查和治疗^[7]。

2. CT 影像学方法

在肺部结节的临床诊断中，CT 影像学发挥重要作用，此种诊断方式可通过非侵入手段提供肺部结节的详细情况，在肺癌的早期筛查中发挥出重要研究。多项研究发现，CT 影像学诊断对肺部结节的检出率较高，同时可通过结节的性质和大小判断良恶性，为患者后续的治疗方案提供影像学依据^[8-9]。通过 CT 影像学诊断，可以对患者肺部结节的基本特征进行了解，分析结节的形态、边缘、密度以及与周围胸膜之间的关系，磨玻璃结节通常恶性率相对较大，但多数生长缓慢，可定期随访处理，若肺部结节边缘光滑、密度较低，则可判断为良性，恶性结节往往与胸膜之间存在明显的空腔样改变，CT 影像诊断的一个重要依据。肺部结节是否具有毛刺征、胸膜凹陷征或分叶征等征象，可作为辅助诊断肺结节良恶性的依据，对于初次诊断无法确定性质的患者，可以定期随访复查低剂量 CT，以便更全面地了解结节的变化的情况，观察结节的生长速度、形态变化等特征，从而进一步推

断其性质。研究发现，相比单纯测量结节直径改变，使用三维成像体积倍增时间，评估结节的生长情况，有利于提高肺癌的早期诊断率^[10]。多维特征和能谱CT技术的应用为肺结节的良恶性鉴别提供了新的可能性，通过对肺结节的灰度图像进行多维纹理特征提取，以及利用能谱CT技术区分不同密度成分的肺结节，可以更准确地进行肺结节的良恶性鉴别^[11]。对结节的密度、大小、征象等方面的综合分析，可以为临床诊断和治疗提供有力的依据，CT在肺部结节患者的临床诊断中发挥出重要作用。

3. CT 影像评估肺部结节的价值

3.1 肺结节分割与检测

常规CT影像诊断技术在临床实践中得到广泛应用，能够清晰地显示肺部结节的形态、大小、位置以及与周围组织的关系。研究发现，常规CT影像诊断技术能够发现直径小于1cm的微小结节^[12]。但该技术影像质量受到多种因素的影响，导致图像模糊或伪影，影响诊断的准确性。高分辨率CT影像通过提高扫描分辨率，能够更清晰地显示肺部结节的形态、边缘和内部结构，研究结果发现高分辨率CT在肺部结节的检出率上较常规CT有明显提升，高分辨率CT还可结合三维重建技术，对肺部结节进行立体展示^[13]。随着医疗技术的不断进步，多种技术手段在CT影像上应用，获得良好的应用效果，肺结节分割与检测，能有效提升对肺部结节的诊断准确率。研究发现，卷积神经网络（CNN）在肺结节的精准分割和分类中显示出了优越性，特征解耦算法通过在神经网络中间层突出肺结节边界和纹理信息，有效提升了分割边界的准确性并降低了假阳性率^[14-15]。改进的C-V模型结合区域信息和边缘信息，能够有效地从肺部CT图像中分割出肺结节区域，对肺癌的筛查和诊断具有重要价值。肺结节分割与检测技术的应用，提高了肺结节分割与检测的准确性，提供了更加高效和可靠的诊断工具。

3.2 计算机辅助检测系统

计算机辅助检测系统能够显著提高对肺结节的检出率，在低剂量CT筛查中，计算机辅助检测通过自动检测和分类肺结节，提高了肺癌早期诊断的可能性。研究发现，与传统阅读相比，使用计算机辅助检测系统输出图像后，放射科医生的平均ROC曲线下面积值有所提高，对于经验较少的医生，计算机辅助检测系统的帮助更为显著，计算机辅助检测系统不仅能够提高对肺结节良恶性的鉴别诊断准确率，还能

降低漏诊或误诊的风险。此外，计算机辅助检测系统的应用还体现在其对不同类型肺结节上，当结合计算机辅助检测系统标记时，对肺结节敏感性都有所提高，计算机辅助检测系统能够有效地辅助医生识别各种类型的肺结节，从而提高整体的检测效率。但也有研究发现，计算机辅助检测系统在某些情况下无法完全替代人工阅片，在低剂量CT肺癌筛查中，相比单独使用计算机辅助检测系统，联合医生双阅片方式可以进一步提高肺结节检出的灵敏度^[16]。

3.3 超高分辨率CT靶扫描

在临床上，超高分辨率CT靶扫描在肺部结节的诊断中具有显著的应用优势，够提供更清晰的图像质量，对于直径小于8mm的肺结节具有较高的诊断价值。张春燕^[17]在研究中发现，CT靶扫描联合多维重建可清晰显示肺部磨玻璃样小结节的形态学结构及邻近组织结构改变等，在肺部磨玻璃样小结节的良恶性鉴别诊断中具备较高诊断效能。与常规CT扫描相比，超高分辨率CT靶扫描在显示肺结节内部混杂密度、结节边缘、分叶征等方面具有明显优势，能够提高诊断正确率。高分辨率CT靶扫对肺微小结节在结节的均匀度、肿瘤微血管征分型及血管数量、结节与小支气管关系上具有显著优势。另一项研究发现，肺结节超高分辨率CT靶扫描影像学联合机器学习在原位腺癌与微浸润腺癌鉴别诊断中具有较高的应用价值^[18]，超高分辨率CT靶扫描应被视为肺部结节诊断中的一个重要工具。

4. CT 诊断面临的挑战

通过低剂量螺旋CT进行肺结节筛查，可以实现肺癌早期筛查的目的，从而极大地提高患者的存活率，计算机辅助检测系统能够从CT图像中检测、分割和诊断肺结节，进一步提高了早期肺癌的生存率^[19]。但是肺结节具有异质性的特性，胸腔内存在大量与结节相似的组织，这给肺结节的计算机辅助检测任务带来了巨大的困难和挑战。深度学习分割方法成为CT诊断肺部结节的的研究热点，但解决数据需求量大，对结节的人工分析存在显著的观察者间差异，这增加了诊断的不确定性。CT诊断技术在肺部结节的应用中已经取得了显著成效，但仍面临着一系列技术挑战。

5. 小结与展望

肺部结节CT影像诊断技术取得了显著的研究成果与贡献，高分辨率CT显著提升肺部结节检出率，深度学习算法能够准确区分良恶性结节，肺结节分割与检测、计算机辅助

检测系统提高了预测精度和可靠性,超高分辨率CT靶扫描对肺微小结节在结节的均匀度、肿瘤微血管征分型及血管数量、结节与小支气管关系上具有显著优势,多种技术的应用为肺部结节的精准诊断和治疗提供了新的思路和方法。肺结节具有异质性的特性,并且肺腔内存在大量与结节相似的组织,给计算机辅助检测带来了挑战。随着人工智能技术的深入应用,多模态影像融合技术的发展也为肺部结节诊断提供了更多可能性,通过定量影像学学等方法,医生可以更加精确地评估结节的良恶性,为患者制定个性化的治疗方案^[20]。未来,深度学习和人工智能技术、高分辨率CT技术以及三维成像技术的应用将是推动肺结节检测和诊断技术发展的关键方向。

参考文献:

- [1] 郭浩阳,陈浩,汪伟,等. 2004—2019年中国肺癌死亡分布及趋势[J]. 济宁医学院学报,2022,45(3):167-170,175.
- [2] 党静,马新颜,段宇帆. 2019年河北省石家庄市肿瘤登记地区肺癌发病、死亡情况及2014—2019年变化趋势分析[J]. 中国肿瘤,2023,32(12):891-898.
- [3] 汪靖婷,钟飞扬,甘甜,等. 基于临床及CT影像学特征构建周围型小细胞肺癌与肺腺癌诊断模型的研究[J]. 临床放射学杂志,2023,42(3):406-410.
- [4] 王俊青,闫迪,毛瑞. 低剂量螺旋CT联合血清VEGF、CEA、CA125水平检测在早期肺癌诊断中的价值[J]. 实用癌症杂志,2023,38(3):418-421.
- [5] Bhandary A, Prabhu G A, Rajinikanth V, et al. Deep-learning framework to detect lung abnormality - A study with chest X-Ray and lung CT scan images[J]. Pattern Recognition Letters, 2020, 129:271-278. DOI:10.1016/j.patrec.2019.11.013.
- [6] 李彩云,张玉顺,鱼军,等. 半自动实性肺结节大小测量能够提高不同观察者间肺部影像报告和数据系统分类的一致性[J]. 实用放射学杂志,2022,38(11):1770-1774.
- [7] Huang X, Sun W, Tseng T L, et al. Fast and fully-automated detection and segmentation of pulmonary nodules in thoracic CT scans using deep convolutional neural networks[J]. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2019.
- [8] 杨桂才. 肺部影像报告和数据系统分级与CT征象对孤立性肺结节的定性诊断价值[J]. 医药论坛杂志,2022,43(12):98-100.
- [9] Venkadesh K V, Setio A A A, Schreuder A, et al. Deep Learning for Malignancy Risk Estimation of Pulmonary Nodules Detected at Low-Dose Screening CT[J]. Radiology, 2021, 300(60):2044-33.
- [10] 黄训波,刘祥治,邱创嘉,等. 良恶性肺部孤立局灶性磨玻璃密度结节CT征象及临床诊断价值[J]. 影像研究与医学应用,2020,4(17):146-147.
- [11] 丁鲁敏,孙希文. 浸润性肺腺癌的倍增时间与驱动基因状态的相关性[J]. 同济大学学报(医学版),2024,45(2):182-188.
- [12] Zoltán Káplár, Essa N B, Balaji N, et al. Conventional CT and PET/CT imaging in the evaluation and management of subsolid pulmonary nodules: an overview of the literature and author recommendations[J]. Clinical and Translational Imaging, 2023.
- [13] 邱珏,徐玉华. 高分辨CT检查对肺部结节患者原位癌及浸润性癌鉴别诊断价值[J]. 影像技术,2023,35(5):21-25,34.
- [14] 孙华聪,彭延军,郭燕飞,等. 3D多尺度深度卷积神经网络肺结节检测[J]. 中国图象图形学报,2021,26(7):1716-1725.
- [15] 王智,武艳飞,李晓凤. 三维卷积神经网络预测肺腺癌患者肺CT内并发结节属性[J]. 实用肿瘤杂志,2021,36(3):240-246.
- [16] 蓝焱锋,叶艺先,蔡宇超. 计算机辅助检测系统(CAD)在16层CT低剂量肺癌筛查肺结节检出中的应用价值[J]. 中国医药指南,2019,17(23):5-7.
- [17] 张春燕. 肺部磨玻璃样小结节(最大径 ≤ 1 cm)应用CT靶扫描联合多维重建鉴别诊断良恶性的临床研究[J]. 影像研究与医学应用,2022,6(23):109-111.
- [18] 胡栩晟,郭艺帆,李鲁,等. 肺结节超高分辨率CT靶扫描影像组学联合机器学习在原位腺癌与微浸润腺癌鉴别中的价值[J]. 浙江临床医学,2023,25(9):1294-1296.
- [19] LI, SHIWEI, LIU, DANDAN. AUTOMATED CLASSIFICATION OF SOLITARY PULMONARY NODULES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK BASED ON TRANSFER LEARNING STRATEGY[J]. Journal of mechanics in medicine and biology,2021,21(5). DOI:10.1142/S0219519421400029.
- [20] 梁付奎,傅晓琴,李彩琴,等. 人工智能AI联合低剂量肺部CT扫描在肺结节诊断中的应用价值分析[J]. 影像研究与医学应用,2023,7(15):28-30.