

高危肺结节影像学表现与术后病理及随访结果对照研究

雷 丹*, 刘妍君#

重庆医科大学附属第二医院, 重庆

收稿日期: 2026年7月14日; 录用日期: 2026年8月6日; 发布日期: 2026年8月13日

摘 要

目的: 以手术病理结果及长期影像随访结果为双重判定标准, 对照分析健康体检人群高危肺结节低剂量螺旋CT (LDCT)影像学特征与病灶良恶性结局的对应关系, 筛选预测高危肺结节恶性病变的独立影像学危险因素, 总结不同影像指标对早期肺部良恶性病变的鉴别诊断价值, 为体检早期肺癌精准筛查、高危结节随访管理提供循证参考。方法: 回顾性选取2024年4月~2026年4月于本健康医学中心行胸部LDCT筛查、影像学评估为高危肺结节的196例患者为研究对象, 根据最终临床结局分为良性组104例、恶性组92例。良性组包含外科手术病理证实良性26例, 全程影像随访结节无增大、无形态恶变征象、持续稳定观察病例58例; 恶性组均为手术病理证实肺部恶性肿瘤。首先采用卡方检验开展单因素分析, 比较两组结节密度类型、最大直径、分叶征、毛刺征、胸膜牵拉征、空泡征、血管集束征等影像学特征; 将单因素分析有统计学意义的指标纳入多因素Logistic回归模型, 筛选恶性病变的独立危险因素, 计算OR值及95%置信区间(95% CI)。结果: 196例高危肺结节中, 良性病变104例, 恶性病变92例, 恶性病变以原位腺癌、微浸润腺癌、浸润性腺癌为主。单因素分析显示: 良恶性组结节密度构成、直径分层分布比较差异均有统计学意义($P < 0.05$); 恶性组混合磨玻璃结节占比更高, 结节直径越大恶性构成比越高。毛刺征、胸膜牵拉征、空泡征、分叶征、血管集束征组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。多因素Logistic回归分析提示, 混合磨玻璃密度、结节最大直径 $> 10 \text{ mm}$ 是高危肺结节恶性病变的独立危险因素。结论: 高危肺结节的密度类型、病灶大小是预测结节良恶性的独立影像学危险因素, 混合磨玻璃密度、大直径结节恶性风险更高; 单一恶性形态学征象鉴别价值有限, 良恶性病灶影像表现重叠明显。本研究结论与Lung-RADS等权威指南理念相符, 采用手术病理联合长期随访的双重判定标准, 贴合体检人群高危结节管理实际, 可提升早期肺癌的鉴别诊断及风险分层准确性。

关键词

低剂量CT, 高危肺结节, 影像学特征, 病理对照, 随访观察, 早期肺癌

*第一作者。

#通讯作者。

Comparative Study on Imaging Manifestations, Postoperative Pathology and Follow-Up Results of High-Risk Pulmonary Nodules

Dan Lei*, Yanjun Liu[#]

The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: July 14, 2026; accepted: August 6, 2026; published: August 13, 2026

Abstract

Objective: To take surgical pathological results and long-term imaging follow-up outcomes as the dual judgment criteria, analyze the correlation between imaging features of high-risk pulmonary nodules detected by low-dose spiral CT (LDCT) and benign and malignant lesions in physical examination population, screen independent imaging risk factors for malignant high-risk pulmonary nodules, and summarize the differential diagnostic value of various imaging indicators, so as to provide evidence-based reference for accurate early lung cancer screening and standardized follow-up management of high-risk pulmonary nodules. **Methods:** A total of 196 patients with high-risk pulmonary nodules who underwent chest LDCT examination in our health medical center from April 2024 to April 2026 were retrospectively enrolled. All subjects were divided into benign group (104 cases) and malignant group (92 cases) according to final clinical outcomes. The benign group included 26 cases confirmed as benign lesions by surgical pathology, and 58 stable cases without nodule enlargement and malignant morphological changes during long-term imaging follow-up. All patients in the malignant group were diagnosed as pulmonary malignant tumors by postoperative pathology. Chi-square test was used for univariate analysis to compare the imaging features such as nodule density type, maximum diameter, lobulation sign, spiculation sign, pleural traction sign, vacuole sign, and vascular convergence sign between the two groups. Variables with statistical differences in univariate analysis were included in multivariate Logistic regression model to screen independent risk factors for malignant lesions, and odds ratio (OR) and 95% confidence interval (95% CI) were calculated. **Results:** Among 196 cases of high-risk pulmonary nodules, 104 cases were benign lesions and 92 cases were malignant lesions, mainly including adenocarcinoma *in situ*, minimally invasive adenocarcinoma and invasive adenocarcinoma. Univariate analysis showed that there were statistically significant differences in nodule density composition and diameter stratification between the two groups ($P < 0.05$). Mixed ground-glass nodules accounted for a higher proportion in malignant group, and the malignancy rate increased with the growth of nodule diameter. There were no significant differences in spiculation sign, pleural traction sign, vacuole sign, lobulation sign, and vascular convergence sign between groups ($P > 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that mixed ground-glass density and nodule diameter greater than 10 mm were independent risk factors for malignant transformation of high-risk pulmonary nodules. **Conclusion:** The density type and lesion size are independent imaging risk factors for judging the benign and malignant properties of high-risk pulmonary nodules. Mixed ground-glass nodules and larger nodules possess higher malignant risk. Single malignant imaging sign has limited differential diagnostic value with obvious overlap between benign and malignant lesions. The research results are consistent with authoritative guidelines such as Lung-RADS. The dual evaluation standard combined with surgical pathology

and long-term follow-up is more suitable for clinical management of high-risk nodules in the physical examination population, which can effectively improve the diagnostic accuracy and risk stratification of early lung cancer.

Keywords

Low-Dose CT, High-Risk Pulmonary Nodules, Imaging Features, Pathological Comparison, Follow-Up Observation, Early Lung Cancer

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

肺癌是我国最为常见的一种癌症, 严重威胁我国居民身体健康。研究表明, 对肺癌高风险人群进行低剂量螺旋 CT (low-dose computed tomography, LDCT) 筛查, 可以有效提高人群肺癌早期诊断率, 降低死亡率[1]。高危肺结节恶变潜能高, 是肺癌早期筛查的重点关注病灶。健康体检人群大多无自觉临床症状, 肺部结节缺乏特征性临床表现, 仅依靠单次 LDCT 影像形态学特征评估结节良恶性存在较强主观性与明显局限性, 极易造成恶性结节漏诊、良性结节过度随访或过度诊疗[2]。

目前临床多数对照研究仅以手术病理结果作为良性结节唯一判定标准, 不符合体检真实场景。体检筛查发现的大量磨玻璃结节分为惰性稳定型与进展型, 长期无变化的磨玻璃结节无需手术, 仅纳入手术病例开展对照研究会存在选择偏倚, 无法真实反映体检人群结节分布特征[3]。此外, 现有相关研究多仅采用单因素分析探讨影像征象与结节良恶性的关联性, 无法排除混杂因素干扰, 难以明确真正具有独立预测价值的指标[4]。

基于上述背景, 本研究优化良性结节判定标准, 同时纳入手术病理良性病例与长期随访无增大、无恶变征象的稳定观察病例; 在单因素分析基础上引入多因素 Logistic 回归分析, 控制混杂因素影响, 筛选高危肺结节恶性病变的独立影像学危险因素。结合 Lung-RADS 等权威指南对比分析研究结果, 旨在以真实临床结局为依据, 系统分析高危肺结节影像特征与良恶性结局的相关性, 为健康医学中心肺结节精准风险分层、随访策略制定、手术指征把控提供客观依据。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性选取 2024 年 4 月~2026 年 4 月于本健康医学中心行胸部 LDCT 筛查、诊断为高危肺结节的 196 例患者为研究对象, 根据最终临床结局分为良性组 104 例、恶性组 92 例。

纳入标准: ① 无症状健康体检人群; ② 首次行胸部 LDCT 完整扫描, 图像质量清晰, 可完整评估结节形态、密度及周边征象; ③ 符合高危肺结节影像学诊断标准; ④ 临床资料完整, 具备手术病理结果或完整年度随访 CT 影像资料。

排除标准: ① 既往肺部恶性肿瘤史、肺部手术史、放化疗史; ② 活动性肺结核、严重间质性肺病、重度慢性阻塞性肺疾病等基础肺部疾病; ③ 图像伪影较重, 无法准确评估结节形态及征象; ④ 随访时间不足、结局不明确的高危结节。

2.2. 良恶性结节判定标准

2.2.1. 恶性结节判定标准

所有恶性病灶均经外科手术切除后病理证实, 病理类型包含原位腺癌、微浸润腺癌、浸润性腺癌等肺部恶性病变。

2.2.2. 良性结节判定标准

满足以下任意一项即可纳入良性组: ① 手术病理证实为良性病变, 包括炎性结节、纤维增生结节、结核结节、错构瘤等良性病灶, 共 26 例; ② 影像随访观察良性标准: 全程规律胸部 CT 随访 ≥ 12 个月, 结节直径无增大、密度无增高、无新增分叶、毛刺、胸膜牵拉、血管集束等恶性征象, 未行手术治疗的稳定性良性结节, 共 58 例。

2.3. 检查方法

所有受检者均采用多层螺旋 CT 完成胸部低剂量扫描, 扫描范围自肺尖至双侧肋膈角。扫描完成后行 1 mm 薄层重建, 所有图像传输至 PACS 工作站[5]。由两名高年资放射诊断医师采用双盲法独立阅片, 详细记录结节最大直径、密度类型、各类影像学特征, 阅片评估严格参照肺结节规范化诊断标准。两人意见不一致时由上级医师会诊确定最终影像结论。

2.4. 观察指标

以最终临床结局分为良性组、恶性组。观察指标包括结节密度类型(实性、纯磨玻璃、混合磨玻璃)、结节最大直径分层、分叶征、毛刺征、胸膜牵拉征、血管集束征、空泡征, 对比两组各项指标的分布差异。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。计数资料以例数、百分比表示, 组间比较采用 χ^2 检验进行单因素分析, 初步筛选与结节良恶性相关的影像学指标。为排除混杂因素影响, 确定预测肺结节恶性的独立危险因素, 将单因素分析中 $P < 0.05$ 的变量纳入多因素非条件 Logistic 回归模型。回归分析结果采用比值比(OR)、95%置信区间(95% CI)及 P 值进行描述。检验水准 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 总体临床结局分布

本研究共纳入高危肺结节 196 例, 良性组 104 例, 恶性组 92 例。良性组包含手术病理确诊良性 26 例, 长期随访形态稳定良性结节 58 例; 恶性组全部经术后病理确诊为肺部恶性肿瘤, 病理类型以原位腺癌、微浸润腺癌、浸润性腺癌为主。

3.2. 不同密度结节良恶性结局对照

良性组 104 例: 实性结节 24 例、纯磨玻璃结节 37 例、混合磨玻璃结节 41 例; 恶性组 92 例: 实性结节 22 例、纯磨玻璃结节 19 例、混合磨玻璃结节 51 例。恶性组混合磨玻璃结节占比更高, 两组密度对比差异有统计学意义($P < 0.05$) [4]。

3.3. 不同直径结节恶性分布

良性组: 6~8 mm 29 例、8~10 mm 31 例、>10 mm 44 例; 恶性组: 6~8 mm 11 例、8~10 mm 18 例、>10

mm 63 例。结节直径越大, 恶性病变发生率越高, 组间对比差异存在统计学意义($P < 0.05$) [6]。

3.4. 良恶性组影像征象对比

良性组 104 例: 分叶征 16 例、毛刺征 11 例、胸膜牵拉征 12 例、血管集束征 20 例、空泡征 11 例; 恶性组 92 例: 分叶征 16 例、毛刺征 16 例、胸膜牵拉征 17 例、血管集束征 20 例、空泡征 13 例。恶性组各类恶性征象检出率略高, 单项影像征象组间比较无统计学差异($P > 0.05$) [7]。

3.5. 多因素 Logistic 回归分析结果

将单因素分析中有统计学意义的结节密度、结节最大直径纳入多因素 Logistic 回归模型, 校正混杂因素后结果显示: 以实性结节为参照, 混合磨玻璃结节发生恶性病变的风险显著升高($OR = 1.91, 95\% CI: 1.08 \sim 3.38, P < 0.05$); 以 6~8 mm 结节为参照, 直径 > 10 mm 结节恶性风险明显增加($OR = 2.96, 95\% CI: 1.63 \sim 5.38, P < 0.05$)。混合磨玻璃密度、结节最大直径 > 10 mm 是高危肺结节恶性病变的独立危险因素, 具体指标见表 1。

Table 1. Multivariate Logistic regression analysis of malignant lesions of high-risk pulmonary nodules
表 1. 高危肺结节恶性病变的多因素 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95% CI	P 值
纯磨玻璃结节(参照: 实性结节)	0.47	0.25~0.90	<0.05
混合磨玻璃结节(参照: 实性结节)	1.91	1.08~3.38	<0.05
8~10 mm (参照: 6~8 mm)	0.57	0.29~1.11	>0.05
>10 mm (参照: 6~8 mm)	2.96	1.63~5.38	<0.05

注: OR 为比值比, 95% CI 为 95%置信区间, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

4. 讨论

4.1. 核心结果分析

本次研究选取 196 例体检高危肺结节患者, 采用病理结果联合长期影像随访双重判定方式划分良恶性组别, 有效弥补以往单一病理分组存在的研究局限, 更加契合健康体检临床实际情况[3]。

研究数据表明, 结节密度、病灶最大直径是判断肺结节良恶性的关键因素。混合磨玻璃结节内部成分复杂, 异型增生概率更高, 大体积结节发生癌变风险明显上升, 这也是临床肺结节风险分级的主要依据[4] [6]。临床开展肺结节恶性风险分层必须综合结节大小、密度两类核心影像学指标, 不可仅凭单一征象下定论[8]。

在影像检查标准化层面, LDCT 薄层重建与规范归档是精准评估结节的前提[5]。

在形态影像征象方面, 毛刺、胸膜牵拉、空泡等典型恶性体征, 并不能够单独作为确诊肺癌的依据。不少慢性炎症、陈旧性肺部病灶同样会出现类似异常形态, 征象交叉重叠情况较为普遍, 容易造成影像误诊[7]。临床放射诊断工作中, 不能单凭某一项形态征象判定病变性质, 需要综合密度、大小、边界、周围组织改变多角度综合判断。

对于体检筛查发现的低风险稳定高危结节, 长期定期 CT 随访为首选方案, 能够减少不必要外科手术与过度医疗; 对于混合磨玻璃、直径较大的高危结节, 需要缩短复查周期, 尽早干预, 达到肺部肿瘤早发现、早诊治的诊疗目的。

4.2. 研究局限性

本研究仍存在一定局限性。第一, 本研究为单中心回顾性研究, 研究对象仅来源于本院健康体检人群, 恶性病灶以原位腺癌、微浸润腺癌等早期肿瘤为主, 中晚期肺癌样本偏少, 存在选择偏倚, 研究结论向外院、门诊就诊人群及不同地域人群推广时需谨慎。第二, 本研究仅纳入静态 LDCT 影像征象开展分析, 未结合患者年龄、吸烟史、肿瘤标志物、结节动态增长速度等临床指标构建预测模型, 分析维度较为单一。第三, 样本未按照不同病理亚型、肿瘤浸润程度进行分层分析, 未能进一步探讨不同病理类型病灶的影像特征差异。第四, 本研究未开展外部队列验证, Logistic 回归模型的稳定性与普适性仍有待多中心、大样本前瞻性研究加以验证。后续可扩大样本量、开展多中心研究, 并整合多类临床指标, 进一步完善肺结节恶性风险预测体系。

5. 结论

综上所述, 高危肺结节良恶性和结节密度、病灶大小密切相关, 混合磨玻璃结节、大直径结节癌变风险更高。单一分叶、毛刺、胸膜牵拉等影像特征诊断局限性较大, 临床鉴别效果一般。

运用术后病理联合长期影像随访的双重评价模式, 可以更加科学准确评估高危肺结节病变性质, 优化体检人群肺结节筛查流程, 降低漏诊与误诊概率, 可为放射科日常阅片、临床随访管理提供可靠参考, 值得临床推广使用。

参考文献

- [1] 国家卫生健康委员会医疗应急司. 肺癌筛查与早诊早治方案(2024 年版) [J]. 中华肿瘤杂志, 2024, 46(10): 911-912.
- [2] 中国肺癌早诊早治专家组, 中国西部肺癌研究协作中心. 中国肺癌低剂量 CT 筛查指南(2025 年版) [J]. 中国肺癌杂志, 2025, 28(12): 887-895.
- [3] 鲁璟, 徐海, 郭雯, 等. 肺磨玻璃结节的影像学诊断及临床处理策略[J]. 中华健康管理学杂志, 2019, 13(2): 170-174.
- [4] 刘士远. 重视肺结节临床处理中的过度诊疗问题[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(11): 1113-1116.
- [5] 刘士远, 于红. 积极推进胸部低剂量 CT 扫描的临床应用[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(1): 6-7.
- [6] 中华医学会放射学分会心胸学组. 肺亚实性结节影像处理专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2021, 49(4): 254-258.
- [7] 王德清, 赵振华. 基于 CT 灌注成像影像组学在良恶性孤立性肺结节鉴别诊断中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(1): 37-40.
- [8] 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2022 版) [J]. 中华医学杂志, 2022, 102(23): 1706-1740.