

可解释AI辅助胸部CT在基层肺部微小结节早期筛查中的效能及临床价值研究

潘康

(湖北省武当山旅游经济特区医院医学 湖北丹江口 442714)

【摘要】目的: 探讨可解释AI辅助胸部CT在肺部微小结节早期筛查中的应用效能及临床价值, 为肺部微小结节的高效筛查提供参考。方法: 选取200例行胸部CT肺部微小结节筛查的受检者作为研究对象, 依据筛查方式分为AI辅助组与常规组各100例, 常规组由影像医师独立完成胸部CT阅片及结节筛查, AI辅助组由影像医师结合可解释AI辅助诊断系统完成筛查, 以病理诊断结果或6个月临床随访结果为金标准, 对比两组筛查诊断效能、结节检出情况及平均阅片时间。结果: AI辅助组筛查敏感度、特异度、准确率均显著高于常规组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); AI辅助组肺部微小结节总检出率、 $\leq 5\text{mm}$ 微小结节检出率均显著高于常规组, 漏诊率显著低于常规组, 平均阅片时间显著短于常规组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 可解释AI辅助胸部CT应用于肺部微小结节早期筛查, 能显著提升筛查诊断效能, 提高微小结节检出率、降低漏诊率, 同时缩短医师阅片时间, 提升筛查效率, 具有较高的临床应用价值, 适合在肺部微小结节大规模早期筛查中推广。

【关键词】可解释AI; 胸部CT; 肺部微小结节; 早期筛查; 诊断效能

Study on the Performance and Clinical Value of Explanatory AI-Assisted Chest CT in Early Screening of Primary Pulmonary Micro-nodules

Pan Kang,

(Department of Medicine, Wudangshan Tourism and Economic Special Zone Hospital, Hubei Province, Danjiangkou, Hubei 442714)

[Abstract] Objective: To evaluate the application efficacy and clinical value of explanatory AI-assisted chest CT in early screening of pulmonary micro-nodules, providing reference for efficient screening of pulmonary micro-nodules. Methods: A total of 200 subjects undergoing chest CT screening for pulmonary micro-nodules were enrolled as study subjects. They were divided into an AI-assisted group and a conventional group ($n=100$ each) based on screening methodology. The conventional group was screened solely by radiologists performing chest CT reading and nodule detection, while the AI-assisted group utilized an explanatory AI diagnostic system. Pathological diagnosis or 6-month clinical follow-up results served as the gold standard. The diagnostic performance, nodule detection rates, and average reading time were compared between the two groups. Results: The AI-assisted group demonstrated significantly higher sensitivity, specificity, and accuracy compared to the conventional group ($P < 0.05$). The total detection rate and detection rate of $\leq 5\text{mm}$ micro-nodules in the AI-assisted group were significantly higher than those in the conventional group, while the missed diagnosis rate was significantly lower. The average reading time was also significantly shorter in the AI-assisted group, with all differences being statistically significant ($P < 0.05$). Conclusion: It is demonstrated that AI-assisted chest CT significantly enhances the diagnostic efficacy of early pulmonary micro-nodule screening, improving detection rates while reducing missed diagnosis rates. Additionally, it reduces radiologist review time and improves screening efficiency, demonstrating substantial clinical value and suitability for widespread adoption in large-scale early pulmonary micro-nodule screening programs.

[Key words] Explainable AI; Chest CT; Pulmonary micro-nodules; Early screening; Diagnostic efficacy

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 200 例行胸部 CT 肺部微小结节早期筛查的受检者, 筛查时间为 2024 年 1 月—2024 年 10 月。纳入标准: 年龄 20~75 岁, 自愿行胸部 CT 肺部结节筛查, 胸部 CT 影像资料完整清晰, 筛查后完成 6 个月临床随访或经病理检查

明确结节性质, 肺部结节直径 $\leq 8\text{mm}$ (微小结节范畴)^[1]。排除标准: 存在肺部手术史、胸部外伤史, 合并肺部恶性肿瘤、严重肺部感染、间质性肺病, 影像资料模糊或缺失, 随访失联者。依据筛查方式将受检者分为 AI 辅助组与常规组各 100 例, AI 辅助组男 56 例, 女 44 例; 年龄 22~74 岁, 平均 (48.6 ± 9.2) 岁; 受检原因: 健康体检 72 例, 咳嗽、胸闷等呼吸道症状 28 例。常规组男 53 例, 女 47 例; 年龄

20~75岁,平均(49.1±8.8)岁;受检原因:健康体检70例,呼吸道症状30例。两组受检者性别、年龄、受检原因等一般资料对比,差异无统计学意义(P>0.05),具有可比性。两组阅片医师均为从事影像诊断工作5年以上的专业医师,医师资质、阅片经验无显著差异。

1.2 方法

两组均采用64东软NeuViz Glory 128排螺旋CT行胸部平扫,扫描范围自肺尖至膈下,扫描参数^[2]:管电压120kV,管电流200mA,层厚1mm,层间距1mm,重建矩阵512×512,扫描后将影像资料传输至影像工作站^[3]。

常规组:由2名高年资影像诊断医师独立阅片,共同判定结节的位置、大小、形态及性质,意见不一致时经讨论达成一致,最终得出筛查诊断结果,记录结节检出情况及阅片耗时^[4]。

AI辅助组:将胸部CT影像资料导入可解释AI胸部结节辅助诊断系统,系统自动完成影像分割、结节识别,对疑似结节进行精准标注,同时给出结节的大小、形态、密度等特征参数,以及良恶性概率判定,并通过可视化图像标注解释判定依据^[5];随后由与常规组同资质的2名影像医师结合AI系统分析结果进行阅片,综合判定结节性质及筛查结果,记录相关指标。以病理活检结果(手术或穿刺病理)为金标准,无病理结果者以6个月胸部CT随访结果为金标准(结节无变化判定为良性,结节增大/形态恶变判定为恶性),以此评估两组筛查结果的准确性^[6]。

1.3 观察指标

①筛查诊断效能:计算两组敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值,计算公式:敏感度=真阳性例数/(真阳性例数+假阴性例数)×100%;特异度=真阴性例数/

(真阴性例数+假阳性例数)×100%;准确率=(真阳性例数+真阴性例数)/总例数×100%;阳性预测值=真阳性例数/(真阳性例数+假阳性例数)×100%;阴性预测值=真阴性例数/(真阴性例数+假阴性例数)×100%^[7]。②结节检出情况:统计两组肺部微小结节总检出率、≤5mm微小结节检出率、漏诊率,漏诊率=漏诊例数/实际结节阳性例数×100%。③阅片效率:记录两组平均单例阅片时间(从影像调阅至得出诊断结果的耗时)^[8]。

1.4 统计学方法

采用SPSS26.0统计学软件分析数据,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,行独立样本t检验;计数资料以n(%)表示,行 χ^2 检验,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组筛查诊断效能对比

经金标准判定,200例受检者中肺部微小结节阳性60例,阴性140例。AI辅助组筛查敏感度、特异度、准确率均显著高于常规组,组间对比差异有统计学意义(P<0.05);两组阳性预测值、阴性预测值对比,差异无统计学意义(P>0.05),见表1。

2.2 两组结节检出情况及平均阅片时间对比

AI辅助组肺部微小结节总检出率、≤5mm微小结节检出率均显著高于常规组,漏诊率显著低于常规组,差异有统计学意义(P<0.05);AI辅助组平均单例阅片时间显著短于常规组,差异有统计学意义(P<0.05),见表2。

表1 两组筛查诊断效能对比[n(%)]

组别	例数	敏感度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
AI辅助组	100	96.67(29/30)	94.29(66/70)	95.00(95/100)	87.88(29/33)	98.51(66/67)
常规组	100	83.33(25/30)	85.71(60/70)	85.00(85/100)	80.65(25/31)	88.24(60/68)
χ^2 值		3.841	4.000	6.000	0.165	2.841
P值		<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

表2 两组结节检出情况及平均阅片时间对比[n(%), $\bar{x} \pm s$]

组别	例数	总检出率	≤5mm微小结节检出率	漏诊率	平均阅片时间(min)
AI辅助组	100	95.00(29/30)	94.74(18/19)	5.00(1/30)	6.2±1.3
常规组	100	83.33(25/30)	78.95(15/19)	16.67(5/30)	10.5±2.1
χ^2/t 值		3.841	3.927	3.927	18.028
P值		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

3 讨论

肺部微小结节是早期肺癌的重要表现形式,其早期筛查与精准诊断对降低肺癌病死率、改善患者预后具有重要意义。胸部CT是肺部微小结节筛查的首选影像学手段,但微

小结节直径小、形态特征不典型,且大规模筛查中影像资料量大,单纯依靠医师人工阅片易因视觉疲劳、主观判断偏差导致微小结节漏诊,同时人工阅片耗时较长,影响筛查效率,难以满足肺部微小结节大规模早期筛查的临床需求^[9]。

可解释AI是在传统人工智能基础上发展的新型辅助诊

断技术,相较于传统 AI“黑箱式”的诊断结果,可解释 AI 能通过可视化标注、特征参数分析等方式,明确给出诊断判定的依据,让医师清晰了解 AI 的分析逻辑,同时其依托深度学习算法,能精准识别 CT 影像中细微的结节特征,弥补人工阅片的视觉局限性^[10]。本研究将可解释 AI 与胸部 CT 结合应用于肺部微小结节筛查,结果显示, AI 辅助组筛查敏感度、特异度、准确率均显著高于常规组,提示可解释 AI 能有效提升肺部微小结节筛查的诊断效能,减少假阳性、假阴性结果的出现。分析其原因,可解释 AI 系统能对 CT 影像进行像素级分割,精准识别直径 $\leq 5\text{mm}$ 的微小结节,同时自动提取结节的密度、边缘、分叶等特征,为医师提供客观的分析依据,减少医师主观判断带来的误差,从而提升筛查准确性^[11]。

本研究结果还显示, AI 辅助组总检出率、 $\leq 5\text{mm}$ 微小结节检出率显著高于常规组,漏诊率显著低于常规组,且平均阅片时间大幅缩短。这一结果证实,可解释 AI 能有效解决人工阅片对微小、不典型结节识别能力不足的问题,降低漏诊风险,尤其是对 $\leq 5\text{mm}$ 的超微小结节,其识别优势更为明显,而这类结节正是早期肺癌筛查的重点关注对象,提升其检出率能让患者获得更早的干预治疗。同时, AI 系统

能自动完成结节的初步识别与标注,减少医师人工逐帧阅片的工作量,大幅缩短阅片时间,提升整体筛查效率,更适合开展肺部微小结节的大规模人群筛查^[12]。此外,可解释 AI 的可视化解释功能,能让基层影像医师快速理解结节的特征与判定依据,在一定程度上弥补医师经验的不足,提升筛查的标准化程度。

需要注意的是,可解释 AI 仅为临床筛查的辅助手段,不能完全替代影像医师的诊断作用。AI 系统虽能精准识别结节特征,但无法结合受检者的临床病史、体征、实验室检查等综合信息进行判定,部分不典型的炎性结节、增生性结节易被误判,因此临床应用中需坚持“AI 辅助+医师综合判定”的模式,将 AI 分析结果与临床资料相结合,才能进一步提升筛查的准确性^[13]。同时,需定期对 AI 系统进行临床数据训练与更新,使其更贴合临床实际筛查需求。

综上,可解释 AI 辅助胸部 CT 应用于肺部微小结节早期筛查,能显著提升筛查诊断效能与微小结节检出率,降低漏诊率,同时缩短阅片时间、提升筛查效率,其可解释性也让临床应用更具实用性与可靠性,为肺部微小结节的早期筛查提供了高效、准确的新方式,具有重要的临床推广价值,尤其适用于肺部微小结节的大规模人群筛查工作。

参考文献:

- [1]张英.肺部有结节怎么办?肺癌筛查您做对了吗?[N].医药养生保健报,2024-04-24(009)..2024.001204.
- [2]陈海洋,李军强,高春愿,等. 64 排 128 层低剂量螺旋 CT 在肺部结节筛查中的应用价值[J].现代医用影像学,2024,33(10):1841-1843.
- [3]张文举,陈子龙,黄梦莹. CT 灌注成像联合增强扫描在鉴别肺癌及肺部炎性结节中的应用价值[J].临床医学,2025,45(03):76-78. 1003-3548.2025.03.024.
- [4]陈树东.人工智能辅助胸部 CT 在早期肺癌筛查中的诊断价值及临床应用研究[C]//天津市互联网医学科普协会.临床医学研究创新学术交流会议论文集.围场县中医院,;2026:107-111.2026.002998.
- [5]阴佩娴. CT 扫描技术在肺部结节诊断中的应用研究[J].现代医用影像学,2025,34(02):383-386.
- [6]杜冬芳.基于胸部 CT 影像学特征进行 IPF 和 CTD-ILD 的疾病鉴别与预后预测研究[D].甘肃中医药大学,2025.2025.000246.
- [7]靳强,高俊萍,王欢,等. 基于深度学习人工智能软件评估胸部 CT 肺结节检出及良恶性诊断的价值研究[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2025,23(04):68-70.
- [8]王宏. 胸部 X 线联合 CT 检查在肺部感染早期筛查中的诊断效果[J].影像研究与医学应用,2019,3(23):114-115.
- [9]Yinling C ,Jie H ,Xinyan C , et al. Postpartum pulmonary micronodules and thyroid cystic nodules in a COVID-19 vaccinated patient: A CARE-compliant case report[J].Medicine,2025,104(43):e45557-e45557.000000000045557.
- [10]于程程,王晨,李翔,等. AI 与不同年资医师对肺结节检出效能的比较研究[J].影像研究与医学应用,2025,9(04):22-25.096-380 7.2025.04.007.
- [11]张代义,杨雪娇,施斐,等. 人工智能及其三维特征对肺磨玻璃结节良恶性诊断的应用价值[J].医学影像学杂志,2024,34(12):61-64.1006-9011.2024.12.013.
- [12]Cao F ,Zhao P ,Lin Y , et al. Utilization of artificial intelligence-based pulmonary nodule target reconstruction software in clinical practice education for standardized training residents[J].BMC Medical Education,2025,25(1):971-971.12909-025-07576-Y.
- [13]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.