

论 著

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*

靳 强¹ 高俊萍¹ 王 欢^{1,*}
江 涛¹ 孙红红¹ 赵 丽²

1.河北北方学院附属第二医院影像科

(河北 张家口 075100)

2.石家庄市人民医院呼吸科

(河北 石家庄 075000)

【摘要】目的 基于深度学习的人工智能(AI)软件在胸部CT肺结节检出及良恶性诊断的价值研究,以期临床诊治提供参考。方法 回顾性分析我院自2021年4月至2023年1月收治的接受胸部CT检查并进行病理确诊的肺结节患者183例的临床资料,共检出肺结节271个,其中良性肺结节165个,恶性肺结节106个,对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果及ROC曲线。结果 基于深度学习AI软件诊断与影像学医师诊断比较肿瘤最大径长度 $\leq 10\text{mm}$ 、密度为混合磨玻璃的肺结节诊断正确率较高,胸膜相连接结节诊断正确率较低,差异有统计学意义($P<0.05$)。基于深度学习AI软件诊断与影像学医师诊断肺结节的准确率、精确度、敏感度及特异性对比,差异无统计学意义($P>0.05$)。行ROC曲线分析结果可见,基于深度学习AI软件诊断鉴别肺结节良恶性的曲线下面积为0.877(95%CI: 0.758~0.944),影像科医师诊断鉴别肺结节良恶性的曲线下面积为0.851(95%CI: 0.725~0.938),二者诊断肺结节的良恶性效能无明显差异($P>0.05$)。结论 基于深度学习的人工智能(AI)软件在胸部CT肺结节检出工作中具有非常好的诊断效能,应用价值较高。

【关键词】基于深度学习的人工智能;
胸部CT肺结节;良恶性诊断;诊断效能

【中图分类号】R563

【文献标识码】A

【基金项目】河北省2023年度医学科学研究
课题计划(20231618)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.04.020

To Explore the Value of Deep Learning-based Artificial Intelligence Software in the Detection and Diagnosis of Benign and Malignant Pulmonary Nodules in Chest CT*

JIN Qiang¹, GAO Jun-ping¹, WANG Huan^{1,*}, JIANG Tao¹, SUN Hong-hong¹, ZHAO Li².

1.Department of Imaging, The Second Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075100, Hebei Province, China

2.Department of Respiratory, Shijiazhuang People's Hospital, Shijiazhuang 075000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To study the value of artificial intelligence (AI) software based on deep learning in the detection and diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules in chest CT, in order to provide reference for clinical diagnosis and treatment. **Methods** Clinical data of 183 patients with pulmonary nodules admitted to our hospital from April 2021 to January 2023 who received chest CT examination and were pathologically confirmed were retrospectively analyzed. A total of 271 pulmonary nodules were detected, including 165 benign pulmonary nodules and 106 malignant pulmonary nodules. The diagnosis results and ROC curves of benign and malignant pulmonary nodules were compared between deep learning AI software and imaging physicians. **Results** The diagnostic accuracy of pulmonary nodules with the maximum diameter length $\leq 10\text{mm}$ and the density of mixed ground glass was higher than that of those diagnosed by imaging doctors based on deep learning AI software, while the diagnostic accuracy of pleural junction nodules was lower, with statistical significance ($P<0.05$). There was no significant difference in accuracy, accuracy, sensitivity and specificity between the diagnosis of lung nodules based on deep learning AI software and imaging physicians ($P>0.05$). ROC curve analysis results showed that the area under the curve for diagnosing benign and malignant pulmonary nodules based on deep learning AI software was 0.877 (95%CI: 0.758~0.944), and the area under the curve for diagnosing benign and malignant pulmonary nodules by radiologists was 0.851 (95%CI: 0.725~0.938). There was no significant difference in the diagnostic efficacy of benign and malignant pulmonary nodules ($P>0.05$). **Conclusion** Artificial Intelligence (AI) software based on deep learning has very good diagnostic efficiency and high application value in chest CT pulmonary nodule detection.

Keywords: Artificial Intelligence Based on Deep Learning; Chest CT Pulmonary Nodules; Benign and Malignant Diagnosis; Diagnostic Efficiency

随着现代医疗技术的不断发展及更新,临床工作中对于肺小结节的穿刺手段也在不断地更新及完善,既往临床工作中所采取的CT引导下穿刺活检技术在为了获取患者的病变组织样本时,多通过利用单纯的CT图像引导完成,操作方法相对简单^[1]。但其中操作期间需要进行多次的CT图像扫描以保证对活检头的位置进行有效的调整,达到获取样本的目的,但部分患者在经过多次活检头位置调整之后,可受到较大的辐射影响或伴随而来诸多并发症,对穿刺活检结果及预后带来不良影响^[2]。基于此,基于深度学习的AI软件在胸部CT肺结节的诊断及应用期间获得了相应的发展,该操作技术的诊断应用方法较为突出,技术过硬,检出率不会受到患者年龄、当前扫描设备以及辐射剂量等多种因素的影响,且具有相对较高的操作准确度,可获得更加明显的操作效果,不过其诊断准确性是否可接近于病理学诊断仍然需要进一步的分析及探讨^[3]。本次研究现就基于深度学习的人工智能(AI)软件在胸部CT肺结节检出及良恶性诊断的价值进行分析及总结,旨在为疾病后续诊断及治疗提供可靠参考依据,结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析我院自2021年4月至2023年1月收治的接受胸部CT检查并进行病理确诊的肺结节患者183例的临床资料,该组患者中男103例,女80例,年龄在46至69岁之间,平均 (55.15 ± 2.23) 岁,结节发生原因:有症状检查125例,无症状检查58例,穿刺靶病灶的部位:右肺上叶57例,右中叶37例,右肺下叶22例,左上肺25例,左下肺10例,纵隔18例,胸壁5例,肺门9例。

纳入标准:均为胸部CT检查以及病理穿刺活检,既往有肿瘤疾病史者;具有完整的临床资料,全部患者的血常规、出凝血时间、心电图检查结果均正常;神志以及认知功能较为清楚,能够自愿的配合穿刺检查;自愿签署关于本次试验的知情权同意书。排除标准:意识不清或者认知功能障碍、合并患有精神类疾病者;有药物过敏史者;合并存在严重并发症者;碘过敏史以及甲亢史等;因各种原因导致的临床资料不全者,配合度较差者,拒绝参与本次研究者。本研究经伦理委员会审核通过。

【第一作者】靳 强,男,主治医师,主要研究方向:肺小结节研究。E-mail: chenhang978@126.com

【通讯作者】王 欢,女,医师,主要研究方向:早期肺癌诊断。E-mail: chenhang978@126.com

图像纳入标准：结节大小[肺窗(窗位-520HU，窗宽1450HU，下测量示结节最大直径在2至30mm之间)]^[4]。图像排除标准：由于人体呼吸运动、金属等原因造成的伪影，因各种因素导致的CT图像扫描质量欠缺者；行病理检查证实存在转移瘤或者中间型肿瘤者；在本院实施CT检查之前已经对目标病灶实施过穿刺活检以及射频消融等侵入性诊断与治疗者；单个患者的肺部结节在10个以上者，合并存在弥漫性肺部疾病者。

1.2 仪器与方法 采用GE Revolution 256排CT仪对患者进行全肺平扫以及增强扫描，具体操作方法：帮助患者摆放仰卧位，头部先进，扫描范围自患者的胸廓入口出开始直至肺底部。扫描参数设置：管电流在10至740mAs之间，管电压为120Kv，螺距0.992：1，层间距为5mm。在实施增强扫描时需要将静脉团注对比剂碘佛醇50mL，流速为3mL/s，随后采取同样的速度向其中注入30mL的生理盐水^[5]。采集注入对比剂后60s的图像，在获取图像后将其定义为增强延迟期图像。

1.3 数据标注及判定标准 全部患者均接受了胸部平扫CT检查，全部数据均由2名影像科医师采用医学影像辅助诊断软件Dr.Wise Lung Analyer的基于深度学习AI软件进行肺结节检测及标注，随后由Dr.Wise Lung Analyer当中的基于细粒度特征的深度学习肺结节的良性以及恶性诊断模型，随后采用胸部平扫CT对肺结节的良恶性情况进行判断^[6]。该模型本身基于CNN，在应用期间能够随时考虑肺结节病灶区域的整体以及局部特征性症状及表现。全部肺结节均由影像学医师按照既往工作经验进行判断并给出相应的诊断结果，同时保证全部良恶性结节的判断标准均由病理科医师进行评估，并根据结果为临床工作者提供相应的影像学指导^[7]。

1.4 观察指标 对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果；对比肺结节影像学临床特征以及检出率；对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果；基于深度学习AI软件与影像学医师诊断肺结节的良恶性ROC曲线。

1.5 统计学方法 采用SPSS 22.0软件对数据进行统计学分析，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，采用t检验，计数资料以%表示，采用 χ^2

检验，采用ROC分析判断基于深度学习AI软件与影像学医师的诊断效能， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果 基于深度学习AI软件与影像学医师诊断肺结节良恶性时可见，正确诊断结果为恶性者共92个，占86.79%(92/106)，误诊为良性者共14个，占13.21%(14/106)；正确诊断结果为良性者共145个，占87.88%(145/165)，误诊为恶性者有20个，占12.12%(20/165)。见表1。

表1 对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果

病理结果	基于深度学习AI软件诊断		影像学医师诊断	
	恶性	良性	恶性	良性
恶性(n=106)	92(86.79)	14(13.21)	88(83.02)	18(16.98)
良性(n=165)	20(12.12)	145(87.88)	18(10.91)	147(89.09)

2.2 对比肺结节影像学临床特征以及检出率 基于深度学习AI软件诊断与影像学医师诊断比较肿瘤最大径长度 $\leq 10\text{mm}$ 、密度为混合磨玻璃的肺结节诊断正确率较高，胸膜相连接结节诊断正确率较低，差异有统计学意义($P<0.05$)。见表2。

2.3 对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果 基于深度学习AI软件诊断与影像学医师诊断肺结节的准确率、精确度、敏感度及特异性对比，差异无统计学意义($P>0.05$)。见表3。

2.4 基于深度学习AI软件与影像学医师诊断肺结节的良恶性ROC曲线 行ROC曲线分析结果可见，基于深度学习AI软件诊断鉴别肺结节良恶性的曲线下面积为0.877(95%CI: 0.758~0.944)，影像科医师诊断鉴别肺结节良恶性的曲线下面积为0.851(95%CI: 0.725~0.938)，二者诊断肺结节的良恶性效能无明显差异($P>0.05$)。见图1。

表2 对比肺结节影像学临床特征以及检出率

临床征象	个数	基于深度学习AI软件诊断	影像学医师诊断	χ^2	P
最大径长度	$\leq 10\text{mm}/11\sim 20\text{mm}/21\sim 30\text{mm}$	136/97/38	132/100/39	2.369	0.165
密度	完全磨玻璃/混合磨玻璃/实性	44/133/94	40/136/95	1.887	0.208
结节位置	胸膜相连接结节/周围性结节/中心性结节/肺门区结节	55/125/53/38	50/129/60/32	2.061	0.663

表3 对比基于深度学习AI软件与影像学医师对肺结节良恶性诊断结果

组别	准确率	精确度	敏感度	特异性
基于深度学习AI软件	85.25	85.36	97.22	72.58
影像学医师	84.33	8.02	96.24	71.66
χ^2	0.365	0.658	0.598	0.771
P	0.201	0.165	0.102	0.998

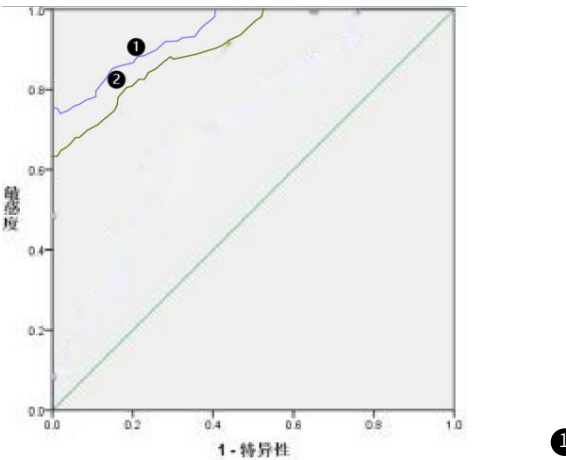


图1 基于深度学习AI软件与影像学医师诊断肺结节的良恶性ROC曲线。①为基于深度学习AI软件诊断鉴别肺结节良恶性；②影像科医师诊断鉴别肺结节良恶性。

3 讨 论

肺癌作为全球范围内一类发病率较高的恶性呼吸系统疾病，本身具有较高的发病率及死亡率，由于肺部结节体积较小且位置较深，临床症状并不典型，因此在对肺结节进行早期有效筛查时一直被认为是目前呼吸科临床工作者的难题，甚至对疾病诊断质量以及预后评估带来不同程度的影响^[8]。肺结节穿刺活检术作为一种有效的活检操作手段，能够通过直接的获取病变组织标本，对其进行诊断与鉴别，不过既往实施的肺微结节穿刺活检术尽管可对靠近胸壁以及体积较大的结节病灶可获得较好的活检结果，但对于肺结节而言，因其体积较小，容易伴随呼吸而动，一次性取材成功率较低，甚至可伴随发生不同程度的并发症，也增加了穿刺的风险及难度^[9]。近年来，随着现代医学技术的不断发展，基于深度学习的人工智能(AI)软件在各类疾病诊断工作中获得了更多的应用。其中计算机辅助诊断技术在既往的临床工作中已经在一些医疗发达国家获得了进一步的发展，尤其是在医学影像学领域当中，此类计算机辅助诊断系统的应用不仅弥补了医疗人力资源的不足，充分解放了放射科医师工作繁忙等问题以及工作上的负担，尤其是对AI技术而言，仅需要5s即可完成1名患者的影像阅片，与一般人工阅片相比明显缩短了阅片的时间，这也证实了AI技术操作极大程度的提高了影像科医生的诊断工作效率^[10-11]。

在本次研究中，我院就基于深度学习的人工智能(AI)软件在胸部CT肺结节检出及良恶性诊断的价值进行分析，通过对疑似肺结节的病例进行检测及鉴别，并登入到AI系统，全部结节均可保证进一步的被一一对应被检测并获得提取，这也证明了AI技术在疾病诊断以及检测方面获得了进步以及空前的成绩，甚至在某些报道当中认为该技术可获得理论上100%的检测效能^[12]。既往也有相关临床资料证实，对已经确诊的肺结节以及肺癌患者在进行诊断时，可见基于深度学习的人工智能(AI)软件以及影像学医师诊断肺结节良恶性的准确率可达到90%左右，不过也存在一定的误诊情况，例如受到了部分部位的影响，或与气管相关的误诊、与血管相关的误诊以及其他不常见的因素^[13]。另外，AI作为一张方便又易行的“筛子”先将肺结节快速的筛选一遍，临床医师在根据多年的临床思维，最终判定是否为结节，并给出合理的处置意见^[14]。结果可见，基于深度学习AI软件诊断与影像学医师诊断比较肿瘤最大径长度 $\leq 10\text{mm}$ 、密度为混合磨玻璃的肺结节诊断正确率较高，胸膜相连接结节诊断正确率较低，差异有统计学意义($P<0.05$)。基于深度学习AI软件诊断与影像学医师诊断肺结节的准确率、精确度、敏感度及特异性对比，差异无统计学意义($P>0.05$)。行ROC曲线分析结果可见，基于深度学习AI软件诊断鉴别肺结节良恶性的曲线下面积为0.877(95%CI: 0.758~0.944)，影像科医师诊断鉴别肺结节良恶性的曲线下面积为0.851(95%CI: 0.725~0.938)，二者诊断肺结节的良恶性效能无明显差异($P>0.05$)。分析结果可见，于深度学习的人工智能(AI)软件在胸部CT肺结节检出工作中具有较高的诊断效能，在临床诊断工作中能够有效的协助临床医师完整对肺结节良恶性的判断，与既往研究报道基本一致^[15]。

综上所述，基于深度学习的人工智能(AI)软件在胸部CT肺结节检出工作中具有非常好的诊断效能，在分析及判断肺结节良恶性鉴别诊断方面具有较高的应用价值，在日常临床工作中可有效的协助临床医师完成对肺结节良性以及恶性的判断，应用价值较高。

参考文献

- [1] 刘珍娟,傅迎霞,张羽,等.不同CT图像重建算法下基于深度学习的肺结节检测算法效能[J].中国医学影像技术,2019,35(12):1775-1779.
- [2] Torre LA, Siegel RL, Jemal A. Lung cancer statistics[J]. Adv Exp Med Biol, 2016, 893: 1-19.
- [3] 张啸波,肖越勇,张肖,等.针道封堵技术预防CT引导下经皮穿刺肺结节射频消融同步活检出血[J].中国介入影像与治疗学,2021,18(1):13-17.
- [4] Hu Q, Lai G X, Xu L Y, et al. Pulmonary extranodal natural killer/T-cell lymphoma: clinical analysis of three cases[J]. Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Diseases, 2019, 42(3): 193-197.
- [5] 戴一帆,徐峰.CT引导下经皮肺穿刺切割活检术并发症的预防和处理[J].中华结核和呼吸杂志,2020,43(8):709-712.
- [6] 戴正行,胡春洪,王希明,等.基于DenseNet网络深度学习法CT图像人工智能分析技术判断肺结节良恶性[J].放射学实践,2020,35(4):484-488.
- [7] 宋玉,才立梅,刘京,等.互联网+延续性护理在3D共面模板引导下肺小结节穿刺活检中的应用效果[J].中国医药导报,2021,18(19):181-184.
- [8] 陈华,林芝,林守钰,等.3D重建辅助CT引导下肺内小结节硬化剂胶水穿刺定位的围手术期护理[J].福建医药杂志,2022,44(2):173-176.
- [9] 刘国徽,庄兴俊,苏国强,等.套管内自体血注入法减少CT引导下经皮肺、纵隔穿刺活检术气胸的研究[J].介入放射学杂志,2020,29(1):79-82.
- [10] Liu K, Li Q, Ma J, et al. Evaluating a fully automated pulmonary nodule detection approach and its impact on radiologist performance[J]. Radiol Artif Intell, 2019, 1(3): e180084.
- [11] 黄玉胜,夏蕾,唐翠萍,等.快速现场细胞学评价在CT引导下经皮肺穿刺活检中的应用研究[J].重庆医学,2020,49(17):2885-2888.
- [12] 王乐,朱杰,郑鹏宇,等.多层螺旋CT与CT引导下经皮肺穿刺活检术对2.0cm以下周围型肺癌的诊断价值[J].中国肿瘤临床与康复,2021,28(5):545-549.
- [13] 张晓东,郑晚霞,张万林,等.CT引导下经皮肺穿刺活检术在肺部疾病诊断中的应用价值及术后并发症的危险因素研究[J].实用心脑血管病杂志,2021,29(5):108-112.
- [14] 潘良东,王炯.CT引导下经皮肺穿刺活检术对肺小结节诊断价值[J].临床肺科杂志,2020,25(4):537-541.
- [15] 李欣菱,郭芳芳,周振,等.基于深度学习的人工智能胸部CT肺结节检测效能评估[J].中国肺癌杂志,2019,22(6):336-340.

(收稿日期:2023-12-12)

(校对编辑:翁佳鸿)