

# 人工智能技术在胸部高分辨率CT中对肺结节诊断的应用

杨金生<sup>1</sup>, 李聪<sup>2</sup>

1. 沈阳市中医院放射线科, 辽宁 沈阳 110003;
2. 沈阳市第四人民医院放射科, 辽宁 沈阳 110003

**摘要:** **目的** 探讨人工智能(AI)技术在胸部高分辨率CT(HRCT)中对肺结节诊断的效能。**方法** 回顾性分析沈阳市中医院2020年1月至2021年1月经胸部HRCT扫描的130例单发肺结节患者的临床资料,所有患者均经手术病理确诊,运用AI影像分析系统与人工对比分析结节的特征,得出结节的大小、密度及危险度,对比AI和人工的检出时间、漏诊率、假阳性率和准确度。**结果** AI检测出肺结节的时间为(73.10±28.35)s,漏诊率1.54%,假阳性率23.35%,与病理诊断的符合率72.31%;人工检测出肺结节的时间为(273.26±68.62)s,漏诊率6.92%,假阳性率0,与病理诊断的符合率90.00%。AI在肺微小结节的检出时间及检出率显著优于人工,人工在肺结节假阳性率及与病理诊断的符合率优于AI( $P<0.05$ )。**结论** 虽然AI技术检测的假阳性率较高,在结节的定性上与人工还有一定差距,但可以辅助人工,在提高工作效率和降低漏诊率上效果显著。

**关键词:** 高分辨率CT; 肺结节; 人工智能; 诊断价值

**中图分类号:** R445.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2022)03-0343-04

## Application of AI technique in chest high resolution CT in the diagnosis of pulmonary nodules

YANG Jin-sheng\*, LI Cong

\* Department of Radiology, Shenyang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shenyang, Liaoning 110003, China

Corresponding author: LI Cong, E-mail: 110739956@qq.com

**Abstract:** **Objective** To investigate the efficacy of artificial intelligence (AI) technology in chest high resolution CT (HRCT) in the diagnosis of pulmonary nodules. **Methods** The data of 130 patients with single pulmonary nodule received chest HRCT in Shenyang Hospital of Traditional Chinese Medicine from January 2020 to January 2021 were analyzed retrospectively. All patients were diagnosed by surgery and pathology. The characteristics of nodules were compared and analyzed by AI image analysis system and manual reading, including the size, density and risk of nodules. The detection time, missed diagnosis rate, false positive rate and accuracy of AI and artificial were counted. **Results** The time of AI detecting pulmonary nodules was (73.10±28.35) s, the missed diagnosis rate was 1.54%, the false positive rate was 23.35%, and the coincidence rate with pathological diagnosis was 72.31%. The time of manual reading of pulmonary nodules was (273.26±68.62) s, the missed diagnosis rate was 6.92%, the false positive rate was 0, and the coincidence rate with pathological diagnosis was 90.00%. The detection time and detection rate of AI in pulmonary nodules were significantly better than those of manual reading, and the false positive rate and coincidence rate with pathological diagnosis of manual reading were better than those of AI ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Although the false positive rate of AI technology is high, and there is still a certain gap between AI technology and manual reading in the qualitative analysis of nodules, still AI could assist manual reading, and has a significant effect in improving work efficiency and reducing missed diagnosis rate.

**Keywords:** High resolution CT; Pulmonary nodule; Artificial intelligence; Diagnostic value

肺内孤立小结节(SPN)是指直径在3 cm以内的小结节,1 cm以内为微结节,通常为小的局部病灶,不伴有肺不张、淋巴结肿大、胸腔积液等早期症状,是肺癌早期病变的影像学征象<sup>[1]</sup>,孤立性肺结节一般无典型的症状,多为体检发现,影像学表现复杂,在鉴别诊断上有很大的难度,肺癌目前是全球发病率和死亡率最高的癌症。近些年随着生活节奏的增快,压力的增大,肺癌的发病率不断地上升,女性的发病率上升幅度更为显著<sup>[2-3]</sup>,所以早发现、早诊断和早治疗是提高生存率的关键。随着CT设备的提升,高分辨率CT(high resolution CT, HRCT)成为了肺结节检查的主要手段,但同时图像的大量增多,造成诊断医师的工作量增加,当工作一定时间后会造视觉疲劳,并且医师的诊断水平不一,会出现很多肺结节的漏诊和误诊<sup>[4]</sup>。随着计算机技术的快速发展,人工智能(AI)深度学习模型的建立,AI肺结节筛查技术已广泛应用于临床,本文通过AI辅助人工对130例肺内孤立小结节的性质进行分析,然后与病理结果进行对照,分析AI技术在肺结节诊断中的价值。现报道如下。

## 1 资料与方法

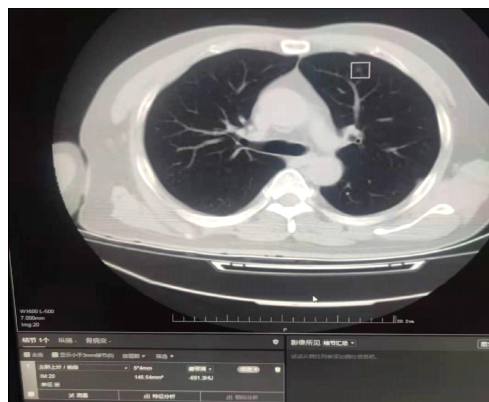
1.1 一般资料 回顾性分析沈阳市中医院2020年1月至2021年1月经胸部HRCT扫描的130例单发肺结节患者的临床资料,女性52例,男性78例;年龄23~69(40.5±5.3)岁;58例患者主要表现为咳嗽,胸痛等临床症状,72例患者体检发现。纳入标准:(1)所有患者均经过手术治疗及病理确诊。(2)胸部HRCT诊断结节直径≤3 cm。(3)患者能配合医生完成检查,影像及病理资料完整。排除标准:合并其他肺部慢性疾病。本研究经过医院伦理委员会审批,患者均知情同意。

### 1.2 方法

1.2.1 多层CT检查(MSCT) 选取西门子128排螺旋CT扫描机,扫描时患者采用仰卧位,头先进,扫描范围胸廓入口至双肾上缘,保证包括双肺全部。管电压120 kV,管电流240 mAs,层厚及层间距均为5 mm,矩阵512×512,视野30 cm×30 cm,采用肺窗图像(窗宽1 300~1 500,窗位-600~-800),纵隔窗图像(窗宽350~450,窗位35~45)。扫描结束后用0.625 mm层厚及间隔重建,再进行图像后处理。

1.2.2 肺结节检测 采用基于自适应3D-CNN(3D深度学习模型)技术的深睿医疗AI影像辅助筛查系

统,将130例患者的薄层重建数据导入工作站,自动得出结节的大小、位置、密度及危险度。以AI系统判定为“高危”为恶性,判定为“中低危”为良性。见图1。



注:上部为肺结节检出的标记;下部为结节的定位肺叶和肺段、大小,结节的密度,CT值及分析的危险程度。

图1 AI图像分析结果  
Fig. 1 AI image analysis results

1.3 观察指标 人工由2名副高级职称以上医生共同阅片,比较人工和AI检测出肺结节的数量、检测时间,根据肺结节的形态、密度、边界,分析结节的良、恶性,然后对照病理诊断结果进行统计学分析,对比AI和人工对肺结节的检出时间、漏诊率、假阳性率和准确度。

1.4 统计学方法 数据均采用SPSS 20.0软件分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 $t$ 检验进行比较;计数资料以例(%)表示,比较用 $\chi^2$ 检验。一致性评价指标采用Kappa检验,Kappa $\geq 0.75$ 表明一致性较好,若 $0.4 < \text{Kappa} \leq 0.75$ 表明一致性一般,Kappa $\leq 0.4$ 表明一致性较差。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

所选130例孤立肺结节均经手术病理确诊,其中良性52例,恶性78例。

2.1 AI和人工肺结节检出时间对比 AI检测出肺结节的时间为(73.10±28.35)s。人工检测肺结节的时间为(273.26±68.62)s。两者相比,AI诊断肺结节的时间明显优于人工检测,差异有统计学意义( $t = 9.275, P < 0.05$ )。

2.2 AI和人工对结节检出情况 AI共检测出肺结节167个,其中假性结节39个,漏诊2个真性结节,假阳性率23.35%,漏诊率为1.54%;人工检测出肺结节121个,假性结节0个,漏诊9个,假阳性率为0,漏诊率为6.92%。AI检出的假性结节直径多 $< 5$  mm,其中 $< 3$  mm假性结节30个,占76.92%;人工漏诊均

<5 mm,主要发生在<3 mm的结节有7个,占总漏诊的77.78%。两种方法对比,AI对肺微小结节的检出率明显高于人工,但人工对肺结节假阳性率明显优于AI,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。见表1。

### 2.3 AI及人工对肺结节性质判定与病理结果对比

AI分析高危归为恶性结节,中低危为良性结节,AI诊断肺结节与病理诊断的符合率72.31%,与病理结果一致性一般( $Kappa=0.430$ )。人工检测肺结节与病理诊断的符合率90.00%,与病理结果一致性较好( $Kappa=0.791$ )。见表2。

表1 AI与人工在肺结节检出情况对比  
Tab. 1 Comparison of AI and artificial detection of pulmonary nodules

检查方法	检出个数	漏诊个数	误检个数	假阳性率(%)	漏诊率(%)
AI	167	2	39	23.35	1.54
人工	121	9	0	0	6.92
$\chi^2$ 值				25.397	4.651
$P$ 值				<0.001	0.030

表2 AI及人工检测对肺结节性质判定与病理结果符合情况对比(个)

Tab. 2 Comparison of AI and artificial detection for judgment of the nature of pulmonary nodules with pathological results (case)

病理	个数	AI		人工	
		高危	中低危	高危	中低危
恶性结节	78	58	20	72	6
良性结节	52	16	36	7	45
合计		74	56	79	51

## 3 讨论

SPN是肺内单发的直径小于3 cm的结节病变,由于病灶的直径小、临床症状轻,不容易被发现和引起重视,多于体检发现。有报道称,SPN是肺癌唯一的早期影像学表现<sup>[5]</sup>,因此早期精确的诊断对于患者的治疗和预后有着极其重要的意义。HRCT在肺结节的检测方面有高度的敏感性,与传统CT相比,HRCT扫描速度更快,不易受呼吸运动影响,辅助多方面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)、容积显示、伪彩等后处理技术,在对结节的形态分析时,能进行任意平面的图像重建,可以更加立体的多角度细致的分析,但获得清晰图像的同时也会带来图像数量的成倍增加<sup>[6]</sup>,放射科医生面对大量图像的阅读会带来视觉疲劳,因而肺结节的漏诊、误诊就不可避免。AI诊断系统的应用,可以有效降低肺结节的漏诊率,明显提高工作效率<sup>[7]</sup>。

本研究应用的人工智能分析软件,采用了三维卷

积神经网络技术(3D-CNN),结果表明,AI对肺结节检出时间仅与患者的扫描和重建层数有关,相比人工检测,在时间和效率上有明显的优势,不易受胸廓结构及病变的复杂程度和结节难易度影响,且不会产生视觉疲劳。另发现AI诊断肺结节假阳性率较高,达23.35%,这些结节多发生在肺门区的血管断面、增厚的小叶间隔、慢性炎变及胸膜局限性增厚,分析其原因可能是由于肺结节的形态和位置的多变性,当结节越接近肺正常组织及肺内发生慢性病变时,AI就越容易被干扰<sup>[8-9]</sup>。本次AI漏诊2例(1.54%)真性结节,发生漏诊的结节位于肺门区附近,可能是由于肺门血管走行复杂,AI误以为是正常血管影。在结节大小方面39例假性结节中<5 mm 37例,<3 mm 30例,占76.92%,表明AI对结节检出的特异性稍差;而在人工方面,通过各种后处理技术对结节的鉴别就比较容易<sup>[10]</sup>。研究通过人工鉴别未发生1例假结节,但出现了9例(7.43%)漏诊,9例患者病灶直径均<5 mm,但<3 mm的微小结节7个,占总漏诊的77.78%,表明肉眼识别3 mm以下的微小结节仍比较困难,而在>5 mm的结节检出率上两者一致,均未出现漏诊。两者对比表明,AI可明显提高肺结节特别是<5 mm微小结节的检出率,可以弥补人工肉眼分辨的局限,虽然在假阳性率上略显不足,可以与人工有效结合,对肺结节诊断的准确性和敏感性可有显著提升。

AI检测与病理结果一致性一般,本研究的结果与张涛和周其敏等<sup>[11-12]</sup>专家的结论相一致。分析其原因,可能为是由于系统对影像数据提取不全,或该系统软件数据库及计算方法需要进一步扩大和优化。人工检测与病理结果一致性较好,本次78例恶性结节中,磨玻璃结节48例,AI全部检测出高危45例,低危3例,无漏诊,人工漏诊5例,且全部<5 mm,但都诊断为高危,由于结节小、密度低,人工在<5 mm磨玻璃结节的检出上仍低于AI,但准确率更高;6例结节中发现钙化,AI检测为低危,结果病理6例为良性,表明钙化是AI诊断良性结节中的一个重要指标<sup>[10,13-14]</sup>。另外对比结节术后标本,AI对病灶的大小测量相对人工更精确,本研究表明AI影像分析系统与病理结果的一致性一般,不能直接作为诊断的依据,但是在评估病灶大小方面更有优势。

本研究仅采用了一家人工智能AI影像诊断系统,其能力和特点可能与其他公司的影像分析系统存在一定差异,另外收集的样本量比较少,具有一定的局限性,数据源于单中心,参加研究的医师是在测试的状态下观察分析影像数据的,与日常工作环境有一定的差

别,另外平时工作中会有不同层次的医师进行肺结节的诊断,导致研究的结果和真实可能有一定偏倚<sup>[15]</sup>。因此,在以后的临床工作中,可首先利用 AI 诊断系统对肺部的所有图像进行初步筛查,对可疑病变进行标注,影像医师可以针对性的进行二次筛查,以有效提高诊断效率和肺结节的检出率<sup>[16]</sup>,并可以根据 AI 系统提示的高危结节进行重点分析,再结合各种影像重组技术,全方位分析结节的性质、大小,最后对结节做出精准判断。

综上所述,虽然 AI 技术在结节的定性上与人工还有一定差距,但可以辅助人工,在提高工作效率和降低漏诊率上效果显著。

### 参考文献

- [1] 李丽,李敏.IA 期肺癌诊治进展[J].中国实用内科杂志,2019,39(5):420-424.  
Li L, Li M. Progress in diagnosis and treatment of stage I A lung cancer[J]. Chinese Journal of Practical Internal Medicine, 2019, 39(5):420-424.
- [2] 明佳蕾,方向明.基于人工智能的 CT 肺结节检出临床应用及研究进展[J].中华放射学杂志,2019,53(6):522-525.  
Ming JL, Fang XM. Clinical research and application of pulmonary nodules detection by CT with artificial intelligence [J]. Chin J Radiol, 2019, 53(6):522-525.
- [3] 金晨望,郭佑民.人工智能辅助诊断技术在低剂量 CT 肺结节筛查中的应用及质控[J].中华放射学杂志,2019,53(1):6-8.  
Jin CW, Guo YM. Clinical application and quality control of artificial intelligent assisted diagnosis technology in lung nodules screening by low-dose CT[J]. Chin J Radiol, 2019, 53(1):6-8.
- [4] 任会丽,方伟军,洪贤.MSCT 定量研究技术预测合并 COPD 肺癌患者的放疗效果[J].中国临床研究,2020,33(7):884-889.  
Ren HL, Fang WJ, Hong X. MSCT quantitative technology in the prediction of radiotherapy effect of lung cancer patients combined with COPD[J]. Chin J Clin Res, 2020, 33(7):884-889.
- [5] 陈国飞,刘远健.基于人工智能的胸部 CT 智能辅助诊断系统在 LDCT 数据集上的应用研究[J].现代医用影像学,2020,29(1):72-73.  
Chen GF, Liu YJ. Application of chest CT intelligent auxiliary diagnosis system based on artificial intelligence in LDCT[J]. Mod Med Imageology, 2020, 29(1):72-73.
- [6] 朱胜康,翟荣存,李年春,等.多层螺旋计算机断层扫描在鉴别良恶性肺部孤立性结节中的应用[J].癌症进展,2019,17(15):1771-1773.  
Zhu SK, Zhai RC, Li NC, et al. Application of multislice spiral computed tomography in differentiating benign and malignant solitary pulmonary nodules[J]. Oncol Prog, 2019, 17(15):1771-1773.
- [7] 马旭知远,马金山.孤立性肺结节定位方法的研究进展[J].中国临床研究,2019,32(10):1441-1443,1448.  
Ma X, Ma JS. Research progress on localization methods of solitary pulmonary nodules [J]. Chin J Clin Res, 2019, 32(10):1441-1443,1448.
- [8] 陈疆红,钟朝辉,江桂莲,等.人工智能肺结节辅助诊断系统预测亚实性肺结节恶性概率[J].中国医学影像技术,2020,36(4):535-539.  
Chen JH, Zhong ZH, Jiang GL, et al. Predicting malignant probability of subsolid nodules with artificial intelligence-assisted pulmonary nodule diagnosis system [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2020, 36(4):535-539.
- [9] 杨尚文,胡安宁,徐亚运,等.CT 图像分辨率对人工智能肺结节辅助诊断系统诊断准确性的影响[J].医学影像学杂志,2020,30(6):965-968.  
Yang SW, Hu AN, Xu YY, et al. Effect of CT image resolution on diagnostic accuracy of artificial intelligence pulmonary nodule-assisted diagnosis system [J]. J Med Imaging, 2020, 30(6):965-968.
- [10] 胡磊,汪志亮,汪涛,等.孤立性肺结节 CT 诊断与鉴别诊断[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2020,18(8):39-42.  
Hu L, Wang ZL, Wang T, et al. CT diagnosis and differential diagnosis of solitary pulmonary nodules [J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2020, 18(8):39-42.
- [11] 张涛,张登国,李建,等.人工智能影像系统在肺部结节诊断中的真实世界数据分析[J].四川医学,2021,42(2):193-195.  
Zhang T, Zhang DG, Li J, et al. A preliminary study on real world data of artificial intelligence imaging system in pulmonary nodule diagnosis [J]. Sichuan Medical Journal, 2021, 42(2):193-195.
- [12] 周其敏,吴志伟,钟庆童,等.人工智能肺小结节检测系统在低剂量 CT 肺筛查中的价值[J].医学影像学杂志,2020,30(11):2025-2028.  
Zhou QM, Wu ZW, Zhong QT, et al. The value of artificial intelligence pulmonary nodules detection system in low-dose CT lung screening [J]. J Med Imaging, 2020, 30(11):2025-2028.
- [13] 崔凤至,弓婷婷,刘建华,等.人工智能在胸部疾病诊断中的研究进展[J].中国医疗设备,2019,34(9):164-167.  
Cui FZ, Gong TT, Liu JH, et al. Research progress of artificial intelligence in diagnosis of chest diseases [J]. China Med Devices, 2019, 34(9):164-167.
- [14] 杨锋,樊军,田周俊逸,等.人群肺亚实性结节 CT 筛查及人工智能应用研究初探[J].中华胸心血管外科杂志,2020,36(3):145-150.  
Yang F, Fan J, Tian Z, et al. Population-based research of pulmonary subsolid nodule CT screening and artificial intelligence application [J]. Chin J Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 36(3):145-150.
- [15] 马景旭,陈欢,王红.分析肺部影像人工智能诊断系统鉴别诊断肺结节性质[J].临床肺科杂志,2021,26(6):842-846.  
Ma JX, Chen H, Wang H. Differential diagnosis of pulmonary nodules and pathological types of lung cancer by pulmonary imaging artificial intelligence diagnostic system [J]. J Clin Pulm Med, 2021, 26(6):842-846.
- [16] 周秀梅,李坤成.HRCT 联合肿瘤标志物诊断孤立性肺结节的临床价值[J].河北医科大学学报,2019,40(5):570-574.  
Zhou XM, Li KC. The clinical effect of HRCT combined with tumor markers detection in diagnose of solitary pulmonary nodule [J]. J Hebei Med Univ, 2019, 40(5):570-574.

收稿日期:2021-07-27 修回日期:2021-11-21 编辑:李方