

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2024.02.001

人工智能辅助胸部低剂量CT在肺部结节良、恶性诊断中的准确率研究

李善杰¹, 陈阳阳¹, 刘国华²

(1. 新乡同盟医院影像科, 河南新乡 453800;

2. 新乡同盟医院胸外科, 河南新乡 453800)

【摘要】目的 探讨人工智能辅助胸部低剂量CT在肺部结节良、恶性诊断中的应用。**方法** 选取2020年3月至2021年7月在新乡同盟医院行胸部低剂量CT检查患者83例,根据阅片方式不同分为人工阅片组和人工智能辅助阅片组,观察两组肺部结节的诊断结果。**结果** 人工智能辅助阅片诊断肺部结节的阳性率为86.75%,高于人工阅片的阳性率68.67%,差异具有统计学意义($\chi^2=6.549$, $P=0.013$); Kappa检验两种阅片方式的一致性较弱(Kappa值=0.196), $P>0.05$; 人工智能辅助阅片对3~7mm直径肺部结节的检出率为93.44%,明显高于人工阅片的检出率85.25%,差异具有统计学意义($P<0.05$),而两种阅片方式对0~3mm、7~20mm直径肺部结节的检出率差异无统计学意义($P>0.05$); 以病理结果为“金标准”绘制ROC曲线,结果显示,人工阅片、人工智能辅助阅片诊断恶性肺部结节的AUC分别为0.742(95%CI: 0.514, 0.921)、0.830(95%CI: 0.701, 1.00),且两种阅片方式的特异度、灵敏度、阳性预测值、阴性预测值差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 人工智能辅助胸部低剂量CT能提高肺部结节良、恶性诊断的准确率,并能提高3~7mm直径肺部结节的检出率,但与人工阅片对肺部结节诊断的特异度、灵敏度、阳性预测值、阴性预测值基本一致。

【关键词】 人工智能; 胸部低剂量CT; 肺部结节; 肺癌; 诊断**【中图分类号】** R445.5**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242(2024)02-0105-06

Research on the Accuracy of Artificial Intelligence Assisted Low-Dose Chest CT in the Differential Diagnosis of Benign and Malignant Pulmonary Nodules

LI Shanjie¹, CHEN Yangyang¹, LIU Guohua²

(1. Department of Imaging, Xinxiang Tongmeng Hospital, Xinxiang, Henan 453800, China;

2. Department of Chest Surgery, Xinxiang Tongmeng Hospital, Xinxiang, Henan 453800, China)

【Abstract】Objective To explore the application of artificial intelligence assisted low-dose chest CT in the differential diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules. **Methods** 83 patients who underwent low-dose chest CT examination at Xinxiang Tongmeng Hospital from March 2020 to July 2021 were selected. They were divided

收稿日期: 2024-01-06。

作者简介: 李善杰(1983—),男,汉族,河南省新乡市人,本科生,主治医师,研究方向:胸部疾病影像诊断,电话(Tel.): 15837363940,邮箱(E-mail): lsj27279@163.com。

into two groups based on different methods of examination: simple manual examination group and artificial intelligence assisted examination group. The diagnostic results of lung nodules in both groups were observed. **Results** The positive rate of artificial intelligence assisted film reading in diagnosing pulmonary nodules was 86.75%, which was higher than that of manual film reading of 68.67%, and the difference was statistically significant ($\chi^2=6.549, P=0.013$); The Kappa test showed weak consistency between the two reading methods (Kappa value=0.196), with $P>0.05$; The detection rate of pulmonary nodules with a diameter of 3~7mm using artificial intelligence assisted film reading was 93.44%, significantly higher than that of 85.25% using manual film reading, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). However, there was no statistically significant difference in the detection rate of pulmonary nodules with a diameter of 0~3mm and 7~20mm between the two film reading methods ($P>0.05$); Using pathological results as the gold standard, the ROC curve was plotted, and the results showed that the AUC for diagnosing malignant pulmonary nodules using manual film reading and artificial intelligence assisted film reading were 0.742 (95%CI: 0.514, 0.921) and 0.830 (95%CI: 0.701, 1.00) respectively. The specificity, sensitivity, positive predictive value, and negative predictive value of the two film reading methods were not statistically significant ($P>0.05$). **Conclusion** Artificial intelligence assisted low-dose chest CT can improve the accuracy of diagnosing benign and malignant pulmonary nodules, and increase the detection rate of pulmonary nodules with a diameter of 3~7mm. However, it is consistent with the specificity, sensitivity, positive predictive value, and negative predictive value of manual film reading for the diagnosis of pulmonary nodules.

【Key words】 Artificial Intelligence; Low-Dose Chest CT; Pulmonary Nodules; Lung Cancer; Diagnosis

0 前言

近20年来,肺癌的发病率、死亡率一直呈上升趋势,是全球公共卫生面临的重大难题^[1]。肺部结节为肺癌的主要早期影像表现,胸部低剂量CT不仅可以在不叠加辐射量的条件下清晰地呈现肺部结构图像,还可以有效降低患者检查所受的核辐射风险,成为肺部结节良、恶性诊断的重要手段^[2-3]。但对于直径较小、边缘模糊或中心靠近血管的肺部结节,胸部低剂量CT图像阅片难度大,易造成漏诊、误诊^[4-5]。近年来,大数据技术和计算能力显著提升,深度学习技术在图像检测、识别及分类等工作中被广泛应用,尤其是其在影像学领域的应用,有助于提高放射科医师的阅片效率,提高诊断准确率^[6]。人工智能是近年来兴起的一项影像学辅助诊断方法,不会受到医生阅片疲劳等因素的影响,可快速、准确地发现并标记微小病灶,最大限度地提高诊断准确率。本研究旨在探讨人工智能辅助胸部低剂量CT在肺部结节良、恶性诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年3月至2021年7月在我院行胸部

低剂量CT检查的患者83例,其中男性患者51例,女性患者32例,年龄33~73岁,平均(57.30±4.25)岁。纳入标准:①经病理检查确诊为肺部结节;②肺部结节最大直径<30mm;③患者意识清楚,行为自主;④影像学资料保存完整。排除标准:①肺部结节直径≤5mm或病理诊断为转移者;②图像存在弥漫性分布的磨玻璃影及肺大泡、严重纤维化等干扰结节诊断的情况;③无法配合呼吸指令者;④合并其他恶性肿瘤。

1.2 方法

1.2.1 CT图像采集

对所有患者使用64排螺旋CT(美国GE公司Optima680型)扫描,患者取仰卧位,扫描范围为整个胸部,按肺尖至肺底、两侧至腋窝行扫描,在患者屏气状态下完成扫描。扫描参数:管电压120kVp,管电流30mA,螺距0.6,图像矩阵512×512,采用标准算法重建1mm薄层轴位图像。

1.2.2 阅片方法

(1)单纯人工阅片。阅片结果由2名高年资放射科医师(工作经验>5年)进行双盲阅片,阅片标准参照《肺结节诊治中国专家共识(2018年

版)》，并给出具体的诊断报告。如诊断结果一致，则诊断结束；如诊断结果出现分歧，则由第三名医师介入，三人商榷形成最终诊断结果。

(2) 人工智能辅助阅片。采用基于深度学习模型的人工智能软件(北京推想医疗科技股份有限公司)自动批量化处理影像图片并标记肺部结节，该软件数据库源于全国大型三甲医院，学习数据库超过41万个，标记肺部结节后，可直接显示结节直径、CT值、性质、征象及恶性概率等信息，其中恶性概率小于50%、50%~70%、大于70%被依次判定为低危、中危、高危结节。结果由2名高年资放射科医师进行审定，分析人工智能识别结节的正确率，对于存疑结节，与第三名高年资放射科医师共同商定，得出最终结果。

1.3 统计学处理

使用统计学软件SPSS23.0处理数据，采用McNemar检验比较两组诊断结果的敏感性，Kappa检验不同阅片方法诊断肺部结节良、恶性的一致性，Kappa值 ≥ 0.75 表示一致性较好， $0.4 \leq$ Kappa值 < 0.75 表示一致性一般，Kappa值 < 0.4 表示一致性较差，并采用受试者工作特征(ROC)曲线分析两种阅片方式对肺部结节的诊断效能， $P < 0.05$ 表明差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两种阅片方式对肺部结节的诊断结果比较

人工智能辅助阅片诊断肺部结节的阳性率为86.75%，高于人工阅片的阳性率68.67%，差异具有统计学意义($\chi^2=6.549$, $P=0.013$)；Kappa检验两种阅片方式的一致性较弱(Kappa值=0.196)， $P > 0.05$ ，如表1所示。

表1 人工智能辅助阅片与人工阅片对肺部结节的诊断结果比较

Tab.1 Comparison of diagnostic results between artificial intelligence assisted film reading and manual film reading for pulmonary nodules

人工智能 辅助阅片	人工阅片		合计	Kappa值	P值
	恶性	良性			
恶性	49 (59.04)	23 (27.71)	72 (86.75)	0.196	0.037
良性	8 (6.64)	3 (3.61)	11 (13.25)		
合计	57 (68.67)	26 (31.33)	83 (100.00)		

2.2 两种阅片方式对不同直径肺部结节的筛查能力比较

对于83例肺部结节患者胸部低剂量CT图像

(见图1、图2)，人工智能辅助阅片对3~7mm直径肺部结节的检出率为93.44%，明显高于人工阅片的检出率85.25%，差异具有统计学意义($P < 0.05$)，而两种阅片方式对0~3mm、7~20mm直径肺部结节的检出率，差异无统计学意义($P > 0.05$)，如表2所示。



图1 浸润性肺腺癌(附壁型)CT横断面

Fig.1 CT cross-section of infiltrating lung adenocarcinoma (wall attached)



图2 浸润性肺腺癌(附壁型)CT矢状面

Fig.2 CT sagittal plane of infiltrating lung adenocarcinoma (wall attached type)

2.3 两种阅片方式对肺部结节的诊断效能比较

本次研究结果显示，在83例肺部结节患者中，恶性肺部结节患者60例，良性肺部结节患者23例。以病理结果为“金标准”绘制ROC曲线。结果显示，人工阅片、人工智能辅助阅片诊断恶性肺部结节的AUC分别为0.742(95%CI: 0.514, 0.921)、0.830(95%CI: 0.701, 1.00)，且两种阅片方式的特异度、灵敏度、阳性预测值、阴性预测值差异均无统计学意义($P > 0.05$)，如表3所示。

3 讨论

胸部低剂量CT兼顾了低辐射剂量和非组织重

表2 人工智能辅助阅片与人工阅片对不同直径肺部结节筛查能力的比较
 Tab.2 Comparison of the screening ability of artificial intelligence assisted film reading and manual film reading for pulmonary nodules of different diameters

组别	结节直径				
	0 ~ 3mm (n=8)	3 ~ 7mm (n=61)	7 ~ 11mm (n=9)	11 ~ 16mm (n=3)	16 ~ 20mm (n=2)
人工阅片	5 (62.50)	52 (85.25)	9 (100.00)	3 (100.00)	2 (100.00)
人工智能辅助阅片	7 (87.50)	57 (93.44)	9 (100.00)	3 (100.00)	2 (100.00)
χ^2	0.064	3.276	—	—	—
P	0.427	0.045	—	—	—

注：肺部结节直径范围上限不包括，下限包括。

表3 两种阅片方式对肺部结节的诊断效能比较
 Tab.3 Comparison of diagnostic efficacy of different film reading methods for pulmonary nodules

组别	AUC (95%CI)	特异度 / %	灵敏度 / %	阳性预测值 / %	阴性预测值 / %
人工阅片	0.742 (0.514, 0.921)	57.16	91.54	93.51	50
人工智能辅助阅片	0.830 (0.701, 1.00)	58.62	91.57	97.25	50
χ^2	0.167	0.428	0.054	0.135	0.027
P	0.415	0.307	0.275	0.164	0.338

叠显像双重特点，是当前早期肺癌筛查最常用的诊断手段^[7]。伴随着胸部低剂量CT的推广和肺癌患者的增多，放射科医师的工作负担明显加重，易导致漏诊、误诊现象^[8]。人工智能辅助下的CT深度学习了公开数据库、临床大型医院中肺部结节的CT图像数据，能够规范采集图像特征，可最大限度地模拟影像科医师的判断，是当前影像学领域研究的热点，对肺部结节的良、恶性诊断具有重大意义^[9-10]。相关研究表明^[11]，人工智能辅助CT在肺部结节良、恶性诊断中的准确率为94.00%，高于医师阅片的准确率90%，并能有效缩短阅片时间，提高准确度和敏感度。可见，人工智能在CT提高肺部结节诊断效能方面具有较大的潜力。

本研究结果显示，人工智能辅助阅片诊断肺部结节的阳性率为86.75%，高于人工阅片的阳性率68.67%，差异具有统计学意义($\chi^2=6.549$, $P=0.013$)；Kappa检验两种阅片方式的一致性较弱(Kappa值=0.196), $P > 0.05$, 提示人工智能辅助阅片对肺部结节良、恶性诊断具有较高的应用价值，这与相关研究结果相符^[12]。笔者分析出现这一结果的原因可能为：胸部低剂量CT虽较普通CT辐射量降低了75%~80%，但在小直径肺部结节、

肺部结节定量检测等方面增加了阅片难度；加之肺部结节的筛查工作量较大，对放射科医师的视力、耐力等提出了更高的要求，这就使小直径、低密度的肺部结节容易被漏诊^[13-14]；而人工智能系统是基于大规模样本数据库建立的，对肺部结节的图像分割、特征抓取及亚型分类等数据处理进行了深度的学习，基本可最大限度地模仿高年资放射科医师的阅片习惯，并能准确、高效地给出参考结果^[15]。虽然人工智能阅片存在部分假阳性结节，但在其提供参考结果后，由放射科医师再次对疑似病灶进行二次分析，不仅能减轻医师的工作负担，还能将人工智能的假阳性率大幅降低。但也有研究认为^[16]，人工智能辅助下的CT阅片虽能提高肺部结节诊断效率，但对缩短医师的阅片时间无显著意义。本研究虽未对两种阅片方式的阅片时间进行考察，但从理论上说，前期通过人工智能对肺部结节定性的初筛，然后由医师进行分析，对缩短整体阅片时间是有非常大的帮助的。当然，这有待进一步的研究考察。

此外，本研究结果还显示，对于83例肺部结节患者胸部低剂量CT图像，人工智能辅助阅片对3~7mm直径肺部结节的检出率为93.44%，明显高于人工阅片的检出率85.25%，差异具有统计学

意义 ($P < 0.05$), 而两种阅片方式对 0 ~ 3mm、7 ~ 20mm 直径肺部结节的检出率差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 提示人工智能辅助阅片对 3 ~ 7mm 直径肺部结节的检出率具有明显的优势, 这与其他研究结果一致^[17]。直径小于 5mm 的肺部结节多与血管、气管相似, 医师阅片难度较大, 且受主观因素影响, 易造成漏诊^[18]; 而人工智能阅片通过前期的深度学习, 构建了优质的监测模型, 可在 DICOM 图像的二维切面上勾画候选结节区域, 并将该区域进行三维重构, 再分割成若干块二维影像, 最后由人工智能大脑对结节的良、恶性进行定性, 从而准确检出微小病灶。但对于 0 ~ 3mm 直径肺部结节或 7 ~ 20mm 直径肺部结节, 因结节过于微小或较大, 人工智能辅助阅片和人工阅片的效率相当, 这与相关研究结果一致^[19]。另外, 本研究以病理结果为“金标准”绘制 ROC 曲线, 结果显示, 人工阅片、人工智能辅助阅片诊断恶性肺部结节的 AUC 分别为 0.742 (95%CI: 0.514, 0.921)、0.830 (95%CI: 0.701, 1.00), 且两种阅片方式的特异度、灵敏度、阳性预测值、阴性预测值差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 提示人工阅片、人工智能辅助阅片对肺部结节的整体诊断效能相当, 这与相关研究结果一致^[20]。

综上所述, 人工智能辅助胸部低剂量 CT 能提高肺部结良、恶性诊断的准确率, 并提高 3~7mm 直径肺部结节的检出率, 但与人工阅片对肺部结节诊断的特异度、灵敏度、阳性预测值、阴性预测值基本一致。本研究存在几点不足, 如样本病例数较少、未展开多中心研究, 可能导致研究结果产生偏倚, 因此, 仍需临床扩大样本病例数, 展开多中心、大样本前瞻性研究, 为评估人工智能辅助胸部低剂量 CT 在肺部结节诊断中的应用价值提供更多参考依据。相信随着人工智能技术的发展与进步, 人工智能辅助胸部低剂量 CT 在肺部结节诊断中的应用效能将取得更大的进展。

参考文献

- [1] OLIVER A L. Lung cancer: epidemiology and screening. *Sur- gical Clinics of North America*, 2022, 102(3):335-344.
- [2] 唐慧, 时宏, 刘婷, 等. ASIR-V 重建算法在胸部低剂量 CT 诊断肺结节中的临床价值 [J]. *现代肿瘤医学*, 2021, 29 (13): 2329-2333.
- [3] TANG Hui, SHI Hong, LIU Ting, *et al.* The clinical value of ASIR-V reconstruction algorithm in low-dose chest CT diagnosis of pulmonary nodules[J]. *Journal of Modern Oncology*, 2021, 29 (13): 2329-2333.
- [4] JANSSEN S, OVERHOFF D, FROELICH M F, *et al.* Detectability of lung nodules in ultra-low dose CT[J]. *Anticancer Research*, 2021, 41(10):5053-5058.
- [5] 李甜, 李晓东, 刘敬禹. 人工智能辅助诊断肺结节的临床价值研究 [J]. *中国全科医学*, 2020, 23 (7): 828-831, 836.
- [6] LI Tian, LI Xiaodong, LIU Jingyu. Clinical value of artificial intelligence assisted diagnosis of pulmonary nodules[J]. *Chinese Journal of General Medicine*, 2020, 23 (7): 828-831, 836.
- [7] 张磊, 时洪坤, 董书杉, 等. 人工智能图像优化技术在低剂量胸部 CT 检查中的初步应用研究 [J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2020, 40 (9): 722-727.
- [8] ZHANG Lei, SHI Hongkun, DONG Shushan, *et al.* Preliminary application research of artificial intelligence image optimization technology in low-dose chest CT examination[J]. *Chinese Journal of Radiology and Protection*, 2020, 40 (9): 722-727.
- [9] 蒋西然, 蒋韬, 孙嘉瑶, 等. 深度学习人工智能技术在医学影像辅助分析中的应用 [J]. *中国医疗设备*, 2021, 36 (6): 164-171.
- [10] JIANG Xiran, JIANG Tao, SUN Jiayao, *et al.* The application of deep learning artificial intelligence technology in medical image assisted analysis [J]. *China Medical Devices*, 2021, 36(6): 164-171.
- [11] 徐国厚, 黄海峡, 陈斌, 等. 单体检中心 23695 例体检者首次胸部低剂量 CT 筛查结果及肺结节相关易感因素的研究 [J]. *复旦学报 (医学版)*, 2020, 47 (5): 654-659, 668.
- [12] XU Guohou, HUANG Haixia, CHEN Bin, *et al.* A study on the results of low-dose chest CT screening and susceptibility factors related to pulmonary nodules in 23, 695 individuals undergoing single physical examination in a single examination center[J]. *Journal of Fudan University (Medical Edition)*, 2020, 47 (5): 654-659,668.
- [13] 宋兰, 田杜雪, 王金华, 等. 胸部超低剂量 CT 应用深度学习重建行肺癌筛查的可行性研究 [J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56 (6): 667-672.
- [14] SONG Lan, TIAN Duxue, WANG Jinhua, *et al.* Feasibility study of deep learning reconstruction for lung cancer screening using ultra-low dose chest CT[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2022, 56 (6): 667-672.
- [15] PAEZ R, KAMMER M N, MASSION P. Risk stratification of indeterminate pulmonary nodules[J]. *Curr Opin Pulm Med*, 2021, 27(4): 240-248.
- [16] 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.
- LI Xinling, GUO Fangfang, ZHOU Zhen, *et al.* Evaluation of the detection efficiency of artificial intelligence chest CT pulmonary nodules based on deep learning[J]. **Chinese Journal of Lung Cancer**, 2019, 22(6): 336-340.
- [11] 谢辉辉, 王霄英, 林祥涛, 等. 人工智能软件对胸部CT肺结节检出的辅助效果初探[J]. **医学影像学杂志**, 2022, 32(6): 944-948.
- XIE Huihui, WANG Xiaoying, LIN Xiangtao, *et al.* Preliminary exploration of the auxiliary effect of artificial intelligence software on detecting pulmonary nodules in chest CT[J]. **Journal of Medical Imaging**, 2022, 32(6): 944-948.
- [12] 朱红伟, 马士华, 康文杰, 等. 人工智能早期肺小结节筛查在胸部低剂量CT体检的大样本数据调查研究[J]. **中国实验诊断学**, 2022, 26(8): 1128-1132.
- ZHU Hongwei, MA Shihua, KANG Wenjie, *et al.* A large sample data survey on early screening of pulmonary nodules with artificial intelligence in low dose CT chest examination [J]. **Chinese Journal of Laboratory Diagnosis**, 2022, 26(8): 1128-1132.
- [13] 李燕. 人工智能医学影像辅助诊断系统在肺结节诊断上的应用准确性探讨[J]. **影像研究与医学应用**, 2022, 6(3): 71-73.
- LI Yan. Exploration of the application accuracy of artificial intelligence medical imaging assisted diagnosis system in the diagnosis of pulmonary nodules[J]. **Journal of Imaging Research and Medical Applications**, 2022, 6(3): 71-73.
- [14] 曹孟昆, 姜杰, 朱晓雷, 等. 人工智能肺部结节辅助诊疗系统预测肺结节的良恶性及浸润情况[J]. **中国胸心血管外科临床杂志**, 2021, 28(3): 283-287.
- CAO Mengkun, JIANG Jie, ZHU Xiaolei, *et al.* The artificial intelligence assisted diagnosis and treatment system for pulmonary nodules predicts the malignancy and infiltration of pulmonary nodules [J]. **Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery**, 2021, 28(3): 283-287.
- [15] 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 Shangwen, HU Anning, XU Yayun, *et al.* The impact of CT image resolution on the diagnostic accuracy of artificial intelligence pulmonary nodule assisted diagnosis system[J]. **Journal of Medical Imaging**, 2020, 30(6): 965-968.
- [16] 吕品, 邹兆琴, 徐小虎. 基于“人工智能”的CT定量分析对肺结节的临床应用价值[J]. **中国CT和MRI杂志**, 2021, 19(5): 20-22.
- LV Pin, ZOU Zhaoqin, XU Xiaohu. The clinical application value of CT quantitative analysis based on artificial intelligence for pulmonary nodules[J]. **Chinese Journal of CT and MRI**, 2021, 19(5): 20-22.
- [17] 郭依楠, 崔鑫焯, 戴瑜浩, 等. 人工智能深度学习技术在低剂量胸部CT肺结节检出中的应用价值[J]. **现代医药卫生**, 2021, 37(10): 1632-1635, 1640.
- GUO Yinan, CUI Xinye, DAI Yujie, *et al.* The application value of artificial intelligence deep learning technology in low-dose chest CT pulmonary nodule detection[J]. **Journal of Modern Medicine & Health**, 2021, 37(10): 1632-1635, 1640.
- [18] 刘晶, 鲜军舫, 李书玲, 等. 深度学习模型检测胸部CT肺结节的临床效能评估[J]. **实用放射学杂志**, 2021, 37(5): 732-735, 767.
- LIU Jing, XIAN Junfang, LI Shuling, *et al.* Clinical efficacy evaluation of deep learning models in detecting chest CT pulmonary nodules[J]. **Journal of Practical Radiology**, 2021, 37(5): 732-735, 767.
- [19] 孟晓燕, 顾慧, 王锡明, 等. 基于深度学习计算机辅助检测在低剂量胸部CT中肺结节检出能力评估[J]. **医学影像学杂志**, 2019, 29(12): 2042-2046.
- MENG Xiaoyan, GU Hui, WANG Ximing, *et al.* Evaluation of lung nodule detection ability in low-dose chest CT based on deep learning computer-aided detection[J]. **Journal of Medical Imaging**, 2019, 29(12): 2042-2046.
- [20] 李娟娟, 刘敏, 杨斌, 等. 人工智能辅助肺结节筛查及定性诊断的应用研究[J]. **实用临床医药杂志**, 2022, 26(8): 8-12.
- LI Juanjuan, LIU Min, YANG Bin, *et al.* Application research of artificial intelligence assisted screening and qualitative diagnosis of pulmonary nodules[J]. **Journal of Clinical Medicine in Practice**, 2022, 26(8): 8-12.