

论 著

人工智能联合多层螺旋CT在肺磨玻璃结节定性诊断中的应用*

周兴宁 李 曼 黄永红
熊明敏*西藏自治区人民政府驻成都办事处医院
放射诊断科 (四川成都 610041)

【摘要】目的 分析人工智能联合多层螺旋CT(MSCT)在肺磨玻璃结节(GGN)定性诊断中的应用价值。方法 回顾性分析,采集2021年1月至2023年12月医院102例经手术或病理活检确诊的肺GGN患者临床资料,经手术共切除125枚肺GGN,其中良性肺GGN共33枚,恶性肺GGN共92枚。所有患者手术前、病理组织活检前均接受放射科医师单独诊断、人工智能联合MSCT检查两种诊断方式。比较两种检查方法方式对肺GGN的检出情况;统计已确诊的良性肺GGN的MSCT征象;分析比较人工智能技术、放射科医师单独诊断以及二者联合检查诊断在肺GGN良恶性诊断中的应用价值。结果 人工智能CT检查对直径<5mm的微小肺GGN检出率高于专科医师,差异有统计学意义($P<0.05$);上述两者对直径 ≥ 5 mm的肺GGN检出率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究中的恶性肺GGN的分叶征、囊状透亮影、密度共3种MSCT征象占比与良性组比较,差异有统计学意义($P<0.05$);而良性肺GGN的形状、大小、空泡征等其他征象比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。以组织病理学诊断为金标准,经Kappa一致性度量,专科医师、人工智能技术单独诊断肺GGN良恶性与组织病理学诊断结果的一致性均一般($Kappa=0.563, 0.433, P<0.001$);而人工智能技术联合专科医师诊断肺GGN良恶性与组织病理学诊断结果的一致性较好($Kappa=0.781, P<0.001$)。人工智能技术、人工智能技术联合专科医师检查诊断肺GGN良恶性的灵敏度高于专科医师单独检查;专科医师检查、人工智能技术联合专科医师检查诊断肺GGN良恶性的特异度高于人工智能技术检查,联合检查诊断肺GGN良恶性的准确度高于二者单独诊断,差异均有统计学意义($P<0.05$)。结论 人工智能联合MSCT可有效检出肺GGN,人工智能技术诊断肺GGN良恶性的灵敏度高于专科医师单独检查,但特异度却低于专科医师单独检查,将二者联合检查可相互弥补局限,有效提高对肺GGN良恶性的诊断效能。

【关键词】肺磨玻璃结节;
多层螺旋电子计算机断层扫描;
人工智能技术;定性诊断
【中图分类号】R563;R445.3
【文献标识码】A
【基金项目】2022年四川省科技
计划项目(22YYJC2436)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.016

Application of Artificial Intelligence Combined with Multi-Slice Spiral CT in Qualitative Diagnosis of Pulmonary Ground-glass Nodule*

ZHOU Xing-ning, LI Man, HUANG Yong-hong, XIONG Ming-min*

Department of Radiological Diagnosis, Chengdu Office Hospital of the People's Government of Tibet Autonomous Region, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application value of artificial intelligence combined with multi-slice spiral computed tomography (MSCT) in the qualitative diagnosis of ground-glass nodule (GGN) in the lungs. **Methods** A retrospective analysis was conducted to collect clinical data of 102 patients with lung GGN confirmed by surgery or pathological biopsy in hospitals from January 2021 to December 2023. A total of 125 lung GGNs were removed after surgery, including 33 benign lung GGNs and 92 malignant lung GGNs. All patients underwent artificial intelligence combined with MSCT examination before surgery and pathological tissue biopsy. The detection of lung GGN between two examination methods were compared. MSCT signs of confirmed benign and malignant pulmonary GGN were collected. The application value of artificial intelligence technology, radiologists' separate examination and combined examination in the diagnosis of benign and malignant lung GGN was analyzed and compared. **Results** The detection rate of GGN in small lungs with a diameter of less than 5mm using artificial intelligence CT examination was higher than that of specialist physicians, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). There was no statistical significant difference in the detection rate of GGN in lungs with a diameter ≥ 5 mm between the two mentioned above ($P>0.05$). The proportion of three MSCT signs, namely lobulation sign, cystic translucent shadow, and density, in malignant lung GGN in this study was compared with that in the benign group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). However, there was no statistical significant difference in the shape, size, and vacuolar sign of benign and malignant lung GGN ($P>0.05$). Based on the gold standard of histopathological diagnosis results and Kappa consistency measurement, the consistency between the diagnosis of benign and malignant lung GGN by specialized physicians and artificial intelligence technology alone and the histopathological diagnosis results was average ($Kappa=0.563, 0.433, P<0.001$). The combination of artificial intelligence technology and specialized physicians showed good consistency in the diagnosis of benign and malignant lung GGN with tissue pathology ($Kappa=0.781, P<0.001$). Artificial intelligence technology, combined with specialized physicians, had a higher sensitivity in diagnosing the benign and malignant nature of pulmonary GGN than specialized physicians conducting individual examinations. The specificity of specialist physician examination and the combination of artificial intelligence technology and specialist physician examination in diagnosing the benign and malignant nature of lung GGN was higher than that of artificial intelligence technology examination. The accuracy of the combined examination in diagnosing the benign and malignant nature of lung GGN was higher than that of the two individual diagnoses, and the differences are statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The combination of artificial intelligence and MSCT can effectively detect lung GGN. The sensitivity of artificial intelligence technology in diagnosing the benign and malignant nature of lung GGN is higher than that of specialized physicians alone, but the specificity is lower than that of specialized physicians alone. Combining the two can complement each other's limitations and effectively improve the diagnostic efficiency of lung GGN benign and malignant.

Keywords: Pulmonary Ground-glass Nodule; Multi-slice Spiral Computed Tomography; Artificial Intelligence Technology; Qualitative Diagnosis

肺磨玻璃结节(Ground-glass nodule, GGN)是在薄层CT上表现为云雾状密度的肺内结节,临床发现,与实性肺结节比较,GGN具有更高的恶性率^[1]。早期定性诊断肺GGN并及早切除恶性肺GGN可有效延长患者生存期。多层螺旋CT(MSCT)检查较传统的CT平扫具有更高的分辨率,可为临床提供更加准确的肺GGN信息,但因部分良性GGN在影像学上与恶性肺GGN存在交叉重叠的征象,加之专科医师主观因素的影响导致肺GGN定性诊断难度增加^[2-3]。近年来,人工智能技术在医学图像的自动定量图像表征中取得巨大进展,使其在医疗体系中的多个领域内得到广泛应用,有助于提高医师的工作效率并提高诊断效能^[4-5]。但目前将人工智能技术应用于肺GGN的研究仍较少,其应用价值仍待证实。基于此背景,本研究回顾性分析102例例行人工智能联合MSCT检查的肺GGN患者资料,将重点评估二者联合应用价值,为肺GGN定性诊断提供新思路。现将研究结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析,采集2021年1月至2023年12月医院102例经手术或活检病理确诊的肺GGN患者临床资料。

【第一作者】周兴宁,男,副主任医师,主要研究方向:呼吸系统疾病的影像诊断。E-mail: 13881733007@163.com

【通讯作者】熊明敏,男,副主任医师,主要研究方向:肝癌。E-mail: 402178732@qq.com

入选标准：(1)纳入标准：肺GGN符合《肺结节诊治中国专家共识(2018年版)》^[6]中相关诊断标准，且经MSCT检查、病理学检查明确诊断，最终经手术切除治疗；患者肺GGN单发或多发，长径 ≤ 30 mm；患者手术或穿刺活检前15d内行最终CT检查；患者就诊资料、影像学资料保存完整。(2)排除标准：患者手术或穿刺活检前接受过抗肿瘤治疗；CT图像质量差，伪影重影响测量结果及诊断；肺弥漫性病变；既往有恶性肿瘤病史或有远处转移征象；合并肺炎、肺水肿、间质型肺病。

102例肺GGN患者最终经手术切除125枚肺GGN，其中良性肺GGN共33枚，恶性肺GGN共92枚。102例患者男32例，女70例；年龄32~72岁，平均(52.18 \pm 6.65)岁；体重指数：20.18~25.35kg/m²，平均(22.26 \pm 1.04)kg/m²。

1.2 检查方法 常规MSCT检查：仪器选用：西门子公司64排128层螺旋CT。检查前清除患者体外异物，对患者进行严格的呼吸训练。检查时协助患者取仰卧位，头先进机，胸骨角为定位中心，嘱患者吸气后屏住呼吸进行平扫。扫描范围从肺尖至肺底部。仪器参数：管电压140 Kv，管电流120-180 mAs，矩阵512 \times 512，扫描层厚1.0mm，层间距0.7 mm。扫描结束后收集原始数据并传输至工作站，并结合多种技术对肺GGN进行数据测量及常规矢状位以及冠状位多平面重建、曲面重建、最大密度投影及容积再现三维成像等。

人工智能CT检查：将患者胸部MSCT检查获取的图像传输至人工智能工作站，人工智能软件采用(联影Uai-ChestCare R001) AI软件，由软件自动识别、检出患者肺GGN并进行肺GGN恶性风险值评估。将恶性风险值 $< 50\%$ 的GGN标记为良性GGN，将恶性风险值 $\geq 50\%$ 的GGN标记为恶性GGN。

1.3 图像分析 常规MSCT检查后由两名放射科医师(工作经验均大于5年)采用双盲法在规定10min内完成阅片，筛查出肺GGN，并观察病灶影像学特征，包括病灶形态(不规则形、圆形/类圆形)、边缘(分叶征、毛刺征)、内部结构(空泡征、囊状透亮影、支气管征)、邻近结构(血管集束征、胸膜凹陷征)以及密度(单纯型GGN、混合型GGN)，最后一起商议确定肺GGN检出以及良恶性情况。

人工智能CT检查后由另外两名其他的放射科医师结合人工智能CT检查结果以及已审核的影像报告进行肺GGN筛查以及良恶性诊断，最后一起商议确定肺GGN检出以及良恶性情况。

1.4 观察指标 (1)比较放射科医师、人工智能技术单独检查对不同直径大小(< 5 mm、 ≥ 5 mm)的肺GGN检出情况；(2)比较已确诊的良恶性肺GGN的影像学特征；(3)比较人工智能技术、放射科医师单独及联合诊断肺GGN的良恶性结果；(4)比较人工智能技术、放射科医师单独及联合诊断肺GGN良恶性的准确度、灵敏度、特异度。

1.5 统计学处理 采用SPSS 25.0 统计软件分析数据。计数资料以n(%)描述，采用 χ^2 检验；计量资料经Shapiro-Wilk正态性检验，符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)描述；采用Kappa进行一致性检验，Kappa < 0.4 ，一致性较差； $0.4 \leq$ Kappa < 0.75 ，一致性一般；Kappa ≥ 0.75 时一致性较好。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人工智能、专科医师CT检查对不同直径肺GGN的检出情况比较

102例经手术或病理活体确诊的肺GGN患者，经手术共切除125枚肺GGN。125枚肺GGN中直径 < 5 mm肺GGN 26枚， ≥ 5 mm肺GGN 99枚。人工智能CT检查对直径 < 5 mm的微小结GGN检出率高于专科医师，差异有统计学意义($P < 0.05$)；上述两者对直径 ≥ 5 mm的肺GGN检出率比较，差异无统计学意义($P > 0.05$)。详见表1。

表1 人工智能、专科医师CT检查对不同直径肺GGN的检出情况比较

直径	n	人工智能	专科医师	χ^2	P
< 5 mm	26	23(88.46)	14(53.85)	7.589	0.006
≥ 5 mm	99	95(95.96)	92(92.93)	0.866	0.352
合计	125	118	106	-	-

2.2 良恶性肺GGN的MSCT常见征象比较 恶性肺GGN的分叶征、囊状透亮影、密度共3种MSCT征象占比与良性组比较，差异有统计学意义($P < 0.05$)；而良恶性肺GGN的形状、大小、空泡征等其他征象占比比较，差异均无统计学意义($P > 0.05$)。详见表2。

表2 良恶性肺GGN的MSCT常见征象比较

MSCT征象		恶性肺GGN (n=92)	良性肺GGN (n=33)	χ^2	P
GGN直径	[n(%)]				
	< 5 mm	21(22.83)	5(15.15)	0.868	0.351
	≥ 5 mm	71(77.17)	28(84.85)		
形状	[n(%)]				
	不规则	68(73.91)	19(57.58)	3.064	0.008
	圆形/类圆形	24(26.09)	14(42.42)		
分叶征	[n(%)]				
	有	84(91.30)	14(42.42)	34.268	< 0.001
	无	8(8.70)	19(57.58)		
毛刺征	[n(%)]				
	有	55(59.78)	14(42.42)	2.959	0.085
	无	37(40.22)	19(57.58)		
空泡征	[n(%)]				
	有	35(38.04)	10(30.3)	0.632	0.427
	无	57(61.96)	23(69.7)		
密度	[n(%)]				
	单纯型GGN	64(69.57)	13(39.39)	9.347	0.002
	混合型GGN	28(30.43)	20(60.61)		
血管集束征	[n(%)]				
	有	46(50.00)	12(36.36)	1.816	0.178
	无	46(50.00)	21(63.64)		
胸膜凹陷征	[n(%)]				
	有	52(56.52)	14(42.42)	1.937	0.164
	无	40(43.48)	19(57.58)		

2.3 人工智能技术、专科医师单独及联合诊断肺GGN良恶性结果 以组织病理学诊断为金标准，经Kappa一致性度量，专科医师、人工智能技术单独诊断肺GGN良恶性与组织病理学诊断结果的一致性均一般(Kappa=0.563、0.433, $P < 0.001$)；而人工智能技术联合专科医师诊断肺GGN良恶性与组织病理学诊断结果的一致性较好(Kappa=0.781, $P < 0.001$)。详见表3。

2.4 人工智能技术、专科医师单独检查及联合检查对肺GGN良恶性的诊断效能比较 以组织病理学诊断为金标准，人工智能技术、人工智能技术联合专科医师检查诊断肺GGN良恶性的灵敏度高于专科医师单独检查；专科医师检查、人工智能技术联合专科医师检查诊断肺GGN良恶性的特异度高于人工智能技术检查；联合检查诊断肺GGN良恶性的准确度高于二者单独诊断，差异均有统计学意义($P < 0.05$)。详见表4。

表3 人工智能技术、专科医师单独及联合诊断肺GGN良恶性结果

组织病理学诊断结果	专科医师检查			人工智能技术检查			联合检查		
	阳性	阴性	合计	阳性	阴性	合计	阳性	阴性	合计
阳性	82	10	92	89	3	92	90	2	92
阴性	11	22	33	20	13	33	8	25	33
合计	158	62	125	109	16	125	98	27	125

表4 人工智能技术、专科医师单独检查以联合检查对肺GGN良恶性的诊断效能比较

项目	准确度	灵敏度	特异度
专科医师检查	83.20(104/125)	89.13(82/92)	66.67(22/33) ^b
人工智能技术检查	81.60(102/125)	96.74(89/92) ^a	39.39(13/33)
联合检查	92.00(115/125) ^{ab}	97.83(90/92) ^a	75.76(25/33) ^b
χ^2	6.360	8.037	9.900
P	0.042	0.018	0.007

注：^aP<0.05：与专科医师检查比较；^bP<0.05：与人工智能技术检查比较。

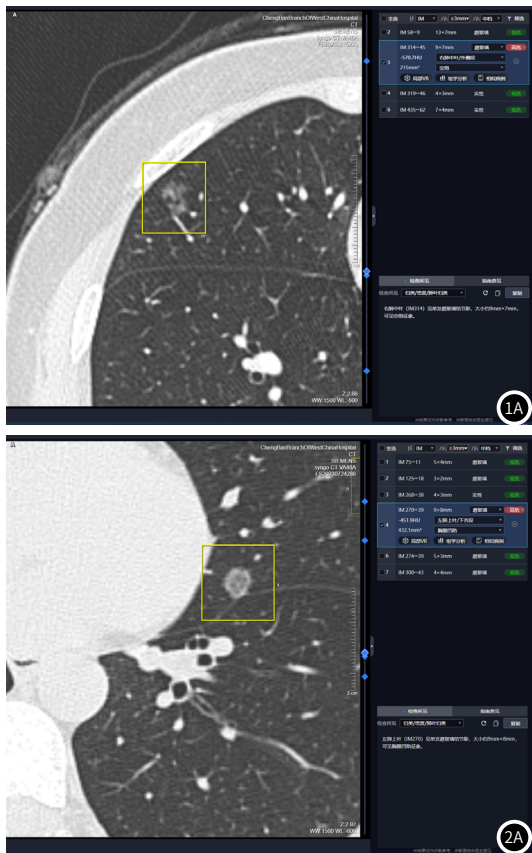


图1A~1B 患者1, 女, 52岁, 图1A: 显示人工智能技术检出4枚结节, 其中2枚低危实性肺结节, 2枚肺GGN, 其中检出的3位置为高危肺GGN; 图1B: 人工智能技术图文报告显示3位置高危肺GGN具有空泡征象, 诊断为恶性病变; 术后病理诊断: 浸润性腺癌(中分化, 以腺泡型生长为主)。
图2A~2B 患者2, 女, 37岁, 图2A: 显示人工智能技术检出7枚结节, 均为肺GGN, 其中6枚为低位肺GGN, 其中检出的4位置为高危肺GGN; 图2B: 人工智能技术图文报告显示3位置高危肺GGN具有胸膜凹陷征象, 诊断为恶性病变; 术后病理诊断: 微小浸润性腺癌。

3 讨论

2018年全球癌症统计数据显示, 肺癌病死率居于全球男性恶性肿瘤首位, 女性恶性肿瘤第3位, 而肺GGN作为早期肺癌的征象之一, 受到临床重点关注^[7]。对不同性质的肺GGN临床开展的治疗方式存在显著差异, 对恶性的肺GGN需及早行手术治疗, 而对良性肺GGN需最大限度减少不必要的手术治疗和干预^[8]。目前仍以病理学检查结果作为金标准, 临床可通过支气管镜检查、超声引导下经支气管镜纵隔淋巴结穿刺或经皮肺穿刺, 但取样操作可

能受到结节位置及大小的限制, 同时肺部穿刺可能会造成胸膜出血、气胸、局部感染等^[9]。MSCT检查在定性诊断肺结节性质方面与广泛应用, 较传统的CT平扫具有更高的分辨率, 其获取的肺GGN的形态特征, 如病灶形态、毛刺、分叶、密度等, 可为专科医师评估肺GGN提供有力支持^[10]。

然而, 由于恶性肺GGN在CT影像上的形态学特征与良性肺GGN相似, 在CT影像上对二者进行区分即使对于专科医生也是

相当困难的。对此,本研究结果发现,纳入的125枚肺GGN中,恶性肺GGN的分叶征、囊状透亮影、密度共3种MSCT征象占比与良性组比较,存在显著差异;而良性肺GGN的形状、大小、空泡征等其他征象占比比较,差异均无统计学意义,证实了上述内容。其可能原因是,早期肺GGN异质性以及生长速率表现尚不明显,继而导致专科医师依据MSCT检查结果定性诊断肺GGN的准确度及诊断效能受到影响^[11-12]。此外,对于部分微小肺结节及位置特殊结节,还容易被忽略,继而造成漏诊及误诊。以深度学习为代表的人工智能技术目前已经在医学影像领域取得了一些突破性的进展,在肺GGN诊断方面逐渐普及,其能经过大量的数据处理和学习,自动对图像进行特征提取,并对疾病进行识别、定性、诊断等,为放射科医师解读图像的效率、准确性提供了新的途径^[13]。对此,本研究结果显示,人工智能CT检查对直径<5mm的微小肺GGN检出率明显高于专科医师,表明其在检出微小肺GGN具有优势,可避免专科医师长时间集中注意力造成的微小肺GGN漏诊,对临床判断肺GGN有利。

本研究结果显示,以组织病理诊断结果为金标准,人工智能技术诊断肺GGN良恶性的灵敏度高于专科医师单独检查,而特异度却低于专科医师单独检查,而二者联合应用具有更高的准确度、灵敏度及特异度,表明上述二者联合检查可有效提高肺GGN良恶性的诊断效能。分析认为,人工智能技术基于卷积神经网络,利用深度学习模型提取恶性肺GGN的整体特征、不同尺度的局部特征以及它们之间的内在关联,可自动选择最佳的三维图像特征,进行结节轮廓分割、感兴趣区域的特征提取,继而可大幅度提高早期恶性肺GGN的检出率^[14-15]。但人工智能技术对良性肺GGN的诊断效能较弱,可能因为所用的人工智能技术使用的深度学习模型,主要针对恶性肺GGN判别任务进行模型结构设计,在训练过程中因良性肺GGN病例数较少,导致学习效果不佳,导致良性肺GGN误判为恶性。但可以确定的是,人工智能联合MSCT可有效检出肺GGN,有助于降低临床医师工作量,结合专科医师自身经验,可有效提高对肺GGN良恶性诊断的灵敏度、特异度。

本研究局限性在于目前所用的人工智能技术进行肺GGN良恶性判别模型,是使用常规扫描数据集训练得到,而常规扫描数据和靶扫描图像的深度学习特征存在一定的差异。未来,人工智能技术进一步研究需要扩充靶扫描数据,使用大量靶扫描数据集作为训练集,在现有模型的基础上进行迁移学习,继而提高人工智能联合MSCT定性诊断肺GGN良恶性的准确度。

综上所述,人工智能联合MSCT可有效检出肺GGN,人工智能技术诊断肺GGN良恶性的灵敏度高于专科医师单独检查,而特异度却低于专科医师单独检查,二者联合检查可有效提高对肺GGN良恶性的整体诊断效能。

参考文献

- [1] 何佳颖, 杨美菊. 三维CT在肺部混合磨玻璃结节浸润性评估中的价值[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(6): 30-32.
- [2] 邱建升, 辛小燕, 杨雯, 等. 双层探测器光谱CT单能量图像及电子云密度图鉴别诊断肺磨玻璃结节良性与恶性的价值[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(2): 175-181.
- [3] 龚海鹏, 司海峰, 邢金丽, 等. MSCT多平面重建技术用于磨玻璃结节样肺腺癌的鉴别诊断价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(2): 52-54.
- [4] 赵莹, 刘馨, 杜思瑶, 等. 定量诊断模型对表现为磨玻璃密度结节浸润性肺腺癌的诊断[J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31(7): 474-477.
- [5] 吕文晖, 周长圣, 李新宇, 等. 利用深度学习模型判断基线胸部平扫CT肺结节的良恶性[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(11): 957-962.
- [6] 中华医学会呼吸病学分会肺癌学组, 中国肺癌防治联盟专家组. 肺结节诊治中国专家共识(2018年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(10): 763-771.
- [7] 宁爱东, 张林飞, 汪国伟. CT三维重建成像对孤立性肺结节形态特征的显示及良恶性的诊断价值探究[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(8): 36-38.
- [8] 中国医药教育协会肺癌医学教育委员会, 中国胸外科肺癌联盟, 中国抗癌协会肿瘤消融治疗专业委员会, 等. 多发磨玻璃结节样肺癌多学科诊疗中国专家共识(2024年版)[J]. 中华内科杂志, 2024, 63(2): 153-169.
- [9] Shaffie A, Soliman A, Fraiwan L, et al. A generalized deep learning-based diagnostic system for early diagnosis of various types of pulmonary nodules[J]. Technol Cancer Res T, 2018, 17(12): 238-249.
- [10] 张张伟, 谢继承, 陈盈, 等. 多层螺旋CT联合能谱CT检查在肺原位腺癌和微浸润腺癌鉴别诊断中的价值研究[J]. 浙江医学, 2019, 41(1): 40-43, 77.
- [11] 祁闻, 赵红, 王龙胜, 等. 肺部磨玻璃结节的高分辨率CT征象对结节良恶性的鉴别诊断价值[J]. 安徽医学, 2019, 40(4): 402-405.
- [12] 刘礼健, 赖兰金, 刘周, 等. 肺磨玻璃结节的计算机辅助诊断系统和多层螺旋CT定性研究[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(1): 42-46, 54.
- [13] 蔡雅倩, 张正华, 韩丹, 等. AI对肺磨玻璃结节筛查及定性的临床应用研究[J]. 放射学实践, 2019, 34(9): 958-962.
- [14] 赵正凯, 梁勇, 周建收, 等. 人工智能对肺磨玻璃结节检出及定性诊断价值研究[J]. 大连医科大学学报, 2021, 43(3): 235-239.
- [15] 刘亚斌, 周围, 白琛, 等. 基于人工智能技术的肺部CT扫描在肺结节筛查及良恶性鉴别诊断中的应用分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(9): 52-54.

(收稿日期: 2024-05-23)

(校对编辑: 姚丽娜)