

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.003018

深睿人工智能基于 CT 影像学的肺结节 (直径 ≤ 10 mm) 早期影像特征分析

胡春洪¹, 赖爽¹, 秦正英¹, 邹咏梅², 夏钦红³, 鲁黎¹, 宋雪¹, 吕艳¹, 李信友⁴, 尹莉⁵, 李咏梅⁴

(重庆建设医院 1. 医学影像科; 2. 健康体检中心; 3. 护理部, 重庆 400050;

4. 重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆 400016; 5. 重庆建设医院呼吸危重症科, 重庆 400050)

【摘要】目的:探讨直径 ≤ 10 mm 的肺结节电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)影像学早期影像特征。**方法:**收集 2014 年 4 月至 2020 年 11 月经病理证实的肺结节 152 例, 其中良性 51 例, 恶性 101 例。通过观察肺结节 CT 图像特征信息, 包括结节平均直径、密度(实性、混合密度、磨玻璃密度)、部位、与胸膜的位置关系(胸膜下、非胸膜下)、形态(圆形、卵圆形、不规则形); 边界(清楚、模糊)、边缘(分叶及毛刺征)、充气支气管征、空泡征、血管束束征、血管穿行征、胸膜凹陷征及卫星灶, 邻近支气管改变。应用深睿全肺增强新冠肺结节 AI 软件分析, 将结果与金标准进行比较, 计算敏感度、特异度、准确率、阴性预测值、阳性预测值, 寻找其诊断价值的影像学征象。**结果:**肺结节分析软件诊断结果显示, 恶性 94 例(肺腺癌 62 例、原位癌 30 例、类癌 1 例、鳞癌 1 例), 良性 47 例(瘤样增生 5 例、错构瘤 3 例、炎性肉芽肿 34 例、炎性假瘤 3 例、真菌感染结节 1 例、纤维碳沫结节 1 例), 肺结节分析软件诊断肺结节良恶性灵敏度为 93.06%, 特异度为 92.15%, 准确度为 92.76%, 阳性预测值为 95.91%, 阴性预测值为 87.03%, 与手术后病理结果基本一致。**结论:**基于人工智能肺结节分析软件的 CT 影像学分析, 对肺结节(直径 ≤ 10 mm)的定性有重要鉴别价值。

【关键词】肺结节; 影像组学; 计算机断层摄影术; 人工智能**【中图分类号】**R445.3**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2021-04-20

CT-imaging based early imaging features analysis of pulmonary nodules (diameter ≤ 10 mm) by Shenrui AI technology

Hu Chunhong¹, Lai Shuang¹, Qin Zhengying¹, Zou Yongmei², Xia Qinhong³, Lu Li¹,Song Xue¹, Lü Yan¹, Li Xinyou⁴, Yin Li⁵, Li Yongmei⁴

(1. Department of Medical Imaging; 2. Health Examination Center; 3. Nursing Department,

Chongqing Jianshe Hospital; 4. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical

University; 5. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Chongqing Jianshe Hospital)

【Abstract】Objective: To investigate the early imaging features of pulmonary nodules which are ≤ 10 mm in diameter by computed tomography (CT). **Methods:** A total of 152 cases with pulmonary nodules which were pathologically confirmed from April 2014 to November 2020 were collected, including 51 benign cases and 101 malignant cases. Imaging features including average diameter, density (solid, mixed ground glass, purely ground glass), position, relationship between lesions and pleura (subpleural, away from the pleura), shape (round, oval, irregular), boundary (clear, unclear), margin (lobulation, spiculation sign), air-bronchogram sign, vacuole sign, vessel convergence sign, central vessel signs, pleural indentation sign, satellite foci and alteration of the adjacent bronchioles were assessed. The sensitivity, specificity, accuracy, the positive predictive value and negative predictive value were calculated by comparison of the results analyzed by Shenrui Pulmonary Nodule Analysis Software and the gold standard to determine valuable imaging features.

Results: According to the analysis of the software, among the 152 cases, there were 94 malignant cases (62 cases of lung adenocarcinoma, 30 cases of carcinoma *in situ*, 1 case of carcinoid and 1 case of squamous cell carcinoma), 47 benign cases (5 cases of tumor-like hyperplasia, 3 cases of hamartoma, 34 cases of inflammatory granuloma, 3 cases of inflammatory pseudotumor, 1 case of fungal infection and 1 case of fibrous

作者介绍: 胡春洪, Email: 1193781044@qq.com,

研究方向: 早期肺癌影像诊断。

通信作者: 李咏梅, Email: lymzhang70@aliyun.com。**基金项目:** 2019 年度重庆市九龙坡区科学技术局资助项目 (编号: 2019-02-020-Y)。**优先出版:** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20220424.1637.011.html> (2022-04-25)

carbon nodule). The results of the lung nodule analysis software demonstrated the sensitivity, specificity, accuracy, the positive predictive value and negative predictive value were 93.06%, 92.15%, 92.76%, 95.91% and 87.03% respectively, which were consistent with the pathological results after surgery. **Conclusion:** CT-imaging analysis based on AI pulmonary nodule analysis software has a great differential value in qualitative diagnosis of pulmonary nodules ≤ 10 mm in diameter.

[Key words] pulmonary nodule; radiomics; computed tomography; artificial intelligence

GLOBOCAN 2018 数据显示,中国癌症标化发病率为 201.7/10 万,中国癌症标化死亡率为 130.1/10 万,中国癌症标化死亡率位居全球癌症死亡率第 12 位^[1]。最新肺腺癌国际多学科分类标准认为,肺早期微浸润性腺癌、原位腺癌完全切除术后 5 年无病生存率近 100%^[2]。可见,早期诊断对预后效果非常好。影像组学能从影像 CT 数据中提取大量信息,应用多种自动化数据特征化算法将视觉影像信息转化为更深层次的特征来进行量化研究,在早期肺结节良恶性诊断中有着广阔应用前景^[3-5]。因此,通过影像组学方法提取有助于肺结节良恶性早期诊断的影像学特征,对实现肺恶性结节的早诊断、早治疗,帮助患者获得最佳治疗时机,改善预后有重要意义。

基于此,本文纳入 152 例(直径 ≤ 10 mm)术后病理证实的肺结节,利用肺结节分析软件提取肺结节影像学特征,旨在进一步明确肺结节分析软件对肺结节定性的价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集 2014 年 4 月至 2020 年 11 月具有完整 CT 资料,且经病理证实 152 例 ≤ 10 mm 肺结节,右肺 90 例,左肺 62 例。女 112 例(良性 32 例、恶性 80 例),男 40 例(良性 19 例、恶性 21 例),年龄 17~78 岁,平均(52.4 ± 10.9)岁。肺部恶性结节 101 例,其中浸润性腺癌 65 例,原位癌 34 例,类癌 1 例,鳞癌 1 例;右肺 57 例,左肺 44 例。肺部良性结节 51 例,透明细胞瘤 1 例,瘤样增生 5 例,错构瘤 3 例,炎性肉芽肿 36 例,炎性假瘤 3 例,硬化性肺泡细胞瘤 1 例,真菌感染结节 1 例,纤维碳沫结节 1 例。本研究经医院伦理委员会研究审核通过。

1.2 仪器方法

患者选用 16 排螺旋 CT(GE, BrigtSpeed)检查,仰卧位,无对比剂注射,双手举过头,扫描范围由肺尖到肺底水平,扫描参数:管电流 10~440 mA,管电压为 80~140 kV,时间 8~

10 s,扫描层厚及层间距均为 5 mm,图像矩阵 512×512 ,病灶结节采用标准重建,层厚和层间距 0.625 mm,选用肺窗观察(人为规定:窗宽 1600 HU,窗位-600 HU)。分析肺结节特征采用一脉阳光医学影像平台中的深睿全肺增强新冠肺结节 AI 软件,该软件由医疗人工智能企业杭州深睿博联科技有限公司(简称深睿医疗)生产的创新产品“肺结节 CT 影像辅助检测软件”。采用人工分析和肺结节分析软件对 152 例肺结节进行分析,并对肺结节良恶性的灵敏度、特异度、准确度进行比较。

1.3 影像评估

由 2 位高年资医生(医师资质要求,本院从事 CT 诊断工作 5 年以上,职称为住院医师以上)在不知道病理结果情况下,选用肺窗图像进行分析,判读肺结节 CT 图像影像特征。

1.3.1 使用工具 分析肺结节特征采用一脉阳光医学影像平台中的深睿全肺增强新冠肺结节 AI 软件,通过肺结节辅助分析软件分析所收集的病例并记录结节大小(结节大小以最短径和最长径之和的一半, ≤ 10 mm 为标准)、密度(实性密度、混合密度、磨玻璃密度)、部位、与胸膜关系(胸膜下,距离胸膜 ≤ 10 mm 为标准;非胸膜下,距离胸膜 >10 mm 为标准)、形态(圆形、卵圆形、不规则形)、边界(清楚、模糊)、边缘(分叶及毛刺征)、充气支气管征、空泡征、血管束束征、血管穿行征、胸膜凹陷征及卫星灶、邻近支气管改变特征。有不同意见经协商达成一致。

1.3.2 图像分割 图像分割的本质就是按照一定的准则将图像划分为不同且不相交的区域,区域内部具有相同或相近的特性,而相邻区域之间则具有不同的特性且被区域间的边界分开,采用人工手动分割和机器自动分割 2 种方式^[6-8]。

1.3.3 特征提取与筛选 包括两部分。第一部分:常见特征提取,通过肺结节分析软件,对影像组学特征提取,如 ≤ 10 mm 肺结节的 CT 常见特征(生长部位、边缘特征、大小、内部特征、周围征象)提取;第二部分,不可视特征提取,包括面积、体积、周长等^[9-11],期望不可视特征可定量描述病变的异质性,从而发掘出这些特征更有临床价值的特征。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 25.0 进行统计分析。满足正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)形式表示,用独立样本 t 检验进行分析,否则以 $M_d(P_{25}, P_{75})$ 表示,用 Man-whitney U 检验进行分

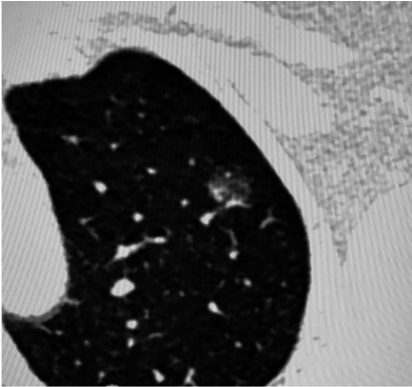
析;计数资料用率、构成比等形式表达,肺结节征象、分布、年龄构成比等采用卡方检验或 Fisher 精确检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

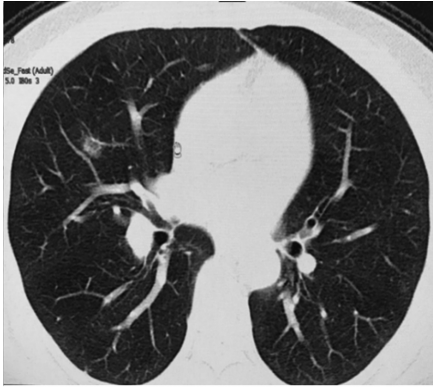
2.1 常见征象

肺结节肺内分布情况:右肺 90 例,良性 33 例,恶性 57 例;左肺 62 例,良性 18 例,恶性 44 例。使用“肺结节 CT 影像

辅助检测软件”进行分析,再结合人工分析结果,肺恶性结节特征有混合密度影、边界不清晰(图 1)、形态不规则、空泡征、血管穿行征(图 2)、胸膜凹陷征、边缘有分叶短毛刺等征象;肺良性结节特征有实性结节、形态规则、边界清楚(图 3、图 4)、有卫星病灶、无分叶毛刺征象。良性肺结节中,实性结节 31 例,无分叶毛刺 24 例,边界清楚 37 例;恶性肺结节中,分叶毛刺 25 例,有分叶无毛刺 52 例,边界清楚 48 例,边界模糊 53 例,空泡征 5 例,血管集束征 13 例,血管穿行征 51 例(表 1、表 2)。



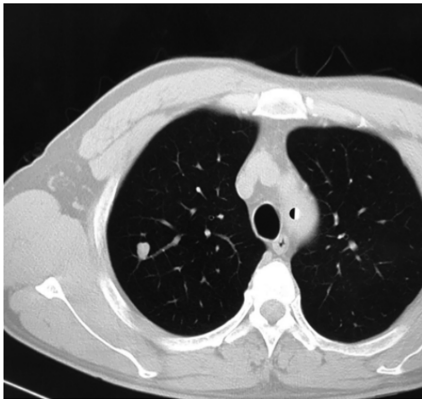
注:左肺结节呈混杂磨玻璃密度、边界不清
图 1 左肺腺癌



注:右肺结节显示血管穿行征象
图 2 右肺原位癌



注:右肺实性结节,边缘清晰,无分叶毛刺
图 3 右肺肉芽结节



注:右肺尖实性结节,形态规则,边缘清晰
图 4 右肺错构瘤

表 1 肺结节肺段分布

右肺		良性	恶性	左肺		良性	恶性	χ^2 值	P 值
上叶	前段	2	10	上叶	前段	1	6	1.285	1.000 ^a
	尖段和后段	13	25		尖后段	6	22		
中叶	内侧段和外侧段	5	4	上叶	上舌段和下舌段	2	2		1.000 ^a
	前底段和内侧底段	4	1		前内底段	1	0		
下叶	上段	4	8	下叶	上段	4	8		1.000 ^a
	后底段	2	3		后底段	3	1		
	外侧底段	3	6		外侧底段	1	5		
合计		33	57	合计		18	44	0.960	0.327

注:a,Fisher 确切概率法

表 2 肺结节影像特征 (n, %)

指标	良性	恶性	P 值
密度			0.000
实性结节	31	12	
混合密度结节	7	33	
纯磨玻璃结节	13	56	
与胸膜关系			0.007
胸膜下	26	28	
非胸膜下	25	73	
形态			0.039
规则	32	44	
不规则	19	57	
边缘			0.002
有分叶毛刺	7	25	
有分叶无毛刺	17	52	
有毛刺无分叶	3	5	
无分叶毛刺	24	19	
边界			0.005
清楚	37	48	
模糊	14	53	
空泡征	0	5	0.000
血管束束征	0	13	0.000
血管穿行征	15	51	0.000
胸膜凹陷征象	8	11	0.000
充气支气管征	0	0	/
卫星灶	1	0	0.000
邻近支气管改变	0	4	0.000

肺结节分析软件显示恶性结节 98 个, 良性结节 54 个, 影像医师人工分析恶性结节 81 个, 良性结节 71 个。手术病理证实: 肺结节人工智能分析结果中恶性结节 94 例, 浸润性腺癌 62 例, 原位癌 30 例, 类癌 1 例, 鳞癌 1 例; 肺部良性结节 47 例, 瘤样增生 5 例, 错构瘤 3 例, 炎性肉芽肿 34 例, 炎性假瘤 3 例, 真菌感染结节 1 例, 纤维碳沫结节 1 例。

2.2 人口学特征

肺结节年龄段分布 17~78 岁, 年龄最小 17 岁, 年龄最大 78 岁。肺结节按 10 岁一个年龄段进行分组, 由于“11~20 岁”年龄段中存在理论频数小于 1, 故将“11~20 岁”和“21~30 岁”年龄段人数合并, 其中 11~30 岁年龄段, 良性 1 例, 恶性 4 例; 31~40 岁年龄段, 良性 4 例, 恶性 13 例; 41~50 岁年龄段, 良性 12 例, 恶性 33 例; 51~60 岁年龄段, 良性 19 例, 恶性 32 例; 61~70 岁年龄段, 良性 14 例, 恶性 15 例; 71~80 岁年龄段, 良性 1 例, 恶性 4 例。肺结节年龄构成按良恶性做总的卡方检验, 差异有统计学意义 ($\chi^2=74.629, P<0.001$) (表 3)。

同时, 肺结节按性别进行分组统计。恶性组: 男性 21 例, 男性构成比为 20.79%; 女性 80 例, 女性构成比为 79.21%。良性组: 男性 19 例, 男性构成比为 37.25%, 女性 32 例, 女性构

成比为 62.75%。对男女良恶性肺结节进行卡方检验, 差异有统计学意义 ($\chi^2=4.737, P=0.030$), 女性肺结节较男性多, 40~60 岁是恶性结节高发年龄段 (表 4)。

表 3 肺结节年龄段分布

年龄/岁	良性	构成比/%	恶性	构成比/%	合计
11~	1	1.96	4	3.96	5
31~	4	7.84	13	12.87	17
41~	12	23.53	33	32.67	45
51~	19	37.25	32	31.68	51
61~	14	27.45	15	14.85	29
71~80	1	1.96	4	3.96	5

表 4 肺结节性别分布

组别	男性	构成比/%	女性	构成比/%
良性	19	37.25	32	62.75
恶性	21	20.79	80	79.21

2.3 不可视特征

通过对 CT 图像的半自动分割, 在获取肺结节密度信息和灰度纹理信息的同时, 也能采集结节轮廓信息, 提取肺结节的影像组学特征, 如形态、体积、密度等, 并从中选择区分度好的特征用于模型训练, 从而不依赖医师的临床经验和视觉性能等主观因素, 具有可重复性。其中肺良性结节中, 实性结节 31 个, 规则形 32 个; 肺恶性结节中, 纯磨玻璃结节 56 个, 混合磨玻璃结节 33 个, 不规则形 57 个 (表 2)。

2.4 2 种方法的比较

肺结节软件分析诊断肺结节良恶性灵敏度为 93.06%, 特异度为 92.15%, 准确度为 92.76%, 阳性预测值为 95.91%, 阴性预测值为 87.03%。影像医师人工分析肺结节良恶性灵敏度为 59.40%, 特异度为 58.82%, 准确度为 59.21%, 阳性预测值为 74.07%, 阴性预测值为 42.25%。AI 分析肺结节良恶性 ROC 曲线下面积为 0.926; 影像医师人工分析肺结节良恶性 ROC 曲线下面积为 0.591。通过对比病理结果, 肺结节分析软件与人工分析在阳/阴性病例、假阳/假阴性病例的数量上具有统计学差异 ($P<0.05$), 充分说明肺结节软件分析预测有应用价值 (表 5、图 5)。

表 5 肺结节软件分析与影像医生分析比较

AI 分析	病理结果			人工分析	病理结果		
	恶性	良性	合计		恶性	良性	合计
恶性	94	4	98	恶性	60	21	81
良性	7	47	54	良性	41	30	71
合计	101	51	152	合计	101	51	152
χ^2 值	103.775			χ^2 值	4.524		
P 值	0.000			P 值	0.033		

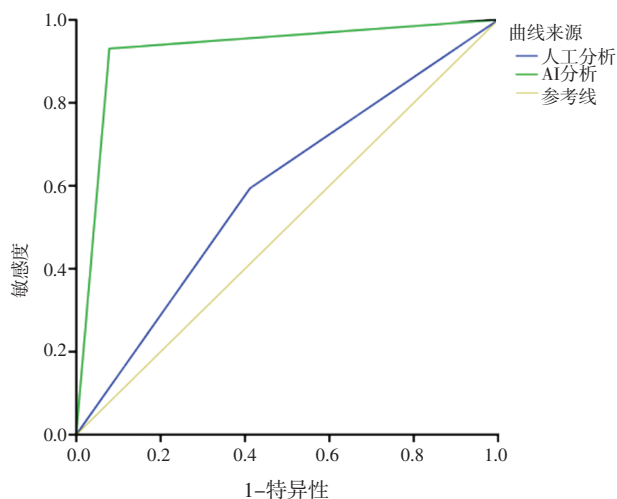


图5 人工和AI分析灵敏度和特异度对比

3 讨论

影像组学是2012年由荷兰学者Lambin等首次提出,是指从影像图像中高通量地提取大量的影像特征,再应用自动化数据特征化算法将影像数据转化为可挖掘的特征空间数据,即将视觉影像信息数据转化为深层次的特征来进行量化研究。其核心是通过提取兴趣区内的高维特征数据来定量描述病变的特征^[12-13]。

传统影像学判断肺结节的良恶性通常是根据肺磨玻璃结节的形态学特征如密度、边缘、是否有分叶或毛刺、是否含实性成分或实性成分占比、支气管充气征、异常血管及胸膜凹陷征等来评估肺结节的良恶性^[14]。

本研究中,肺结节不论良恶性在双肺分布无明显统计学差异,女性较男性多,恶性结节在40~60岁是高发年龄段,本研究 and 既往文献结果一致^[15]。152例随访肺结节病例中,恶性结节101例,女性80例,男性21例;年龄段分布,恶性结节在40~60岁年龄段有65例,占恶性结节总数的64.35%,卡方检验 $P < 0.05$,说明恶性肺结节在性别及年龄段分布有统计学差异,具有临床研究意义。推测其原因:一方面,女性更关注自身健康检查,且女性肺腺癌发病率明显高于男性;另一方面,小于40岁的人做健康体检肺CT意愿不高。本次研究为 ≤ 10 mm肺结节,不做

CT不能发现,而大于60岁的人要么结节已经增大超过本次研究范围,要么在平时生病检查或体检发现后不愿承担肺结节恶性风险已经做手术。本次研究为回顾性研究,所以40~60岁年龄段恶性结节明显高于其他年龄段。

本研究分析发现,肺结节与胸膜关系及边界征象中无统计学差异,而在肺结节密度、形态、边缘、血管束束征、血管穿行征、空泡征中有统计学差异,和既往研究一致^[16]。人工智能技术对肺结节密度、形态、有无空泡征、血管穿行征、胸膜凹陷征、边缘分叶、短毛刺征象的判断,均优于放射科医生;人工分析灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值均明显低于肺结节分析软件,以阴性预测值更明显,有统计学差异,充分说明肺结节分析软件预测肺结节良恶性有明显应用价值。分析原因,一方面,放射科医师每个人知识储备水平、工作经验及工作态度不同会产生偏差,同时放射科医师具有生物属性,长时间连续工作,工作效率及准确度会下降;另一方面,部分医师为了让患者重视,会对不典型肺结节主观倾向判定为恶性结节,从而影响人工肺结节诊断结果。综上所述,肺结节AI分析在技术角度明显优于诊断医师,可快速、精准识别,具有可重复性,不会有视觉疲劳,可确保数据的精准性和有效性^[17],有助于缓解医师工作劳动强度,为更准确地分析评价肺结节良恶性提供更高价值,缩短患者等待时间,为患者和临床医师选择最佳的临床治疗策略提供参考。

本研究也存在不足。首先,由于样本数量少,会存在抽样误差,今后将增加病例数继续研究。其次,只选择CT影像特征进行分析,对肺结节的精准分析诊断存在一定限制,今后期望进一步加入PECT、血清肿瘤标记物进行后续研究。最后,CT图像空间分辨率有限,由观察者定义的病灶范围存在主观差异或偏倚,该技术的可重复性需要进一步研究予以评价;同时,影像组学不可视特征研究不够深入,下一步将进一步加强这方面研究。

总之,放射科医师合理使用肺结节CT影像辅助检测软件技术,能提高医师对 ≤ 10 mm肺结节良恶性诊断的水平,结合临床相关资料能有效提升对肺结节精准诊断能力,提升医师工作效率,对临床

工作有重要意义。

致谢:本研究纳入的部分病例病理结果由重庆医科大学附属第一医院、陆军军医大学附属医院、九龙坡区人民医院提供,在此一并感谢!

参 考 文 献

- [1] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018; GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(6): 394–424.
- [2] Chen H, Liang M, Li X, et al. An individualised radiomics composite model predicting prognosis of stage 1 solid lung adenocarcinoma[J]. Clin Radiol, 2020, 75(7): 562.e11–562. e19.
- [3] Snoeckx A, Reyntiens P, Desbuquoit D, et al. Evaluation of the solitary pulmonary nodule; size matters, but do not ignore the power of morphology[J]. Insights Imaging, 2018, 9(1): 73–86.
- [4] Beig N, Khorrami M, Alilou M, et al. Perinodular and intranodular radiomic features on lung CT images distinguish adenocarcinomas from granulomas[J]. Radiology, 2019, 290(3): 783–792.
- [5] 吴宇强, 秦 涛, 马晓臣, 等. 实性孤立性肺结节 CT 影像组学参数测量的可重复性研究[J]. 放射学实践, 2020, 35(9): 1106–1111.
Wu YQ, Qin T, Ma XC, et al. Study on the reproducibility of CT-based radiomics features in solid solitary pulmonary nodule[J]. Radiol Pract, 2020, 35(9): 1106–1111.
- [6] Xu QQ, Shan WL, Zhu Y, et al. Prediction efficacy of feature classification of solitary pulmonary nodules based on CT radiomics[J]. Eur J Radiol, 2021, 139: 109667.
- [7] 邢 倩, 张晓东, 王霄英. 基于胸部 CT 影像组学的肺结节影像学性质判断[J]. 放射学实践, 2020, 35(3): 340–345.
Xing Q, Zhang XD, Wang XY. The predictive value of CT-based radiomics in differentiating the imaging appearance of pulmonary nodules[J]. Radiol Pract, 2020, 35(3): 340–345.
- [8] Bueno J, Landeras L, Chung JH. Updated fleischner society guidelines for managing incidental pulmonary nodules; common questions and challenging scenarios[J]. Radiographics, 2018, 38(5): 1337–1350.
- [9] 韩 冬, 李其花, 蔡 巍, 等. 人工智能在医学影像中的研究与应用[J]. 大数据, 2019, 5(1): 39–67.
Han D, Li QH, Cai W, et al. Research and application of artificial intelligence in medical imaging[J]. Big Data Res, 2019, 5(1): 39–67.
- [10] Yan MM, Wang WD. Development of a radiomics prediction model for histological type diagnosis in solitary pulmonary nodules; the combination of CT and FDG PET[J]. Front Oncol, 2020, 10: 555514.
- [11] 张 愉, 徐 来, 房梦雅, 等. 人工智能与医学影像学的应用发展[J]. 交通医学, 2021, 35(1): 32–36.
- [12] Zhang Y, Xu L, Fang MY, et al. The development of artificial intelligence and medical imaging[J]. Med J Commun, 2021, 35(1): 32–36.
- [13] Choe J, Lee SM, Do KH, 等. 基于深度学习的 CT 重建核图像转换可增强肺结节或肿块的影像组学可重复性[J]. 国际医学放射学杂志, 2019, 42(5): 616.
- [14] Choe J, Lee SM, Do KH, et al. Deep learning-based image conversion of CT reconstruction kernels improves radiomics reproducibility for pulmonary nodules or masses[J]. Int J Med Radiol, 2019, 42(5): 616.
- [15] Ko JP, Azour L. Management of incidental lung nodules[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2018, 39(3): 249–259.
- [16] Chen XM, Feng B, Chen YH, et al. A CT-based radiomics nomogram for prediction of lung adenocarcinomas and granulomatous lesions in patient with solitary sub-centimeter solid nodules[J]. Cancer Imaging, 2020, 20(1): 45.
- [17] 陈相猛, 张嘉瑜, 段晓蓓, 等. 基于 HRCT 影像学表现对磨玻璃肺结节腺癌浸润程度的鉴别诊断[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19(6): 71–74.
Chen XM, Zhang JY, Duan XB, et al. High-resolution computed tomography features of pulmonary ground glass nodules for distinguishing degree of adenocarcinomas[J]. Chin J CT MRI, 2021, 19(6): 71–74.
- [18] 景 瑞, 金 鑫, 高 洁, 等. 不同密度早期肺腺癌的影像特征与病理学分类[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(6): 937–940, 952.
- [19] Jing R, Jin X, Gao J, et al. Radiological characteristics and pathological classification of lung adenocarcinoma of various density in early stage[J]. J Med Imaging, 2019, 29(6): 937–940, 952.
- [20] 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.
- [21] 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.

(责任编辑: 冉明会)