

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2025.11.004

呼吸系统疾病专题

胸部 CT 联合血清 CA242、CYFRA21-I 对肺结节良恶性的诊断价值

魏蛟, 张鑫, 华正锋, 代金娥, 杨银花, 刘奕君, 成友华

基金项目: 云南省科技厅科技计划项目(202201AZ070001-108)

作者单位: 650032 昆明, 联勤保障部队第九二〇医院放射诊断科(魏蛟、华正锋、杨银花、刘奕君、成友华), 呼吸与危重症
医学科(张鑫、代金娥)

通信作者: 成友华, E-mail: chengyouhua76@163.com



【摘要】目的 探讨胸部 CT 联合血清糖类抗原 242(CA242)、细胞角蛋白 19 片段(CYFRA21-I) 对良恶性肺结节的诊断价值。**方法** 回顾性选取 2023 年 1 月—2024 年 12 月联勤保障部队第九二〇医院呼吸与危重症医学科收治的恶性肺结节(肺癌) 患者 98 例为肺癌组, 另选取同期收治的良性肺结节患者 76 例为良性结节组。采用酶联免疫吸附实验(ELISA) 检测血清 CA242、CYFRA21-I 水平; 采用 Kappa 检验分析胸部 CT 单独及联合血清 CA242、CYFRA21-I 诊断肺结节良恶性与病理诊断的一致性; 受试者工作特征(ROC) 曲线分析胸部 CT 及血清 CA242、CYFRA21-I 对肺结节良恶性的诊断价值。**结果** 肺癌组血清 CA242、CYFRA21-I 水平高于良性结节组($t/P=8.194/<0.001$ 、 $8.326/<0.001$); 肺癌组结节直径及毛刺征、空泡征、胸膜凹陷征比例高于良性结节组($t/\chi^2/P=17.422/<0.001$ 、 $14.456/<0.001$ 、 $19.531/<0.001$ 、 $18.316/<0.001$); 胸部 CT 单独及联合血清 CA242、CYFRA21-I 诊断肺结节良恶性的 Kappa 值分别为 0.738、0.884, 与病理诊断的一致性分别为较高、极高($P<0.01$); ROC 曲线分析显示, 胸部 CT、血清 CA242、CYFRA21-I 单独及三者联合诊断肺结节良恶性的曲线下面积(AUC) 分别为 0.863、0.837、0.842、0.943, 其中三者联合诊断 AUC 高于各自单独诊断的 AUC($Z/P=2.169/0.030$ 、 $2.873/0.004$ 、 $2.801/0.005$)。**结论** 胸部 CT 联合血清 CA242、CYFRA21-I 可显著提高肺结节良恶性的诊断准确度, 有利于肺癌的早期筛查。

【关键词】 肺癌; 肺结节; 胸部 CT; 糖类抗原 242; 细胞角蛋白 19 片段; 诊断**【中图分类号】** R734.2; R44**【文献标识码】** A

The diagnostic value of chest CT combined with serum CA242 and CYFRA21-I for benign and malignant pulmonary nodules Wei Jiao*, Zhang Xin, Hua Zhengfeng, Dai Jin'e, Yang Yinhua, Liu Yijun, Cheng Youhua.* Department of Radiological Diagnosis, the 920th Hospital of the Joint Logistics Support Force, Yunnan, Kunming 650032, China

Funding program: Science and Technology Plan Project of Yunnan Provincial Department of Science and Technology (202201AZ070001-108)

Corresponding author: Cheng Youhua, E-mail: chengyouhua76@163.com

【Abstract】Objective To explore the diagnostic value of chest CT combined with serum carbohydrate antigen 242 (CA242) and cytokeratin 19 fragment (CYFRA21-I) for benign and malignant pulmonary nodules. **Methods** From January 2023 to December 2024, 98 patients with malignant pulmonary nodules (lung cancer) admitted to the Department of Respiratory and Critical Care Medicine of the 920th Hospital of the Joint Logistics Support Force were retrospectively selected as the lung cancer group, while 76 patients with benign pulmonary nodules admitted during the same period were selected as the benign nodule group. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was used to detect serum CA242 and CYFRA21-I levels. Kappa analysis was used to evaluate the consistency between chest CT alone and in combination with serum CA242 and CYFRA21-I for diagnosing benign and malignant pulmonary nodules compared with pathological diagnosis. Receiver operating characteristic curve (ROC) analysis was used to assess the diagnostic value of chest CT and serum CA242 and CYFRA21-I for benign and malignant pulmonary nodules. **Results** Serum levels of CA242 and CYFRA21-I in the lung cancer group were higher than those in the benign nodule group ($t/P=8.194/<0.001$, $8.326/<0.001$). The proportion of patients with larger nodule diameter, spiculation sign, vacuolar sign, and pleural indentation sign in the lung cancer group was higher than that in the benign nodule group ($t/\chi^2/P=17.422/<0.001$, $14.456/<0.001$, $19.531/<0.001$, $18.316/<0.001$). The Kappa values for chest

CT alone and in combination with serum CA242 and CYFRA21-I for diagnosing benign and malignant pulmonary nodules were 0.738 and 0.884, respectively, indicating high and excellent consistency with pathological diagnosis ($P < 0.01$). The area under the curve (AUC) for chest CT, serum CA242, CYFRA21-I alone, and their combination in diagnosing benign and malignant pulmonary nodules were 0.863, 0.837, 0.842, and 0.943, respectively. The AUC of the combined diagnosis of all three was higher than that of each individual method ($Z/P = 2.169/0.030, 2.873/0.004, 2.801/0.005$). **Conclusion** Chest CT combined with serum CA242 and CYFRA21-I can significantly improve the diagnostic accuracy for benign and malignant pulmonary nodules, which is beneficial for early screening of lung cancer.

【Key words】 Lung cancer; Benign nodules; Chest CT scan; Carbohydrate antigen 242; Cytokeratin 19 fragment; Diagnosis

2022 年全球癌症统计数据结果显示,肺癌在所有癌症中最常见,占全球所有癌症病例的 12.4%^[1]。由于早期肺癌无特异症状,多数患者确诊时已处于晚期,治疗机会有限,导致肺癌生存率较低^[2]。肺癌通常在胸部 CT 图像中表现为异常肺部小结节或肺部肿块,判断肺结节的良恶性是肺癌早期诊断的关键所在^[3]。胸部 CT 扫描对肺结节的性质虽有一定诊断准确性,但临床仍需辅以生物标志物,以便更准确地明确肺结节性质^[4]。血液生物标志物糖类抗原 242 (carbohydrate antigen 242, CA242)、细胞角蛋白 19 片段 (cytokeratin 19 fragment, CYFRA21-I) 是目前传统的肿瘤相关抗原生物标志物,被广泛用作肺癌的参考诊断^[5-6]。单一生物标志物的敏感度和特异度有限,肿瘤标志物和影像学检查的组合可提高肺结节良恶性诊断的准确度^[6]。基于此,本研究旨在探讨胸部 CT 与血清 CA242、CYFRA21-I 联合诊断肺结节良恶性的价值,以期区分肺癌患者和良性肺结节患者提供参考,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性选取 2023 年 1 月—2024 年 12 月联勤保障部队第九二〇医院呼吸与危重症医学科收治的恶性肺结节(肺癌)患者 98 例为肺癌组,其中腺癌 68 例,鳞状细胞癌 23 例,小细胞癌 7 例。另选取同期收治的良性肺结节患者 76 例为良性结节组,其中良性肉芽肿 13 例,肺结核 15 例,肺硬化性血管瘤 20 例,错构瘤 20 例,组织化肺炎 8 例。2 组一般资料比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。本研究获得医院伦理委员会批准 (2025 伦审 0520),患者或家属知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: ①符合肺癌诊断标准^[7],患者均经病理诊断首次确诊; ②年龄 >18 岁; ③入组前未接受过放化疗等辅助治疗。(2) 排除标准: ①结节较小而无法提取影像检查参数者; ②心、肝、肾等其他重要脏器出现功能障碍者; ③自身免疫功能障碍、感染者; ④合并其他恶性肿瘤者。

表 1 肺癌组与良性结节组一般资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between lung cancer group and benign nodule group

项 目	良性结节组 (<i>n</i> = 76)	肺癌组 (<i>n</i> = 98)	χ^2/t 值	<i>P</i> 值
男 [例(%)]	44(57.89)	53(54.08)	0.252	0.615
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	57.68 $\pm$ 10.14	59.26 $\pm$ 10.93	0.976	0.330
吸烟史 [例(%)]	40(52.63)	48(48.98)	0.228	0.633
家族史 [例(%)]	4(5.26)	8(8.16)	0.561	0.454
肺气肿 [例(%)]	4(5.26)	10(10.20)	1.412	0.235

1.3 观测指标与方法

1.3.1 胸部 CT 检查: 64 排 CT 扫描仪(美国 GE 公司) 对 2 组患者进行扫描,扫描参数为管电压 120 kV,管电流 160 mA,层厚 1.25 mm,层间距 1.25 mm,视野 320 mm $\times$ 320 mm,矩阵 512 $\times$ 512。所有患者检查后均由 2 名经验丰富的影像科临床医师单独阅片,结果不一致时协商得出一致意见。获取并记录肺结节相关特征: 结节直径、结节位置、实性、磨玻璃样、分叶征、毛刺征、空泡征、支气管充气征、胸膜凹陷征、血管集束征、钙化等。

1.3.2 血清 CA242、CYFRA21-I 水平检测: 采集 2 组患者清晨空腹静脉血 5 ml,离心后收集血清。采用酶联免疫吸附实验(ELISA) 测定血清 CA242(上海瓦兰生物科技有限公司,货号: E07063)、CYFRA21-I(武汉百意欣生物技术有限公司,货号: TD711257) 水平,使用酶标仪(美国 Bio-Rad 公司,型号: iMark-680 型) 在 450 nm 处读取吸光度,具体操作步骤严格按照说明书进行。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 26.0 软件分析数据。计数资料以频数或构成比(%) 表示,组间比较采用 χ^2 检验; 符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 采用 Kappa 检验分析胸部 CT 单独及联合血清 CA242、CYFRA21-I 诊断肺结节良恶性与病理诊断的一致性,当 Kappa 值 <0.4 、 $0.4 \sim <0.6$ 、 $0.6 \sim <0.8$ 、 ≥ 0.8 时,一致性分别为较低、中度、较高、

极高;绘制受试者工作特征曲线(ROC)分析胸部CT及血清CA242、CYFRA21-I对肺结节良恶性的诊断价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组血清CA242、CYFRA21-I水平比较 肺癌组血清CA242、CYFRA21-I水平高于良性结节组($P<0.01$),见表2。

表2 肺癌组与良性结节组血清CA242、CYFRA21-I水平比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of serum CA242 and CYFRA21-I levels between lung cancer group and benign nodule group

组别	例数	CA242(mg/L)	CYFRA21-I(μ g/L)
良性结节组	76	4.15 $\pm$ 1.08	2.45 $\pm$ 0.63
肺癌组	98	6.63 $\pm$ 2.46	3.38 $\pm$ 0.80
<i>t</i> 值		8.194	8.326
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001

2.2 2组胸部CT特征比较 2组结节位置、实性、磨玻璃样、分叶征、支气管充气征、血管集束征、钙化比例比较,差异无统计学意义($P>0.05$);肺癌组结节直径及毛刺征、空泡征、胸膜凹陷征比例高于良性结节组($P<0.01$),见表3。

表3 良性结节组和肺癌组胸部CT特征比较

Tab.3 Comparison of chest CT features between benign nodule group and lung cancer group

项目	良性结节组(<i>n</i> =76)	肺癌组(<i>n</i> =98)	χ^2/t 值	<i>P</i> 值
结节直径($\bar{x}\pm s$,mm)	16.42 $\pm$ 1.79	20.98 $\pm$ 1.65	17.422	<0.001
结节位置[例(%)]			1.790	0.617
左肺上叶	19(25.00)	27(27.55)		
左肺下叶	21(27.63)	24(24.49)		
右肺上叶	15(19.74)	26(26.53)		
右肺中叶	0	0		
右肺下叶	21(27.63)	21(21.43)		
实性[例(%)]	63(82.89)	85(86.73)	0.497	0.481
磨玻璃样[例(%)]	5(6.58)	8(8.16)	0.155	0.693
分叶征[例(%)]	9(11.84)	19(19.39)	1.805	0.179
毛刺征[例(%)]	26(34.21)	62(63.27)	14.456	<0.001
空泡征[例(%)]	0	22(22.45)	19.531	<0.001
支气管充气征[例(%)]	32(42.11)	52(53.06)	2.058	0.151
胸膜凹陷征[例(%)]	24(31.58)	63(64.29)	18.316	<0.001
血管集束征[例(%)]	35(46.05)	59(60.20)	3.451	0.063
钙化[例(%)]	8(10.53)	4(4.08)	2.769	0.096

2.3 胸部CT单独及联合血清CA242、CYFRA21-I诊断肺结节良恶性与病理诊断的一致性比较 胸部CT单独及联合血清CA242、CYFRA21-I诊断肺结节良恶

性的假阳性率分别为15.5%(17/110)、4.2%(4/96),假阴性率分别为7.8%(5/64)、7.7%(6/78),Kappa值分别为0.738、0.884,与病理诊断的一致性分别为较高、极高($P<0.01$),见表4。

表4 胸部CT单独及联合血清CA242、CYFRA21-I诊断肺结节良恶性与病理诊断的一致性比较[例(%)]

Tab.4 Comparison of consistency between chest CT alone and in combination with serum CA242 and CYFRA21-I in the diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules and pathological diagnosis

诊断方法	病理诊断		Kappa值	<i>P</i> 值
	肺癌(<i>n</i> =98)	良性结节(<i>n</i> =76)		
胸部CT			0.738	<0.001
肺癌(<i>n</i> =110)	93(84.5)	17(15.5)		
良性结节(<i>n</i> =64)	5(7.8)	59(92.2)		
胸部CT联合血清CA242、CYFRA21-I			0.884	<0.001
肺癌(<i>n</i> =96)	92(95.8)	4(4.2)		
良性结节(<i>n</i> =78)	6(7.7)	72(92.3)		

2.4 胸部CT及血清CA242、CYFRA21-I对肺结节良恶性的诊断价值 胸部CT、血清CA242、CYFRA21-I单独及三者联合作为检验变量,良性结节患者作为对照,绘制ROC曲线见图1。结果显示,胸部CT、血清CA242、CYFRA21-I单独及三者联合诊断肺结节良恶性的曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为0.863、0.837、0.842、0.943,其中三者联合诊断AUC高于单独AUC($Z/P=2.169/0.030$ 、 $2.873/0.004$ 、 $2.801/0.005$),见表5。

表5 胸部CT及血清CA242、CYFRA21-I对肺结节良恶性的诊断价值

Tab.5 Diagnostic value of chest CT and serum CA242 and CYFRA21-I in the diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules

指标	截断值	AUC	95%CI	敏感度	特异度	约登指数
胸部CT		0.863	0.801~0.924	0.949	0.776	0.725
CA242	5.18 mg/L	0.837	0.777~0.897	0.725	0.895	0.620
CYFRA21-I	2.91 μ g/L	0.842	0.783~0.900	0.908	0.645	0.553
三者联合		0.943	0.903~0.983	0.939	0.948	0.887

3 讨论

肺癌包括3种组织学亚型,分别为鳞状细胞癌、腺癌和小细胞癌,早期诊断和手术治疗目前被认为是降低肺癌患者病死率的主要方法^[8]。肺癌的最初诊断

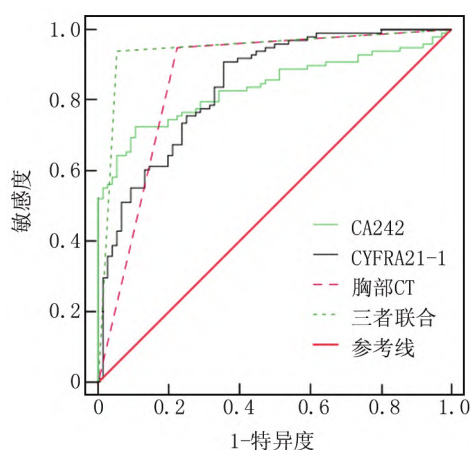


图1 血清 CA242、CYFRA21-1 水平诊断肺结节良恶性的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curve of serum CA242 and CYFRA21-1 levels in the diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules

方法包括临床表现、胸部 X 线、CT 扫描、血液生物标志物和活检等^[9]。组织病理学检查是诊断肺结节良恶性的金标准,且有多种侵入性方法来获取病理组织,如支气管镜检查 and CT 扫描引导的活检^[10]。但侵入性方式增加患者痛苦,不便捷且昂贵,因此,活检前的胸部 CT 和肿瘤标志物检测至关重要。

影像学检查手段中,MR 在肺结节诊断中的应用较少,X 线诊断肺结节的漏诊率较高,PET/CT 价格昂贵且诊断<8 mm 的肺结节敏感度较低^[11-12]。胸部 CT 扫描便捷度较高、所需时间较少,且对肿瘤内钙化有高敏感度,可有效明确肿瘤位置、形状、内部组成和周围浸润,进而实现准确的术前诊断目的^[13]。临床医师主要通过胸部 CT 影像特征,如分叶征、空泡征、支气管充气征等征象,给予患者初步诊断建议^[14]。鄢骑兵等^[15]研究发现,恶性肺结节患者出现毛刺征、气管征、空泡征、胸膜牵拉的比例高于良性结节患者。本研究结果中,肺癌患者和良性肺结节患者部分胸部 CT 特征的比例有明显差异。提示胸部 CT 检查结果中结节直径越大或有毛刺征、空泡征、胸膜凹陷征等影像特征时,肺结节为恶性的风险更大。此外,本研究中胸部 CT 单独鉴别诊断与病理诊断的一致性较高,其诊断敏感度超过 90%,但特异度相对较低。Deng 等^[16]研究发现,胸部光谱和灌注 CT 鉴别诊断外周肺癌和局灶性组织肺炎的敏感度为 0.86、0.71,特异度为 0.83、0.83。本研究敏感度高于上述研究,但特异度低于该研究,表明胸部 CT 在鉴别诊断良恶性肺结节时的特异度存在不足。分析认为肺结节在肺内占比较小,而胸部 CT 影像像素有限,部分良性 CT 征象的结节,如良

性肉芽肿结节,CT 诊断易出现假阳性,因此诊断需谨慎,可同其他指标联合使用。

肿瘤标志物是指肿瘤细胞或机体细胞受肿瘤刺激而产生并释放的一类物质,其主要是在细胞癌变过程中产生的特异性或相对特异性物质,此类物质在正常细胞中没有或含量极少^[17]。崔逐云等^[18]研究发现,CA242、CYFRA21-1 在肺癌患者血清中的水平高于良性患者。Li 等^[19]研究结果中,肺癌患者 CYFRA21-1 水平显著高于良性肺肿瘤患者和健康人群。本研究结果发现,肺癌患者血清 CA242、CYFRA21-1 水平较高。分析推测在癌细胞生长和发育过程中,CA242、CYFRA21-1 作为反映肿瘤生长和发育的物质而被肿瘤基因表达、合成和分泌,因此肺癌患者中血清 CA242、CYFRA21-1 检测水平显著高于良性肺结节患者。ROC 曲线分析结果证实,CA242、CYFRA21-1 对良恶性肺结节均有一定诊断价值,但 CA242 诊断敏感度较低(0.725),CYFRA21-1 诊断特异度较低(0.645)。分析认为可能是由于在肺结节恶性病变早期,疾病显示的肿瘤负荷较低,使得肿瘤标志物特征不明确,因此单独诊断价值有限。

既往研究显示,胸部 CT 与血清指标葡萄糖调节蛋白 78、半胱氨酸蛋白酶抑制剂 1 诊断良恶性肺结节的准确度为 92.86%^[20]。Ding 等^[21]研究将人工智能 CT 图像识别和血清自身抗体进行联合,术前识别恶性肺结节的敏感度、特异度和阳性预测值分别为 0.823、0.905、0.972。因此本研究同样将胸部 CT 与血清 CA242、CYFRA21-1 检查进行联合,联合检查后对肺结节良恶性的诊断敏感度和特异度均高于 0.90,与上述研究诊断效能基本一致。表明影像学检查胸部 CT 在判断肺结节良恶性方面的特异度有限,而血清肿瘤标志物 CA242、CYFRA21-1 可以增强医师对肺结节的全面了解,如肺癌细胞的生长、分化,其对判断肺癌病情有重要意义,因此胸部 CT 与其联合后可增加诊断准确度。

4 结 论

综上所述,肺癌患者血清中 CA242、CYFRA21-1 水平显著升高,二者联合胸部 CT 可有效提高对良恶性肺结节患者的诊断特异度。表明胸部 CT 与血清肿瘤标志物联合检测肺癌具有较高的互补性,二者通过影像学和生物学信息综合反映肺癌进展。胸部 CT 联合 CA242、CYFRA21-1 的临床适用性较高,有利于临床医师在术前制定和选择合适的治疗方案。但作为小样本研究,本研究结论可能存在局限性,其可推广性有限,需联合多个中心进行外部验证,从而进一步证实研

究结果。其次,不同时间点的血清标志物可能不同,本研究未能动态监测 CA242、CYFRA21-I 水平变化,进而分析其疗效监测价值。

利益冲突: 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

魏蛟: 设计研究方案,实施研究过程,论文撰写、修改; 张鑫、代金城: 实施研究过程,资料搜集整理,论文撰写; 华正锋、杨银花: 资料搜集整理,统计学分析; 刘奕君: 资料收集、文献调研与整理; 成友华: 提出研究思路,分析数据,论文修改、审核

参考文献

- [1] Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74 (3) : 229-263. DOI: 10.3322/caac.21834.
- [2] Soin S, Ibrahim R, Wig R, et al. Lung cancer mortality trends and disparities: A cross-sectional analysis 1999-2020 [J]. Cancer Epidemiol, 2024, 92: 102652. DOI: 10.1016/j.canep.2024.102652.
- [3] Wang P, Martel P, Hajjam ME, et al. Incidental diagnosis of lung cancer on chest CT scan performed for suspected or documented COVID-19 infection [J]. Respir Med Res, 2024, 85: 101084. DOI: 10.1016/j.resmer.2024.101084.
- [4] Peeters D, Alves N, Venkadesh KV, et al. Enhancing a deep learning model for pulmonary nodule malignancy risk estimation in chest CT with uncertainty estimation [J]. Eur Radiol, 2024, 34 (10) : 6639-6651. DOI: 10.1007/s00330-024-10714-7.
- [5] 乔晓春, 祁冬, 田畅, 等. 胸部 CT 强化值联合血清 CEA、NSE、CA242、CA199 在老年肺癌中的临床意义 [J]. 中国老年学杂志, 2024, 44 (24) : 5914-5918. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2024.24.008.
- [6] Du Y, Wen Y, Huang J. Analysis of variation of serum CEA, SCC, CYFRA21-I in patients with lung cancer and their diagnostic value with EBUS-TBNA [J]. J Med Biochem, 2024, 43 (4) : 363-371. DOI: 10.5937/jomb0-37083.
- [7] 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肿瘤学分会肺癌临床诊疗指南(2021 版) [J]. 中华肿瘤杂志, 2021, 43 (6) : 591-621. DOI: 10.3760/cma.j.cn112152-20210207-00118.
- [8] Roy-Chowdhuri S. Molecular pathology of lung cancer [J]. Clin Lab Med, 2024, 44 (2) : 137-147. DOI: 10.1016/j.cl.2023.08.002.
- [9] Meyer ML, Peters S, Mok TS, et al. Lung cancer research and treatment: Global perspectives and strategic calls to action [J]. Ann Oncol, 2024, 35 (12) : 1088-1104. DOI: 10.1016/j.annonc.2024.10.006.
- [10] Gristina V, Russo G, Bazan Russo TD, et al. Recent advances in the use of liquid biopsy for the diagnosis and treatment of lung cancer [J]. Expert Rev Respir Med, 2024, 18 (12) : 991-1001. DOI: 10.

1080/17476348.2024.2423824.

- [11] Woodworth CF, Frota Lima LM, Bartholmai BJ, et al. Imaging of solid pulmonary nodules [J]. Clin Chest Med, 2024, 45 (2) : 249-261. DOI: 10.1016/j.ccm.2023.08.013.
- [12] Li T, Mao J, Yu J, et al. Fully automated classification of pulmonary nodules in positron emission tomography-computed tomography imaging using a two-stage multimodal learning approach [J]. Quant Imaging Med Surg, 2024, 14 (8) : 5526-5540. DOI: 10.21037/qims-24-234.
- [13] Lee JE, Park KS, Kim YH, et al. Lung cancer staging using chest CT and FDG PET/CT free-text reports: Comparison among three ChatGPT large language models and six human readers of varying experience [J]. AJR Am J Roentgenol, 2024, 223 (6) : e2431696. DOI: 10.2214/AJR.24.31696.
- [14] Marcinkiewicz AM, Buchwald M, Shanbhag A, et al. AI for multist-structure incidental findings and mortality prediction at chest CT in lung cancer screening [J]. Radiology, 2024, 312 (3) : e240541. DOI: 10.1148/radiol.240541.
- [15] 鄢骑兵, 喻茂文, 谭辉. 良恶性肺结节患者的 CT 影像学指标, 血清学指标及呼出气体中 VOCs 的差异 [J]. 影像科学与光化学, 2023, 41 (1) : 147-152. DOI: 10.7517/issn.1674-0475.221005.
- [16] Deng L, Zhang G, Lin X, et al. Comparison of spectral and perfusion computed tomography imaging in the differential diagnosis of peripheral lung cancer and focal organizing pneumonia [J]. Front Oncol, 2021, 11: 690254. DOI: 10.3389/fonc.2021.690254.
- [17] Orive D, Echepare M, Bernasconi-Bisio F, et al. Protein biomarkers in lung cancer screening: Technical considerations and feasibility assessment [J]. Arch Bronconeumol, 2024, 60 (2) : 67-76. DOI: 10.1016/j.arbres.2024.07.007.
- [18] 崔逐云, 卫佳佳, 田艳, 等. 中央型肺癌多层螺旋 CT 影像学特征及与癌胚抗原细胞角蛋白片段 21-I 糖链抗原 242 联合诊断价值研究 [J]. 实用医学影像杂志, 2022, 23 (2) : 148-151. DOI: 10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2022.04.012.
- [19] Li J, Chen Y, Wang X, et al. The value of combined detection of CEA, CYFRA21-I, SCC-Ag, and pro-GRP in the differential diagnosis of lung cancer [J]. Transl Cancer Res, 2021, 10 (4) : 1900-1906. DOI: 10.21037/tcr-21-527.
- [20] 冯苏, 张显文, 万兵. 胸部 CT 影像特征联合血清 GRP78 和 CST1 对良恶性肺结节的诊断价值 [J]. 临床肺科杂志, 2024, 29 (6) : 829-833. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2024.06.004.
- [21] Ding Y, Zhang J, Zhuang W, et al. Improving the efficiency of identifying malignant pulmonary nodules before surgery via a combination of artificial intelligence CT image recognition and serum autoantibodies [J]. Eur Radiol, 2023, 33 (5) : 3092-3102. DOI: 10.1007/s00330-022-09317-x.

(收稿日期: 2025-05-14)