

非小细胞肺癌动态增强 CT 特征与病灶组织 TTF-1、CK5/6 表达的关系

孟 锦, 张冰凌, 马啸天, 李卫星
(新乡市中心医院 CT 室, 河南 新乡 453000)

[摘要] 目的:探讨非小细胞肺癌(NSCLC)患者动态增强 CT 检查特征与病灶组织中甲状腺转录因子 1(TTF-1)、细胞角蛋白 5/6(CK5/6)表达的关系。方法:选取我院 2021 年 1 月—2023 年 6 月经病理学检查确诊的 138 例 NSCLC 患者开展临床研究,分别对比不同 TTF-1、CK5/6 蛋白表达水平患者的动态增强 CT 特征及扫描参数。结果:138 例 NSCLC 患者,其中 TTF-1 蛋白阳性表达 92 例(66.70%)、CK5/6 蛋白阳性表达 73 例(52.90%);CK5/6 蛋白阳性表达的 NSCLC 患者的毛刺征阳性率、血管束征检出率、胸膜侵犯率、淋巴结转移率均显著高于 CK5/6 蛋白阴性表达的 NSCLC 患者($P<0.05$);CK5/6 蛋白阳性患者灌注值、强化峰值(PH)值均高于 CK5/6 蛋白阴性患者($P<0.05$)。结论:TTF-1 蛋白表达与 NSCLC 患者动态增强 CT 特征及参数关系不明显,CK5/6 蛋白在 NSCLC 疾病发展中起到重要作用,并且与患者动态增强 CT 特征及参数相关,临床上可以作为判断辅助手段帮助评估肿瘤发展程度及临床诊断。

[关键词] 癌,非小细胞肺;体层摄影术,螺旋计算机

[中图分类号] R734.2;R814.42

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2025)02-0099-05

DOI:10.12117/jccmi.2025.02.006

Relationship between dynamic enhanced CT features and the expression of TTF-1 and CK5/6 in lesion tissues of non-small cell lung cancer

MENG Jin, ZHANG Bing-ling, MA Xiao-tian, LI Wei-xing

(CT Department, Xinxiang Central Hospital, Xinxiang Henan 453000, China)

Abstract: Objective: To explore the relationship between dynamic enhanced CT features and the expression of thyroid transcription factor 1 (TTF-1) and cytokeratin 5/6 (CK5/6) in lesion tissues of non-small cell lung cancer (NSCLC) patients. **Methods:** A total of 138 patients with NSCLC diagnosed by pathological examination in Xinxiang Central Hospital from January 2021 to June 2023 were selected for clinical study. Dynamic enhanced CT features and scanning parameters of patients with different TTF-1 and CK5/6 protein expression levels were compared, respectively. **Results:** Of 138 NSCLC patients, 92 (66.70%) had positive expression of TTF-1 protein and 73(52.90%) had positive expression of CK5/6 protein. The burr positive rate, vascular cluster sign detection rate, pleural invasion rate and lymph node metastasis rate of NSCLC patients with CK5/6 protein positive expression were significantly higher than those with CK5/6 protein negative expression ($P<0.05$). The perfusion value and peak height (PH) value of CK5/6 protein positive patients were higher than those of CK5/6 protein negative patients ($P<0.05$). **Conclusion:** There is no significant correlation between the expression of TTF-1 protein and the dynamic enhanced CT features and parameters in NSCLC patients. CK5/6 protein plays an important role in the development of NSCLC disease and is related to the dynamic enhanced CT features and parameters of patients. In clinical practice, it can be used as an auxiliary means to evaluate the degree of tumor development and clinical diagnosis.

Key words: Carcinoma, Non-Small-Cell Lung; Tomography, Spiral Computed

非小细胞肺癌 (Non-small cell lung cancer, NSCLC)是肺癌中最常见的种类,早期患者没有明显症状,确诊时常已进展至中晚期,患者预后较差^[1]。因此,早期诊断对于及时治疗及改善预后至关重要^[2-3]。既往研究表明,免疫组化结果与患者病理特征有密切关系,可为临床诊疗及预后评估提供重要依据^[4]。细胞角蛋白 5/6(Cytokeratin 5/6,CK5/6)主要在含有鳞状上皮细胞的组织中表达,其常被用于鉴别鳞癌、

腺癌的 NSCLC 组织类型^[5]。也有研究发现^[6],其还可以用于判断肿瘤恶性程度。甲状腺转录因子-1 (TTF-1)可在胚胎、成熟的肺组织、甲状腺上皮细胞中表达^[7]。有学者发现 TTF 在不同类型肺癌中存在表达量的差异^[8]。关于 NSCLC 病灶组织中 TTF、CK5/6 表达情况是否与患者病理特点及影像学特征有关,目前还没有研究报道。CT 动态增强扫描可以对肺区血流灌注进行显示,可以为临床诊疗提供参考^[9-10]。

[收稿日期] 2024-11-29

[作者简介] 孟锦(1986-),女,河南新乡人,主治医师。E-mail:MMNGjin927@163.com

[通信作者] 李卫星,新乡市中心医院 CT 室,453000。E-mail:xszxycts8@126.com

[基金项目] 河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20230879)。

本研究设想将影像学检查及免疫组化结果联合起来,旨在探究 NSCLC 患者动态增强 CT 检查特征与病灶组织中 TTF-1、CK5/6 表达的关系,为临床提供更加全面的参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取我院 2021 年 1 月—2023 年 6 月经病理学检查确诊的 138 例 NSCLC 患者开展临床研究,其中男 111 例,女 27 例;年龄 55~88 岁,平均(66.8±8.0)岁;其中吸烟 69 例、饮酒 50 例;合并高血压 55 例、糖尿病 28 例、冠心病 34 例。研究实施方案经伦理学专家组完成伦理审查后实施。纳入标准:①本研究选取的 NSCLC 患者均经过病理学检查确诊,诊断标准依据《肺癌临床诊疗指南 2021》中的标准^[1];②所有患者在接受动态增强 CT 检查前未实施手术及放疗治疗;③患者年龄 55~88 岁;④免疫组化等病理学检查明确诊断病理学类型为 NSCLC;⑤患者本人知情同意。排除标准:①患者同时伴有其他部位恶性肿瘤(7 例);②凝血功能异常(21 例);③转移性肺癌患者(39 例);④小细胞肺癌患者(11 例);⑤有放疗病史者(38 例)。

1.2 增强 CT 检查方法

采用飞利浦 Brilliance 64 型 CT 机。先行常规平扫,参数:管电流 180 mA,管电压 120 kV,5 mm 层厚。从胸廓至膈平面范围实施扫描,利用常规扫描定位病灶,然后行动态增强扫描,经肘静脉以 2.5~3.0 mL/s 流率注射 1.5 mL/kg、浓度为 350 mgI/mL 的碘海醇,扫描条件:层厚 5 mm,螺距 0.923,矩阵 512×512。注射对比剂后 35 s 采集动脉期图像,70 s 采集静脉期图像。获取图像以备分析。

图像处理及分析:绘制时间-密度曲线,分析不同时相的强化特点。勾画肿瘤强化最大处为 ROI。测量以下参数:肿块强化达到峰值时间(Time to peak, Tp);灌注值=肿块增强值÷对应时间得到的最大结果值÷主动脉增强峰值。强化峰值(Peak height, PH)=最大增强 CT 值与平扫 CT 值之差;M/A 值为病灶、主动脉最大增强值的比值。

1.3 免疫组化检查方法及判断标准

手术获取癌组织标本,固定在 4%中性甲醛中,常规制备石蜡切片,依次进行脱水、脱蜡、染色、分化、脱水、透明、封片等操作。在高倍显微镜下随机挑选 10 个视野,分别由 2 名病理科医生在不知道患者影像学检查结果的前提下进行病理诊断。判读结果不一致时讨论得到最终结果。

TTF-1、CK5/6 蛋白在 NSCLC 细胞中分别定位

于细胞核、细胞质,当上述两种蛋白在细胞中阳性表达时,可发现免疫组化染色成淡黄色、黄色、褐色显色,总体上免疫组化染色阳性结果判断依据染色深度及阳性染色细胞的占比情况进行评价,依据染色深浅程度评分:肺癌细胞中未发现染色(0 分)、肺癌细胞中经免疫组化染色呈淡黄色染色(1 分)、呈棕黄色染色(2 分)、呈褐色、黑色(3 分);依据免疫组化染色检查着色细胞的占比情况进行评分:阳性着色细胞占比≤10%计 1 分、阳性着色细胞占比范围>10%~50%计 2 分、阳性着色细胞占比范围>50%~75%计 3 分、阳性着色细胞占比>75%计 4 分,上述肺癌细胞的免疫组化染色程度与阳性着色细胞评分之乘积<3 分为阴性、≥3 分为阳性^[2]。

对比不同 TTF-1、CK5/6 蛋白表达情况患者的动态增强 CT 特征及扫描参数的差异。

1.4 统计学方法

数据使用统计软件 SPSS 21.0 进行分析,本研究收集的灌注值、PH、M/A 值、Tp 测定值等计量资料均符合正态分布标准,对符合正态分布的计量数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料采用百分数(n,%)表示,比较采用卡方检验。*P*<0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同 TTF-1、CK5/6 蛋白的 NSCLC 患者 CT 表现特征差异

138 例 NSCLC 患者肺癌组织经免疫组化染色分析,其中 TTF-1 蛋白阳性表达 92 例(66.70%)、CK5/6 蛋白阳性表达 73 例(52.90%);根据 TTF-1 蛋白表达分组对比 NSCLC 患者的病灶直径、毛刺征、血管束束征、空洞征、胸膜凹陷征、分叶征、胸膜侵犯情况、淋巴结转移情况,差异均无统计学意义(*P*>0.05,图 1)。

根据 CK5/6 蛋白表达分组对比,CK5/6 蛋白阳性表达的 NSCLC 患者的毛刺征阳性率、血管束束征检出率、胸膜侵犯率、淋巴结转移率均显著高于 CK5/6 蛋白阴性表达的 NSCLC 患者,差异均具有统计学意义(*P*<0.05);CK5/6 蛋白阳性表达和阴性表达的 NSCLC 患者的病灶直径、空洞征、胸膜凹陷征、分叶征情况对比,差异均无统计学意义(*P*>0.05)(图 2)。

2.2 不同 TTF-1 蛋白表达的 NSCLC 患者 CT 动态增强扫描参数对比

对比 TTF-1 蛋白阳性表达患者的灌注值(0.28±0.06) mL/(min·mL)、PH (48.32±4.91) HU、M/A 值(0.20±0.05)、Tp 值(83.45±9.81) s 与阴性表达的

NSCLC 患者的 (0.27 ± 0.06) mL/(min·mL)、PH (47.20 ± 5.03) HU、M/A 值 (0.19 ± 0.06) 、Tp 值 (85.02 ± 11.74) s 比较, 两组之间差异均无统计学意义 ($P=0.334$ 、 $P=0.212$ 、 $P=0.294$ 、 $P=0.409$, P 值均 >0.05) (表 1)。

2.3 不同 CK5/6 蛋白表达的 NSCLC 患者 CT 动态增强扫描参数对比

CK5/6 蛋白阳性患者灌注值 (0.32 ± 0.04) mL/(min·mL)、PH 值 (51.37 ± 3.32) HU 均高于 CK5/6 蛋白阴性患者 (0.23 ± 0.04) mL/(min·mL)、PH 值 (44.10 ± 3.44) HU, 两组之间差异具有统计学意义 ($P=0.000$ 、 $P=0.000$, P 值均 <0.05); CK5/6 蛋白阳性与阴性患者的 M/A 值、Tp 值比较, 两组之间差异无统计学意义 ($P>0.05$) (表 2)。

3 讨论

一些免疫组织化学结果对 NSCLC 患者的诊疗及预后评估具有重要参考价值。肿瘤内部有新生血

管生成、血流灌注异常等会促进肿瘤的发生发展。临床提出利用影像学检查可以很好地反映肿瘤内部血管生成情况, 进而协助临床判断病灶的生物学变化规律^[13]。为了进一步提升临床诊疗效果, 本研究旨在探究 NSCLC 患者动态增强 CT 检查特征与病灶组织中 TTF-1、CK5/6 表达的关系。

138 例 NSCLC 患者肺癌组织 TTF-1 蛋白阳性表达率为 66.70%, 根据 TTF-1 蛋白表达分组, 发现 TTF-1 蛋白表达阳性者及阴性者的增强 CT 定性特征及灌注值、PH、M/A 值、Tp 值等定量参数没有显著差异。TTF-1 在临床常用于鉴别肺腺癌和肺鳞癌。在本研究中, TTF-1 表达情况鉴别 NSCLC 病灶病理学特点的作用不够显著, 需要结合其他指标一同分析。

我们发现, NSCLC 患者肺癌组织 CK5/6 蛋白阳性表达率为 52.90%。CK5/6 蛋白阳性表达的 NSCLC 患者的毛刺征阳性率、血管束征检出率、胸膜侵犯率、淋巴结转移率均显著高于 CK5/6 蛋白阴性表达

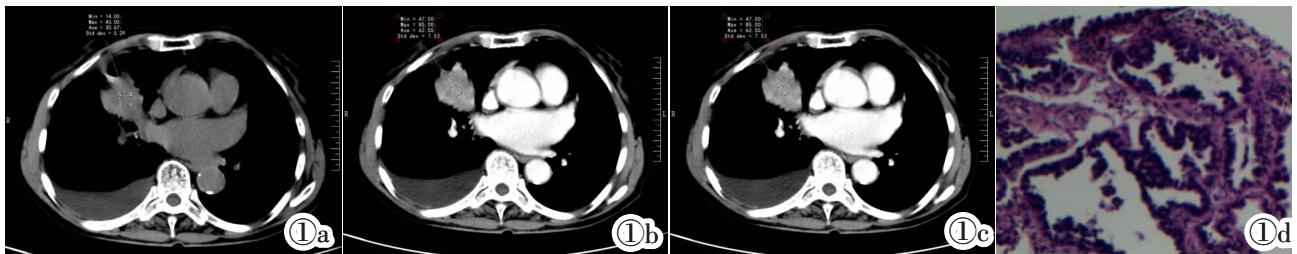


图 1 女, 59 岁, 病理学检查为右肺肺癌。图 1a~1c 为患者肺部 CT 检查结果, 病灶 1.9 cm×1.3 cm; 图 1d 为免疫组化病理检查结果, 病理结果中 CK5/6 蛋白(-), TTF-1(+)

Figure 1. Female, 59 years old, pathologically examined for lung cancer in the right lung. Figure 1a~1c: The results of CT examination of the patient's lung, with a lesion of 1.9 cm×1.3 cm. Figure 1d: The result of immunohistochemical pathology, with CK5/6 protein(-) and TTF-1(+) in the pathology.

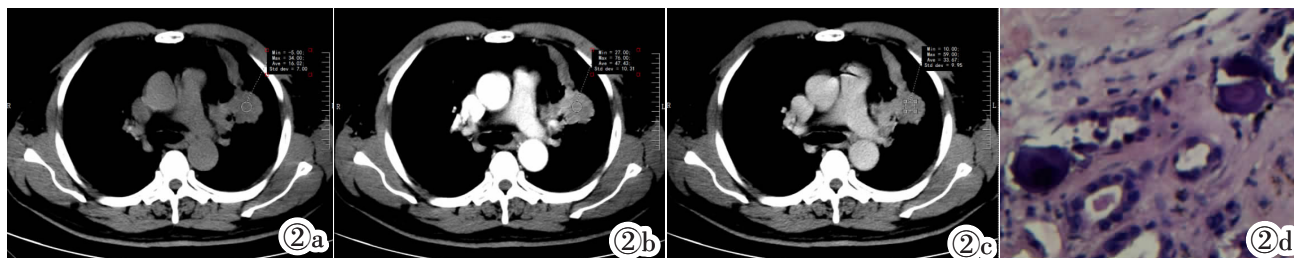


图 2 男, 64 岁, 病理学检查为左肺肺癌。图 2a~2c 为患者肺部 CT 检查结果, 病灶 1.8 cm×1.5 cm; 图 2d 为免疫组化病理检查结果, CK5/6 蛋白(+), TTF-1(+)

Figure 2. Male, 64 years old, pathologically examined as lung cancer of the left lung. Figure 2a~2c: The results of CT examination of the patient's lung, with a lesion of 1.8 cm×1.5 cm. Figure 2d: The result of immunohistochemical pathology, with CK5/6 protein(+) and TTF-1(+) in the pathology result.

表 1 不同 TTF-1 蛋白表达的 NSCLC 患者 CT 动态增强扫描参数对比($\bar{x} \pm s$)

	n	灌注值	PH	M/A 值	Tp
阳性	92	0.28±0.06	48.32±4.91	0.20±0.05	83.45±9.81
阴性	46	0.27±0.06	47.20±5.03	0.19±0.06	85.02±11.74
t		0.969	1.253	1.053	-0.829
P		0.334	0.212	0.294	0.409

表 2 不同 CK5/6 蛋白表达的 NSCLC 患者 CT 动态增强扫描参数对比($\bar{x} \pm s$)

	n	灌注值	PH	M/A 值	Tp
阳性	73	0.32±0.04	51.37±3.32	0.19±0.05	83.98±10.30
阴性	65	0.23±0.04	44.10±3.44	0.20±0.05	83.97±10.76
t		12.947	12.628	0.924	0.003
P		0.000	0.000	0.357	0.998

的 NSCLC 患者。提示 CK5/6 蛋白表达与 NSCLC 患者动态增强 CT 特征有关,在 NSCLC 发展中发挥重要作用。CK5/6 是细胞骨架的重要组成部分,具有维持组织细胞完整性及稳定性的作用^[14]。其表达可对肿瘤细胞的增殖、迁移行为产生影响。此外也有研究发现其阳性表达可调节细胞凋亡信号通路,这也是其与 NSCLC 发生发展存在关联的原因。动态增强 CT 是显示肺癌病灶特征的有效影像学手段,其所表现的毛刺征、血管集束征、胸膜侵犯、淋巴结转移等征象对 NSCLC 的诊断有较高价值^[15]。NSCLC 表现的多形性特征是由肿瘤生长方式不同所决定的。

结合本研究结果分析,上述 CT 征象的不同与控制肿瘤生长方式的 CK5/6 表达密切相关。CT 表现为毛刺征及胸膜侵犯征象代表肿瘤发生向周围浸润生长的现象,肿瘤恶性程度较高^[16]。肺癌 CK5/6 表达促进了血管化纤维蛋白基质的形成,刺激肿瘤细胞增殖并沿邻近支气管、肺动脉周围结缔组织浸润。本组 CK5/6 蛋白阳性表达的 NSCLC 患者的血管集束征检出率较高,分析与 CK5/6 表达促进新生血管生成,进而使得肿瘤供血血管代偿性增粗有关。CK5/6 表达可促进淋巴管增生,使得肿瘤易发生淋巴结转移。虽然 CK5/6 与细胞恶变没有直接关系,但是 NSCLC 肿瘤生成较为活跃,需要更多的营养补给,因此会刺激 CK5/6 的表达^[17-18]。总之,通过动态增强 CT 特征与 CK5/6 表达情况结合可为临床研究 NSCLC 的生物学特征提供更多参考。

动态增强 CT 扫描可获取灌注值、M/A、Tp、PH、曲线形态等定量参数,对恶性肿瘤的诊断具有重要的参考作用^[19]。本研究利用 CT 测量了上述参数,并与 CK5/6 蛋白表达情况进行了联合分析。本研究结果显示:CK5/6 蛋白阳性患者灌注值、PH 值均高于 CK5/6 蛋白阴性患者,两组 M/A 值、Tp 值没有显著差异。提示 NSCLC 病灶组织中 CK5/6 蛋白表达情况与患者 M/A 值、Tp 值相关。CK5/6 蛋白阳性患者 NSCLC 肿瘤内部新生微血管数量较多,增强扫描时,造影剂会迅速进入细胞间隙中,使得灌注值增大。而造影剂滞留量、供血血管丰度与病灶的 PH 值相关^[20]。CK5/6 蛋白阳性的患者恶性程度较高,肿瘤为了满足自身生存需要,需要开放更多血管,因此肿瘤组织内的血容量也相应增加。此外,血液流经动脉、毛细血管、静脉窦及静脉时间各不相同,肿瘤内灌注值、PH 值的增加也反映了肿瘤内各种形式的动-静脉短路的出现,这也是进展较快的 NSCLC 组织中常见的现象。

本研究将动态增强 CT 参数与 TTF-1 蛋白、CK5/6 蛋白结合起来分析,能够反映 NSCLC 病灶特

点,可为 NSCLC 的诊断和病情评估提供一定参考。本研究也存在不足之处,为回顾性研究,样本数量不够大,未对病例生存情况进行分析,在今后的研究中需要进一步完善。

综上所述,TTF-1 蛋白表达与 NSCLC 患者动态增强 CT 特征及参数关系不明显,CK5/6 蛋白在 NSCLC 疾病发展中起到重要作用,并且与患者动态增强 CT 特征及参数相关,临床上可以作为判断辅助手段帮助评估肿瘤发展程度及临床诊断。

【参考文献】

- [1]米玉霞,耿云平,苏慧东,等. CT 引导和 VBN 辅助 EBUS-GS 与周围型肺癌疾病诊断效果的关系研究 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2023,34(2):105-108.
- [2]Bove S, Fanizzi A, Fadda F, et al. A CT-based transfer learning approach to predict NSCLC recurrence: The added-value of peritumoral region[J]. PLoS One, 2023, 18(5): e0285188.
- [3]Larici AR, Franchi P, Del Ciello A, et al. Role of delayed phase contrast-enhanced CT in the intra-thoracic staging of non-small cell lung cancer (NSCLC): What does it add?[J]. Eur J Radiol, 2021, 144(3): e109983.
- [4]Li X, Wang X, Li Q, et al. CT combined with multiparameter MRI in differentiating pathological subtypes of non-small-cell lung cancer before surgery[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2022, 2022(8): e7301.
- [5]Guo R, Tian Y, Zhang N, et al. Use of dual-marker staining to differentiate between lung squamous cell carcinoma and adenocarcinoma[J]. J Int Med Res, 2020, 48(4): e867.
- [6]Yang Y, Yuan G, Xie H, et al. CDK14 expression is elevated in patients with non-small cell lung cancer and correlated with poor prognosis[J]. J Int Med Res, 2021, 49(10): e199.
- [7]巫旋钦,陈庚,贾砚,等. 非小细胞肺癌患者血清 anti-CK5, anti-P63 和 anti-TTF-1 水平表达及与预后相关性研究[J]. 现代检验医学杂志, 2023, 38(6):6-12.
- [8]周文勤,闫雪波,王木子,等. TTF-1、CK7、p63、CK5/6 免疫组化检测在低分化非小细胞肺癌分类中的应用 [J]. 临床肺科杂志, 2022,27(8):1176-1180.
- [9]闻敏,李红,刘松,等. CT 特征在预测非小细胞肺癌中甲状腺转录因子 1 表达状态的价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(6): 42-45.
- [10]Deng L, Tang H, Luo Y, et al. Preoperative CT radiomics nomogram for predicting microvascular invasion in stage I non-small cell lung cancer [J]. Acad Radiol, 2023, 16(5): e232023.
- [11]中华医学会肿瘤学分会,中华医学会杂志社,韩宝惠. 中华医学会肿瘤学分会肺癌临床诊疗指南 (2021 版)[J]. 中华医学杂志, 2021,101(23):33.
- [12]叶敏,韩昱晨,项珍珍,等. 免疫组化双染技术在非小细胞肺癌中的应用[J]. 临床与实验病理学杂志, 2019, 35(6): 741-742.
- [13]张盼,黄庆,汪扬,等. 非小细胞肺癌动态增强 CT 扫描下临床表现特征与其病理类型的关系 [J]. 西部医学, 2023, 35(4):584-587.
- [14]Bortolotto C, Lancia A, Stelitano C, et al. Radiomics features as

- predictive and prognostic biomarkers in NSCLC [J]. *Expert Rev Anticancer Ther*, 2021, 21(3): 257-266.
- [15] 顾吾立, 费芳, 周冰, 等. 囊腔型肺癌 MSCT 征象与 TTF-1, CK5/6 及 P63 表达的相关性研究 [J]. *医学影像学杂志*, 2023, 33(8): 1368-1372.
- [16] Moon JW, Yi CA, Lee KS, et al. Preoperative helical dynamic enhanced multidetector row computed tomography: can it be a prognostic indicator in early-stage non-small cell lung cancer? [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2022, 46(2): 308-314.
- [17] Verma V, Rao RN. Cytokeratin 19 expression in intrathoracic neoplasms: First study utilizing cellblocks, evaluating the role of a rarely used cytokeratin for lung cancers [J]. *Diagn Cytopathol*, 2022, 50(3): 105-111.
- [18] 李飞妹, 王武明, 赵龙. 细胞角蛋白 5/6, P63 蛋白, 细胞角蛋白 7, 甲状腺转录因子 1 免疫组织化学染色指标在非小细胞肺癌鉴别诊断中的应用[J]. *中国当代医药*, 2021, 28(29): 98-100.
- [19] Owens C, Hindocha S, Lee R, et al. The lung cancers: staging and response, CT, ¹⁸F-FDG PET/CT, MRI, DWI: review and new perspectives[J]. *Br J Radiol*, 2023, 96(1148): e339.
- [20] Wang J, Wang J, Huang X, et al. CT radiomics-based model for predicting TMB and immunotherapy response in non-small cell lung cancer[J]. *BMC Med Imaging*, 2024, 24(1): 45-47.
-
- (上接 98 页)
- [5] Zhang Y, Tang J, Xu J, et al. Analysis of pulmonary pure ground-glass nodule in enhanced dual energy CT imaging for predicting invasive adenocarcinoma: comparing with conventional thin-section CT imaging [J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9 (12): 4967-4978.
- [6] Wu L, Cao J, Zhao L, et al. Spectral CT analysis of solitary pulmonary nodules for differentiating malignancy from benignancy: the value of iodine concentration spatial distribution difference[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 4830659.
- [7] Chen M, Li X, Wei Y, et al. Can spectral computed tomography imaging improve the differentiation between malignant and benign pulmonary lesions manifesting as solitary pure ground glass, mixed ground glass, and solid nodules?[J]. *Thorac Cancer*, 2019, 10(2): 234-242.
- [8] 黄美玲. 能谱 CT 对孤立性肺结节的鉴别诊断价值分析[J]. *中外医学研究*, 2023, 21(15): 68-72.
- [9] 江德胜, 韦炜, 李丹, 等. 能谱 CT 定量分析对孤立性肺结节/肿块鉴别诊断的初步研究 [J]. *安徽医科大学学报*, 2017, 52 (3): 435-439.
- [10] 王丽杰, 马继文, 王永丽, 等. 能谱 CT 鉴别诊断孤立性肺结节或肿块的价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2017, 28(4): 245-249.
- [11] Liu H, Yan F, Pan Z, et al. Evaluation of dual energy spectral CT in differentiating metastatic from non-metastatic lymph nodes in rectal cancer: Initial experience[J]. *Eur J Radiol*, 2015, 84(2): 228-234.
- [12] Groe Hokamp N, Gupta A, Gilkeson RC. Stratification of pulmonary nodules using quantitative iodine maps from dual-energy computed tomography [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(2): e3-e4.
- [13] 韩铭钧, 冯敢生, 杨建勇, 等. 肺动脉不参与肺癌供血——实验和 DSA 研究[J]. *中华放射学杂志*, 2000, 34(12): 802-804.
- [14] Xie M. Value of radiodensity determined by enhanced computed tomography for the differential diagnosis of lung masses [J]. *Iran J Radiol*, 2011, 8(3): 145-149.
- [15] Ling S, Deng D, Mo Y, et al. Correlations between CT perfusion parameters and vascular endothelial growth factor expression and microvessel density in implanted VX2 lung tumors[J]. *Cell Bio-chem Biophys*, 2014, 70(1): 629-633.
- [16] Hou WS, Wu HW, Yin Y, et al. Differentiation of lung cancers from inflammatory masses with dual-energy spectral CT imaging [J]. *Acad Radiol*, 2015, 22(3): 337-344.
- [17] Li Q, Li X, Li XY, et al. Spectral CT in lung cancer: Usefulness of iodine concentration for evaluation of tumor angiogenesis and prognosis[J]. *AJR*, 2020, 215(3): 595-602.