

能谱 CT 定量参数与肺癌患者病理特征、预后的相关性分析

孟 锦¹, 张冰凌¹, 孙兴智¹, 李卫星¹, 田晓敏²

(1. 新乡市中心医院 CT 室, 河南 新乡 453000; 2. 新乡医学院第四临床学院, 河南 新乡 453099)

[摘要] 目的: 探讨能谱 CT 定量参数与肺癌患者病理特征、预后的相关性。方法: 选取 2019 年 9 月—2022 年 6 月于我院经病理学检查确诊的 102 例肺癌患者作为研究组, 同期 110 例肺炎患者作为对照组。所有入组病例均行能谱 CT 增强扫描, 测量能谱 CT 定量参数(包括能谱曲线斜率(s-SHC)、动脉期标准化碘浓度(NICAP)、静脉期标准化碘浓度(NICVP))。采用受试者工作特性(ROC)曲线评估能谱 CT 定量参数对肺癌患者预后的预测价值, 采用多因素 Cox 回归分析肺癌患者预后的相关因素。结果: 研究组能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 均高于对照组($P<0.05$)。腺癌、淋巴转移、T3~T4 期浸润深度肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 均高于鳞癌、无淋巴转移、T1~T2 期浸润深度肺癌患者($P<0.05$)。T1~T2 期、T3~T4 期肺癌患者 2 年预后不良例数分别为 10 例(16.67%)、24 例(57.14%), 组间比较差异有统计学意义($t=18.214, P<0.05$)。2 年预后不良肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 均高于 2 年预后良好肺癌患者($P<0.05$)。ROC 曲线分析显示, NICAP、NICVP、s-SHC 及联合预测肺癌患者 2 年预后不良的 AUC 分别为 0.830(95%CI: 0.780~0.880)、0.845(95%CI: 0.795~0.895)、0.866(95%CI: 0.816~0.916)、0.911(95%CI: 0.861~0.961)。多因素分析显示, 淋巴转移($HR=2.098$)、T3~T4 期浸润深度($HR=2.707$)、NICAP ≥ 0.25 ($HR=3.080$)、NICVP ≥ 0.52 ($HR=4.267$)、s-SHC ≥ 1.74 ($HR=3.611$)均为影响肺癌患者 2 年预后不良的危险因素($P<0.05$)。结论: 能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 在肺癌患者中升高, 且与病理特征、预后密切相关, 其对肺癌患者预后具有良好的预测效能。

[关键词] 肺肿瘤; 体层摄影术, X 线计算机

[中图分类号] R734.2; R814.42

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2025)03-0174-05

DOI: 10.12117/jccmi.2025.03.005

Correlation analysis of quantitative parameters of energy spectrum CT with pathological features and prognosis of patients with lung cancer

MENG Jin¹, ZHANG Bing-ling¹, SUN Xing-zhi¹, LI Wei-xing¹, TIAN Xiao-min²

(1. Department of CT, Xinxiang Central Hospital, Xinxiang Henan 453000, China;

2. The Fourth Clinical College of Xinxiang Medical College, Xinxiang Henan 453099, China)

Abstract: Objective: To explore the correlation between quantitative parameters of energy spectrum CT and pathological features and prognosis of patients with lung cancer. **Methods:** A total of 102 patients with lung cancer pathologically confirmed at our hospital from September 2019 to June 2022 were selected as the study group, and 110 patients with pneumonia were selected as the control group. All enrolled patients underwent energy spectrum CT enhanced scanning, and quantitative parameters of energy spectrum CT were measured (including energy spectrum curve slope (s-SHC), standardized iodine concentration in arterial phase(NICAP), standardized iodine concentration in venous phase(NICVP)). The predictive value of quantitative parameters of energy spectrum CT on prognosis of patients with lung cancer was evaluated by ROC. The related factors affecting prognosis of lung cancer patients were analyzed by multi-factor Cox regression. **Results:** The quantitative parameters NICAP, NICVP and s-SHC of energy spectrum CT in study group were significantly higher compared to the control group ($P<0.05$). CT quantitative parameters NICAP, NICVP and s-SHC in patients with adenocarcinoma, lymphatic metastasis and T3~T4 infiltration depth lung cancer were higher than those in patients with squamous cell carcinoma, no lymphatic metastasis and T1~T2 infiltration depth lung cancer($P<0.05$). There were 10(16.67%) and 24(57.14%) patients with stage T1~T2 and stage T3~T4 lung cancer with adverse prognosis at 2 years, respectively, and the difference between groups was statistically significant ($t=18.214, P<0.05$). CT quantitative parameters NICAP, NICVP and s-SHC of lung cancer patients in the 2-year poor prognosis were higher than those in the 2-year good prognosis($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of NICAP, NICVP, s-SHC and combined prediction of 2-year poor prognosis of lung cancer patients were 0.830(95%CI: 0.780~0.880), 0.845(95%CI: 0.795~0.895), 0.866(95%CI: 0.795~0.895) and 0.911(95%CI: 0.861~0.961). A multi-factor analysis showed that lymphatic metastasis ($HR=2.098$), T3~T4 infiltration depth ($HR=2.707$), NICAP ≥ 0.25 ($HR=$

[收稿日期] 2024-12-19

[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: xxszyyct8@126.com

[基金项目] 河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20230879)。

3.080), $NICVP \geq 0.52$ ($HR=4.267$), $s-SHC \geq 1.74$ ($HR=3.611$) were risk factors for poor prognosis in lung cancer patients at 2 years ($P < 0.05$). **Conclusion:** Quantitative parameters NICAP, NICVP and s-SHC are increased in patients with lung cancer, and they are closely related to pathological characteristics and prognosis, and they have a good predictive effect on prognosis of patients with lung cancer.

Key words: Lung Neoplasms; Tomography, X-Ray Computed

肺癌作为我国发病率与死亡率最高的恶性肿瘤,近年来不仅发病率逐年增加,而且发病年龄也开始趋于年轻化,已成为严重威胁人类身体健康的疾病^[1-2]。肺癌早期症状不明显,大部分患者确诊时已处于晚期,而此时不符合手术适应证患者的治疗方法有限,严重影响其预后生存率^[3]。因此,早期评估肺癌患者病情并给予合适治疗对改善预后至关重要。能谱 CT 作为一种具有能谱成像功能的新型成像模式,可客观反映病变的组织特性,其定量参数在临床疾病的诊断中发挥重要的作用^[4-5]。既往相关研究报道,能谱 CT 定量参数可鉴别胸腺上皮肿瘤和胸腺囊肿^[6];能谱 CT 定量参数亦能有效评估非小细胞肺癌肺段切除术患者预后不良的风险^[7]。但目前能谱 CT 定量参数与肺癌患者病理特征、预后关系的研究仍尚少。因此,本研究主要分析能谱 CT 定量参数与肺癌患者病理特征、预后的相关性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2019 年 9 月—2022 年 6 月于我院经病理学检查确诊的 102 例肺癌患者作为研究组,男 68 例,女 34 例;年龄 40~79 岁,平均(60.55±2.15)岁。同时将同期 110 例肺炎患者作为对照组,男 74 例,女 36 例;年龄 41~80 岁,平均(60.98±2.34)岁。纳入标准:①研究组均符合原发性肺癌的诊断标准^[8],且经病理学检查已确诊;②对照组均符合肺炎的临床症状;③知情同意;④CT 检查前未行抗肿瘤、抗炎等相关治疗;⑤年龄 40~80 岁。排除标准:①伴有心、肾等其他重要脏器病变者;②合并神经系统性疾病、血液性疾病、自身免疫性疾病、心脑血管疾病、其他恶性肿瘤者;③无法完全配合检测及治疗者;④病灶内存在影响测量的空洞或肺不张者;⑤其他部位恶性肿瘤导致的肺转移者;⑥继发性肺癌、小细胞肺癌者;⑦存在碘对比剂过敏者;⑧既往精神病史者。本研究已获我院医学伦理委员会批准,伦理批件号:伦审 2019 研第 051 号。

1.2 检查方法

检查前常规禁食 4 h,检查前 10 min 口服温水 800~1 000 mL,并练习呼吸,患者取仰卧位且双手举过头顶,先行胸部平扫,后采用 GE Revolution CT 以能谱扫描模式进行能谱增强扫描,扫描范围从肺

尖至膈肌水平。扫描参数:管电压 80 kVp、140 kVp 瞬时高速自动切换,管电流 400 mA,层厚 5 mm,转速 0.3 s/r,螺距 1.375:1。完成平扫后经肘静脉注入非离子型对比剂碘海醇(350 mg/mL),总量 60~80 mL,注射流率 3~4 mL/s。对比剂注射后 30 s、60 s 分别进行动脉期、静脉期扫描,后将重建层间距为 1.25 mm、重建层厚为 1.25 mm 的图像传送到 GE AW 4.6 工作站。由两名工作经验丰富的影像科医师共同应用 GSI view 能谱分析软件进行图像处理,首先在图像中选择病灶明显强化部位通过手动绘制感兴趣区(ROI),注意避开血管、钙化、坏死区,然后在碘基图像上测定动脉期(AP)、静脉期(VP)全部病灶的碘浓度(IC),同时测定同层面主动脉或者锁骨下动脉的 IC,最后计算出病灶标准化碘浓度(NIC)、能谱曲线斜率(s-SHC), $NIC = \text{肿瘤病灶 IC 值} / \text{同层面主动脉 IC 值}$, $s-SHC = (40 \text{ keV 动脉期 CT 值} - 70 \text{ keV 动脉期 CT 值}) / 30$,测量 3 次取平均值作为结果。

记录所有患者年龄、病理类型、浸润深度、有无淋巴转移。对 102 例肺癌患者治疗出院后通过电话/门诊等方式进行为期 2 年的随访,随访截止时间为 2024 年 6 月,将随访期间病死、复发的肺癌患者纳入预后不良组,其余肺癌患者纳入预后良好组。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析,以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述计量资料,采用 t 检验进行比较;采用受试者工作特征(ROC)曲线评估能谱 CT 定量参数对肺癌患者预后的预测价值,采用多因素 Cox 回归分析探讨肺癌患者预后的相关因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究组、对照组能谱 CT 定量参数比较

研究组患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 分别为 0.23±0.08、0.56±0.20、1.99±0.34,均高于对照组能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC (0.13±0.05、0.29±0.10、0.64±0.27) (P 均 < 0.05)。

2.2 能谱 CT 定量参数与肺癌患者病理特征的关系

不同年龄、性别肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 比较均无统计学差异 ($P > 0.05$)。不同病理类型、淋巴转移、浸润深度肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 比较均存在统计学

差异($P<0.05$),且腺癌、淋巴转移、T3~T4 期浸润深度肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 均高于鳞癌、无淋巴转移、T1~T2 期浸润深度肺癌患者($P<0.05$)(表 1,图 1~3)。

表 1 能谱 CT 定量参数与肺癌患者病理特征的关系($\bar{x}\pm s$)

病理特征	n=102	NICAP	NICVP	s-SHC	
年龄(岁)	≥ 60	45	0.25±0.10	0.57±0.21	2.00±0.34
	<60	57	0.23±0.08	0.55±0.19	1.98±0.33
	<i>t</i>		1.122	0.504	0.296
	<i>P</i>		0.264	0.615	0.768
性别	男	68	0.24±0.09	0.58±0.21	2.01±0.36
	女	34	0.22±0.08	0.54±0.18	1.97±0.33
	<i>t</i>		1.097	0.949	0.544
	<i>P</i>		0.275	0.345	0.588
病理类型	腺癌	55	0.26±0.10	0.59±0.21	2.10±0.38
	鳞癌	47	0.20±0.07	0.50±0.17	1.66±0.30
	<i>t</i>		3.453	2.352	6.411
	<i>P</i>		0.001	0.021	<0.001
淋巴转移	有	37	0.28±0.11	0.60±0.22	2.09±0.37
	无	65	0.19±0.07	0.51±0.17	1.62±0.28
	<i>t</i>		5.049	2.306	7.237
	<i>P</i>		<0.001	0.023	<0.001
浸润深度	T1~T2	62	0.20±0.07	0.52±0.18	1.64±0.29
	T3~T4	40	0.30±0.12	0.64±0.25	2.13±0.39
	<i>t</i>		-4.634	-2.626	-6.818
	<i>P</i>		<0.001	0.010	<0.001

2.3 预后良好组与预后不良组肺癌患者能谱 CT 定量参数比较

102 例肺癌患者出院后随访 2 年,随访期间预后不良例数为 34 例(33.33%),预后良好例数为 68 例(66.67%),其中 T1~T2 期、T3~T4 期肺癌患者 2 年预后不良例数分别 10 例(16.67%)、24 例(57.14%),组间比较差异有统计学意义($t=18.214, P<0.05$)。2 年预后不良肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、

NICVP、s-SHC 分别为 0.33 ± 0.14 、 0.60 ± 0.22 、 2.15 ± 0.40 ,均高于 2 年预后良好的肺癌患者(分别为 0.18 ± 0.06 、 0.49 ± 0.15 、 1.65 ± 0.30)(P 均 <0.05)。

2.4 能谱 CT 定量参数对肺癌患者 2 年预后不良的预测价值

ROC 曲线分析显示,NICAP、NICVP、s-SHC 及联合预测肺癌患者 2 年预后不良的曲线下面积(AUC)分别为 0.830(95%CI:0.780~0.880)、0.845(95%CI:0.795~0.895)、0.866(95%CI:0.816~0.916)、0.911(95%CI:0.861~0.961)(表 2)。

表 2 能谱 CT 定量参数对肺癌患者 2 年预后不良的预测价值

指标	AUC	95%CI	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)
NICAP	0.830	0.780~0.880	0.25	90.25	60.66
NICVP	0.845	0.795~0.895	0.52	90.32	64.47
s-SHC	0.866	0.816~0.916	1.74	90.39	66.70
联合	0.911	0.861~0.961		87.25	87.19

2.5 影响肺癌患者预后的多因素分析

以肺癌患者的 2 年预后状况作为因变量(预后不良=1,预后良好=0),以淋巴转移、浸润深度、NICAP、NICVP、s-SHC 作为自变量进行多因素 Cox 回归分析,结果显示,淋巴转移($HR=2.098, 95\%CI: 1.379\sim 3.191$)、T3~T4 期浸润深度($HR=2.707, 95\%CI: 1.652\sim 4.437$)、NICAP ≥ 0.25 ($HR=3.080, 95\%CI: 1.752\sim 5.417$)、NICVP ≥ 0.52 ($HR=4.267, 95\%CI: 2.083\sim 8.744$)、s-SHC ≥ 1.74 ($HR=3.611, 95\%CI: 1.936\sim 6.735$)均为影响肺癌患者 2 年预后不良的危险因素($P<0.05$)(表 3)。

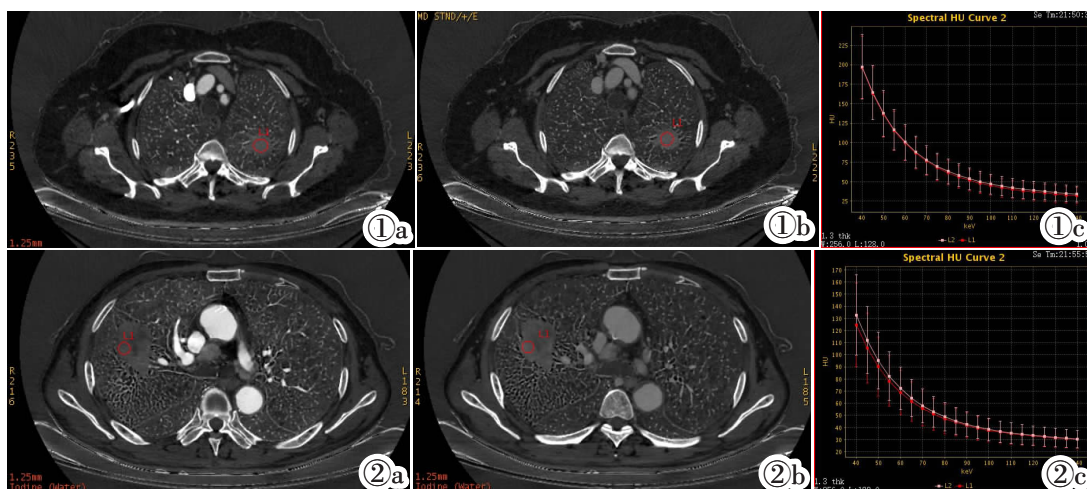


图 1 女,74 岁,左上叶鳞癌(预后良好)。图 1a:动脉期碘浓度;图 1b:静脉期碘浓度;图 1c:能谱曲线斜率。图 2 男,84 岁,肺上叶鳞癌伴淋巴结肿大(预后不良)。图 2a:动脉期碘浓度;图 2b:静脉期碘浓度;图 2c:能谱曲线斜率。

Figure 1. Female, 74 years old, squamous carcinoma of the upper lobe of the left lung (good prognosis). Figure 1a: iodine content in the arterial phase; Figure 1b: iodine content in the venous phase; Figure 1c: slope of the energy spectrum curve. Figure 2. Male, 84 years old, squamous carcinoma of the upper lobe of the lung with enlarged lymph nodes (poor prognosis). Figure 2a: iodine content in the arterial phase; Figure 2b: iodine content in the venous phase; Figure 2c: slope of the energy spectrum curve.

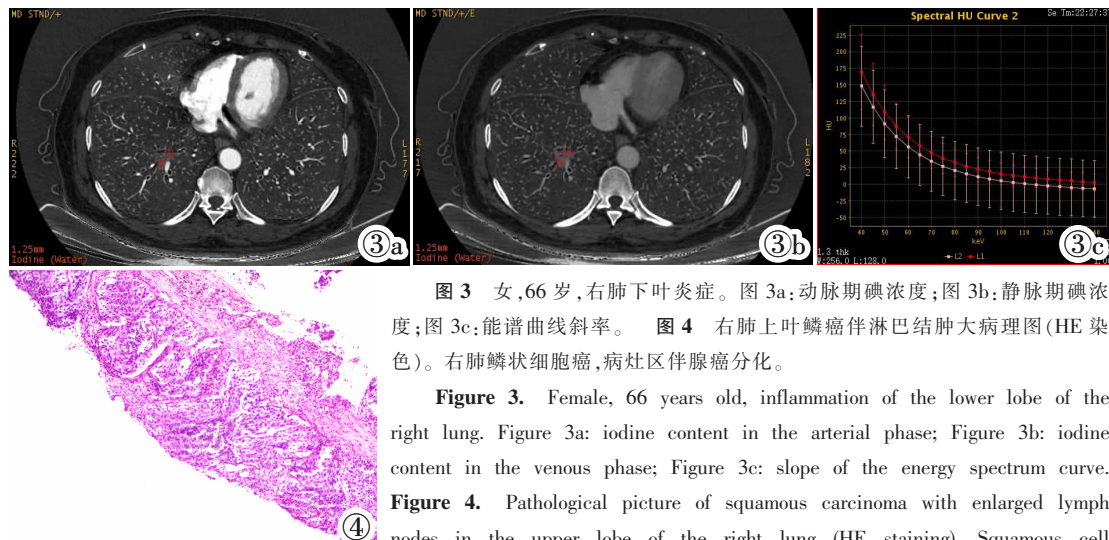


图 3 女,66 岁,右肺下叶炎症。图 3a:动脉期碘浓度;图 3b:静脉期碘浓度;图 3c:能谱曲线斜率。图 4 右肺上叶鳞癌伴淋巴结肿大病理图(HE 染色)。右肺鳞状细胞癌,病灶区伴腺癌分化。

Figure 3. Female, 66 years old, inflammation of the lower lobe of the right lung. Figure 3a: iodine content in the arterial phase; Figure 3b: iodine content in the venous phase; Figure 3c: slope of the energy spectrum curve.

Figure 4. Pathological picture of squamous carcinoma with enlarged lymph nodes in the upper lobe of the right lung (HE staining). Squamous cell

carcinoma of the right lung with adenocarcinoma differentiation in the focal area.

表 3 影响肺癌患者预后的多因素分析

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2	P	HR(95%CI)
淋巴转移	0.741	0.214	11.990	0.001	2.098(1.379~3.191)
浸润深度	0.996	0.252	15.621	<0.001	2.707(1.652~4.437)
NICAP	1.125	0.288	15.259	<0.001	3.080(1.752~5.417)
NICVP	1.451	0.366	15.717	<0.001	4.267(2.083~8.744)
s-SHC	1.284	0.318	16.303	<0.001	3.611(1.936~6.735)

注:赋值为淋巴转移(否=0,是=1),浸润深度(T1~T2 期=0,T3~T4 期=1),NICAP(<0.25=1,≥0.25=0),NICAP(<0.52=0,≥0.52=1),s-SHC(<1.75=0,≥1.75=1)。

3 讨论

肺癌作为呼吸系统中的恶性肿瘤,发病率、死亡率在各类恶性肿瘤中均较高^[9],数据显示,肺癌发病率占全球恶性肿瘤的 37%,死亡率占 39.8%,且以晚期为主,严重影响治疗效果及预后^[10-11]。病理学检查是诊断肺癌的金标准,但局限性较大。近年来,随着我国医学影像检查技术不断发展,影像学检查在肿瘤发生发展中发挥重要的作用^[12]。CT 检查是临床评估肺癌的重要手段,但传统 CT 检查因易受到多种因素影响,导致其在临床应用过程中存在局限性^[13]。而能谱 CT 作为新兴的 CT 扫描技术,开创了多参数、定量分析,主要通过利用物质在不同 X 射线能量下吸收情况不同评估病情发展的程度^[14-15]。能谱 CT 成像打破了常规 CT 的局限性,不仅保留了常规 CT 的功能,同时具有低剂量成像、稳定性高、超高清成像等特点,通过管电压瞬时切换技术,获得图像和定量参数,进而可通过多种参数图像从不同角度反映更多、更全面的病理信息^[16-18]。既往王巍博等^[19]研究显示,能谱 CT 定量参数可有效诊断进展期胃癌淋巴结转移、脉管生成,同时可能有效预测预后情况。因此,本研究主要分析能谱 CT 定量参数与肺癌

患者病理特征、预后的相关性。

IC 作为能谱 CT 定量参数,是一种评估对比剂进入组织的量化指标,能有效反映组织脏器的血供情况,其高低受肿瘤组织内新生血管数目多少的影响^[20]。本研究结果显示,研究组患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP 均高于对照组($P<0.05$),说明肺癌患者能谱 CT 参数 NICAP、NICVP 均升高,与陈延帆等^[21]研究结果一致。含碘对比剂进入人体后主要分布于病灶血管内。而相对肺炎,肺癌组织其血管增殖较快,具备更大的血管网,再加上其血管结构不良、成熟度低等特点,进而导致其微血管壁通透性更高,因此含碘对比剂更容易进入病灶血管内细胞间隙,使肺癌患者 NICAP、NICVP 值更高。本研究结果显示,T1~T2 期肺癌患者 2 年预后不良发生率低于 T3~T4 期($P<0.05$),说明肺癌患者 2 年预后不良发生率随着病情加重而逐渐升高。本研究结果显示,腺癌、淋巴转移、T3~T4 期浸润深度肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP 更高($P<0.05$),说明能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP 随着肺癌病情加重而升高,可能是由于肺癌细胞恶性程度越高,可导致其血管密度越大,因此其碘残留量相对更高。本研究发现,2 年预后不良肺癌患者能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP 均高于 2 年预后良好的肺癌患者($P<0.05$),说明能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP 与肺癌预后相关。本研究发现,NICAP、NICVP 预测肺癌患者 2 年预后不良的 AUC 分别为 0.830、0.845,说明 NICAP、NICVP 均能有效预测肺癌患者的预后情况,与陈颀等^[22]研究结果一致。本研究发现,NICAP、NICVP 为影响肺癌患者 2 年预后不良的危险因素($P<0.05$),与袁文静等^[23]研究结果一致。证实 NICAP、NICVP 升高与肺癌患者预后有关。肺癌发生、发展过程中可生成

大量内皮细胞结构不完整、通透性高的不成熟微血管网,其中肿瘤恶性程度越高越容易影响其体内的微血管网,因此本研究中病理类型越严重及预后越差的肺癌患者,其 IC 增加越明显。临床早期通过检测 NICAP、NICVP 可有效预测肺癌患者的预后状况,从而为临床治疗提供有效依据。

s-SHC 作为能谱 CT 定量参数,主要反应组织某一时期的血液动力学特点^[24]。本研究结果显示,研究组患者 s-SHC 高于对照组,且 s-SHC 在腺癌、淋巴转移、T3~T4 期浸润深度的肺癌患者中更高($P<0.05$),说明 s-SHC 参与肺癌发生、发展,与沈娟等^[25]研究结果一致。本研究发现,2 年预后不良肺癌患者的 s-SHC 高于 2 年预后良好患者($P<0.05$),且 s-SHC 预测肺癌患者 2 年预后不良的 AUC 为 0.866,说明 s-SHC 可有效预测肺癌患者的预后。本研究发现,s-SHC 为影响肺癌患者 2 年预后不良的危险因素($P<0.05$),说明 s-SHC 异常升高与肺癌患者死亡、复发有关。肺癌组织因血管增殖较快导致其具有丰富的肿瘤新生血管,进而使其血流速度更高,因此恶性程度越高及预后越差的肺癌患者的 s-SHC 相对越高。另外,本研究发现能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 三者联合预测肺癌患者 2 年预后不良的 AUC 为 0.911,高于单一指标,说明三者联合具有互补作用,能够更有效预测肺癌患者的预后,从而为临床治疗提供更加有效的依据。

综上所述,能谱 CT 定量参数 NICAP、NICVP、s-SHC 在肺癌患者中升高,且与病理特征、预后密切相关,其对肺癌患者预后具有良好的预测效能。

【参考文献】

- [1]张博,邱雪杉. JMJD8 在肺癌的表达及对非小细胞肺癌细胞增殖能力的影响[J]. 解剖科学进展,2024,30(5):541-543,547.
- [2]Daylan AEC, Miao E, Tang K, et al. Lung Cancer in Never Smokers: Delving into Epidemiology, Genomic and Immune Landscape, Prognosis, Treatment, and Screening [J]. Lung, 2023, 201(6): 521-529.
- [3]李淑华,赵灿灿,高玉青,等. 能谱 CT 在术前预测胰腺癌淋巴结转移的价值[J]. 中国临床医学影像杂志,2022,33(2):108-113.
- [4]覃秘,刘满荣,龚莫锋,等. CT 能谱成像在结直肠癌术前 N 分期评估中的价值[J]. 中国临床医学影像杂志,2023,34(6):419-422.
- [5]Li Z, Chen Y, Zhang Y, et al. Quantitative energy spectrum CT in differential diagnosis of aldosterone-producing adenoma and cortisol-producing adenoma [J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(8): 5012-5021.
- [6]Zhou Q, Huang X, Xie Y, et al. Role of quantitative energy spectrum CT parameters in differentiating thymic epithelial tumours and thymic cysts[J]. Clin Radiol, 2022, 77(2): 136-141.
- [7]刘儒鹏,陈美玲,岳军艳,等. 能谱 CT 定量参数与非小细胞肺癌肺段切除术后患者预后的相关性[J]. 实用癌症杂志,2022,37(3):440-442.
- [8]中国抗癌协会肺癌专业委员会. 2010 中国肺癌临床指南[M]. 北京:人民卫生出版社,2010:106-109.
- [9]王保明,代晨,马冬春. 肺浸润性黏液腺癌 CT 表现及临床特征分析[J]. 中国临床研究,2024,37(1):52-56.
- [10]Luo G, Zhang Y, Etxeberria J, et al. Projections of Lung Cancer Incidence by 2035 in 40 Countries Worldwide: Population-Based Study[J]. JMIR Public Health Surveill, 2023, 9: e43651.
- [11]黄如敬,鲁洪岭,吴超,等. 沙参麦冬汤抗小细胞肺癌放射性肺损伤后肺的纤维化[J]. 解剖科学进展,2024,30(5):544-547.
- [12]田双凤,夏建国. 能谱 CT 在肺癌中的应用进展[J]. 中国医学影像学杂志,2024,32(2):199-203.
- [13]石惠君,利娜,刘平安,等. 能谱 CT 定量参数与肺癌临床病理参数关系及对预后的预测价值 [J]. 医学影像学杂志,2023,33(1): 25-29.
- [14]Zhu LH, Wang FN, Wang YW, et al. Differentiation Between Solitary Pulmonary Inflammatory Lesions and Solitary Cancer Using Gemstone Spectral Imaging [J]. J Comput Assist Tomogr, 2022, 46(2): 300-307.
- [15]Wei J, Hu H, He X, et al. GSI CTA evaluation of the vertebrobasilar artery in normal adults at high altitude [J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 10: 1094401.
- [16]Bning G. Spectral CT Hybrid Images in the Diagnostic Evaluation of Hypervascular Abdominal Tumors -Potential Advantages in Clinical Routine[J]. Diagnostics(Basel), 2021, 11(9): 1539.
- [17]Wen L, Zuo M, Bai T, et al. Quantitative Evaluation of Small Intestinal Hemorrhage Using Energy Spectrum CT Iodine-Water Map[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 9234579.
- [18]Liang X, Xue C, Huang X, et al. Value of energy spectrum CT parameters in the differential diagnosis of high-grade clear cell renal cell carcinoma and type II papillary renal cell carcinoma [J]. Acta Radiol, 2022, 63(4): 545-552.
- [19]王巍博,梁长华,崔庆周,等. 能谱 CT 对进展期胃癌患者淋巴结转移、脉管生成及临床预后的评估价值研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2023,21(8):138-141.
- [20]Geng D, Zhou Y, Shang T, et al. Effect of Hashimoto's thyroiditis on the dual-energy CT quantitative parameters and performance in diagnosing metastatic cervical lymph nodes in patients with papillary thyroid cancer [J]. Cancer Imaging, 2024, 24(1): 10.
- [21]陈延帆,吴海. CT 双能量成像在诊断肺结节不同病变中的诊断价值[J]. 中国现代医生,2022,60(27):38-44.
- [22]陈颀,李玉柱,陈大鹏,等. 能谱 CT 和血清 HE4 在肺癌化疗疗效监测中的应用价值 [J]. 中国煤炭工业医学杂志,2023,26(5): 554-560.
- [23]袁文静,黄芷晴,贾子琪,等. 双层探测器光谱 CT 定量参数评估局部进展期直肠癌新辅助放疗治疗反应的价值 [J]. 中华放射学杂志,2024,58(2):194-200.
- [24]褚云,张军,赵红星. GSI 多参数对肝脏良性肿瘤评估的临床意义[J]. 中国现代医生,2023,61(8):15-20.
- [25]沈娟,丁怀银,杜超,等. 能谱 CT 成像对甲状腺癌局部浸润深度的诊断价值及其定量参数与肿瘤组织中 Ki67、VEGF、CD34、EGFR 的相关性[J]. 现代生物医学进展,2023,23(3):483-488.