

## 论 著

## 能谱CT与DCE-MRI对非小细胞肺癌淋巴结转移的诊断价值比较\*

宋璇\* 田中雨 梁志宏  
苏浩然 闫文磊  
衡水市第二人民医院 (河北衡水 053000)

**【摘要】目的** 对比非小细胞肺癌(NSCLC)淋巴结转移(LNM)诊断中能谱CT与动态增强磁共振成像(DCE-MRI)的临床价值。**方法** 选定衡水市第二人民医院2021年1月至2024年1月就诊的216例NSCLC患者,根据病理诊断结果是否存在LNM,将46例发生LNM的患者设为LNM组、170例未发生LNM的患者设为非LNM组,均进行能谱CT、DCE-MRI检查,对比两组能谱CT参数、DCE-MRI参数,logistic回归分析NSCLC患者LNM的危险因素,受试者工作曲线(ROC)分析能谱CT、DCE-MRI对NSCLC患者LNM的诊断效能。**结果** LNM组动脉期NIC、静脉期NIC均比非LNM组更低( $t=6.403, 3.157, P<0.05$ )。LNM组 $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 均比非LNM组更高( $t=7.310, 23.558, 26.771, P<0.05$ )。logistic回归分析显示,动脉期NIC[OR(95%CI): 3.894(1.321~4.982)]、静脉期NIC[OR(95%CI): 2.682(1.113~5.653)]、 $V_e$ [OR(95%CI): 2.134(1.625~3.906)]、 $K^{trans}$ [OR(95%CI): 3.151(1.428~5.084)]、脉管癌栓[OR(95%CI): 4.007(1.161~5.778)]是NSCLC患者LNM的危险因素( $P<0.05$ )。ROC分析显示,动脉期NIC、静脉期NIC联合检测预测NSCLC患者LNM的曲线下面积(AUC)是0.870,95%CI可信区间是0.818~0.932,动脉期NIC、静脉期NIC两项联合检测的AUC比单项检测更高( $Z/P=2.410/0.014, 2.719/0.013$ )。 $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 三项联合检测预测NSCLC患者LNM的AUC是0.870,95%CI可信区间是0.819~0.937, $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 三项联合检测的AUC比单项检测更高( $Z/P=2.801/0.008, 2.668/0.010, 2.596/0.013$ )。**结论** 能谱CT、DCE-MRI对NSCLC患者LNM均具有良好的诊断效能,两者LNM诊断过程中不可避免的均存在漏诊、误诊的可能,临床应根据患者实际情况,针对性的选择诊断技术。

**【关键词】** 能谱CT; 动态增强磁共振成像; 非小细胞肺癌; 淋巴结转移

**【中图分类号】** R563

**【文献标识码】** A

**【基金课题】** 衡水市市级科技计划项目(2024014075Z);  
河北省医学科学研究课题计划(20221509)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.018

## Comparison of Spectral CT and Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Lymph Node Metastasis in Non-small Cell Lung Cancer\*

SONG Xuan\*, TIAN Zhong-yu, LIANG Zhi-hong, SU Hao-ran, YAN Wen-lei.  
The Second People's Hospital of Hengshui, Hengshui 053000, Hebei Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To compare the clinical value of energy spectrum CT and dynamic enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in the diagnosis of lymph node metastasis (LNM) in non-small cell lung cancer (NSCLC). **Methods** A total of 216 NSCLC patients who visited Hengshui Second People's Hospital from January 2021 to January 2024 were selected. According to whether LNM was present in the pathological diagnosis results, they were divided into the LNM group (n=46) and the non-LNM group (n=170), and all were given spectral CT and DCE-MRI examinations. The spectral CT parameters [standardized iodine concentration (NIC) in arterial and venous phases] and DCE-MRI parameters [rate constant ( $K_{ep}$ ), volume fraction of extracellular vascular space ( $V_e$ ), transport constant ( $K^{trans}$ )] of the two groups were compared. logistic regression was used to analyze the risk factors of LNM in NSCLC patients. The receiver operating curve (ROC) was used to analyze the diagnostic efficacy of spectral CT and DCE-MRI for LNM in NSCLC patients. **Results** The NIC in the arterial phase and the NIC in the venous phase in the LNM group were both lower than those in the non-LNM group ( $t=6.403, 3.157, P<0.05$ ).  $K_{ep}$ ,  $V_e$ ,  $K^{trans}$  in LNM group were higher than those in non LNM group ( $t=7.310, 23.558, 26.771, P<0.05$ ). Logistic regression analysis showed that NIC [OR (95% CI): 3.894 (1.321-4.982)] in arterial phase, NIC [OR (95% CI): 2.682 (1.113-5.653)] in venous phase,  $v_e$  [OR (95% CI): 2.134 (1.625-3.906)],  $K^{trans}$  [OR (95% CI): 3.151 (1.428-5.084)] and vascular tumor thrombus [OR (95% CI): 4.007 (1.161-5.778)] were the risk factors for LNM in patients with NSCLC ( $P<0.05$ ). ROC analysis showed that the area under the curve (AUC) of combined detection of arterial phase NIC, and venous phase NIC for predicting LNM in NSCLC patients was 0.870, and the 95% confidence interval (CI) was 0.818-0.932. The AUC of the combined detection of the arterial phase NIC and the venous phase NIC was higher than that of the single detection ( $Z/P=2.410/0.014, 2.719/0.013$ ). The AUC of combined detection of  $K_{ep}$ ,  $V_e$  and  $K^{trans}$  was 0.870, and the 95% CI was 0.819-0.937. The AUC of combined detection of  $K_{ep}$ ,  $V_e$  and  $K^{trans}$  was higher than that of single detection ( $Z/P=2.801/0.008, 2.668/0.010, 2.596/0.013$ ). **Conclusion** Both energy spectrum CT and DCE-MRI have good diagnostic efficacy for LNM in NSCLC patients, and the possibility of missed diagnosis and misdiagnosis is inevitable in the process of LNM diagnosis of both. Clinical diagnosis techniques should be selected according to the actual situation of patients.

**Keywords:** Spectral CT; Dynamic Enhanced Magnetic Resonance Imaging; Non Small Cell Lung Cancer; Lymph Node Metastasis

非小细胞肺癌(NSCLC)是肺癌的一种常见类型,在中老年人群中的发病率较高,具有高发病率、高死亡率等特征。目前,外科手术仍旧是治疗NSCLC的主要手段,但相关报道显示术后患者仍旧会发生淋巴结转移(LNM),极大地影响了手术效果及患者生命健康<sup>[1-2]</sup>。因此,及早对NSCLC患者LNM做出准确的诊断尤为重要。能谱CT是在常规CT上发展而来的一项新技术,具有操作简单、扫描时间短、无创性等优点,患者易于接受,通过检测进入肺组织的对比剂碘含量,可对肺组织供血情况作出反应,从而辅助临床判断是否存在LNM<sup>[3]</sup>。动态增强磁共振成像(DCE-MRI)可提供病灶组织微循环血流灌注参数,反映肿瘤进展水平,辅助临床评估病灶组织病理生理特征,现已被临床广泛应用于乳腺癌、直肠癌等恶性肿瘤LNM诊断中<sup>[4-5]</sup>。目前,临床有关能谱CT、DCE-MRI诊断NSCLC患者LNM的报道较少。基于此,本文旨在探讨能谱CT、DCE-MRI对NSCLC患者LNM的诊断效能,报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选定衡水市第二人民医院2021年1月至2024年1月就诊的216例NSCLC患者。

**纳入标准:** (1)均符合《中华医学会肺癌临床诊疗指南(2019版)》<sup>[6]</sup>中对“NSCLC”诊断标准;(2)均已接受肺癌切除术、淋巴结清扫术治疗;(3)年龄>18周岁,性别不限;(4)肾、肝等重大脏器功能无异常;(5)认知、精神正常;(6)临床资料完整。排除标准:(1)合并肺纤维化、肺结核等疾病者;(2)同期参与其他研究者;(3)合并其他恶性肿瘤者;(4)合并自身免疫系统疾病者;(5)存在凝血功能障碍者;(6)CT、MRI图像有伪影干扰、模糊者。衡水市第二人民医院伦理委员会已审批。

## 1.2 方法

**1.2.1 能谱CT检查** 采用GE Revolution 256排能谱CT(产地:美国)检查。检查前告知患者保持平稳呼吸,从肺尖部扫描直至肋膈角。参数:360mA管电流,5mm层厚、5mm层间距,1.375:1螺距,0.6s机架旋转时间,515×515矩阵。增强扫描:采用高压注射器经肘

\*第一作者 宋璇,女,主治医师,主要研究方向:医学影像学。E-mail: 710729267@qq.com

通讯作者 宋璇

静脉注入0.8mL/kg非离子型对比剂(碘海醇注射液),注射时间控制在30s内,胸主动脉CT值达到150HU后,动脉期图像,延迟5.7s开始扫描;静脉期图像,延迟30s开始扫描。将所获得的图像传输至工作站,采用GSI Viewer软件分析,由2名临床经验丰富的放射医师以双盲法分析图像资料,并做出诊断,对于存在异议的地方,应再次协商后,统一诊断结果。选取淋巴结感兴趣区域(ROI)时,应避免液化坏死、钙化灶等,密度均匀的情况下,ROI面积应大于2/3横断面;密度不均匀的情况下,应选择全部实性部分,记录动脉期、静脉期标准化碘浓度(NIC),将测量3次的均值作为最终记录值。

**1.2.2 DCE-MRI检查** 采用飞利浦1.5T磁共振扫描仪检查,选择32通道相控阵线圈。指导患者采取仰卧位,上举双手,高于头顶,线圈的上缘与肩胛骨上缘放置线圈的位置对准,呼吸门控置于患者腹部,从胸骨角扫描直至第5肋间水平连线或剑突连线的中心,采集三个平面定位相,进行常规MRI扫描,冠状位T2加权成像参数:回波时间(TE)是68ms,重复时间(TR)是1500ms,层间距是2mm,层厚是6mm,视野是420mm×420mm,矩阵是228×224,层数是20。轴位脂肪抑制T2加权成像:TE是75ms,TR是12000ms,层间距是2mm,层厚是7mm,视野是420mm×420mm,矩阵是320×320,层数是20。DCE-MRI扫描:告知患者保持平稳、规律呼吸,多翻转角的T1蒙片扫描:TE是2.1ms,TR是4.4ms,层间距是1mm,层厚是5mm,视野是400mm×400mm,矩阵是320×192,层数是20,激励次数是1,翻转角分别为3°、6°、9°、12°、15°,每组扫描7s。T1加权动态增强扫描:翻转角为15°,其余参数与多翻转角的T1蒙片扫描一致。经肘静脉采用高压注射器注入0.2mL/kg对比剂(钆喷酸葡胺),而后注射生理盐水20mL,进行无间隔重复扫描。将所获得的图像传输至工作站,由2名临床经验丰富的放射医师以双盲法分析图像资料,并做出诊断,对于存在异议的地方,应再次协商后,统一诊断结果。选取ROI时,应避免伪影、液化、坏死区域,测量、记录速率常数( $K_{ep}$ )、细胞外血管外空间的体积分数( $V_e$ )、转运常数( $K^{trans}$ ),将测量3次的均值作为最终记录值。

**1.2.3 临床资料收集** 通过查阅病历、电话随访等方式收集患者临床资料,包括性别(男、女)、年龄(≤60岁、>60岁)、体重指数(<24kg/m<sup>2</sup>、≥24kg/m<sup>2</sup>)、吸烟(是、否)、饮酒(是、否)、糖尿病(有、无)、心脑血管疾病(有、无)、高血压(有、无)、高脂血症(有、无)、肿瘤家族史(有、无)、疾病分期(I-II期、III期)、肿瘤位置(左上、左下、右上、右下)、肿瘤最大直径(<2cm、≥2cm)、分化程度(低分化、中高分化)、脉管癌栓(有、无)、胸膜侵犯(有、无)

**1.2.4 分组方法** 根据病理诊断结果分为LNM组(n=46)、非LNM组(n=170)。

**1.3 观察指标** 对比两组能谱CT参数、DCE-MRI参数。

**1.4 统计学方法** 以SPSS 26.0软件做统计学分析,计量资料(“ $\bar{x} \pm s$ ”)采取t检验以及F检验,计数资料“[n/(%)]”采取 $\chi^2$ 检验,等级资料采取秩和检验,logistic回归分析NSCLC患者LNM的危险因素,受试者工作曲线(ROC)分析能谱CT、DCE-MRI对NSCLC患者LNM的诊断效能,AUC的比较采用Delong检验, $P < 0.05$ ,对比存在差异。

## 2 结果

**2.1 两组能谱CT参数对比** LNM组NICAP、NICVP、动脉期NIC、静脉期NIC均比非LNM组更低( $P < 0.05$ ),见表1。

**2.2 两组DCE-MRI参数对比** LNM组 $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 均比非LNM组更高( $P < 0.05$ ),见表2。

**2.3 NSCLC患者LNM的危险因素单因素分析** LNM组性别、年龄、体重指数、吸烟、饮酒、糖尿病、心脑血管疾病、高血压、高脂血症、肿瘤家族史、疾病分期、肿瘤位置、肿瘤最大直径、分化程度与非LNM组比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );LNM组脉管癌栓与非LNM组比较( $P < 0.05$ ),见表3。

表1 两组能谱CT参数对比(100 $\mu$ g/L)

组别	n	NICAP	NICVP	动脉期NIC	静脉期NIC
LNM组	46	0.11±0.01	0.32±0.03	0.21±0.02	0.41±0.03
非LNM组	170	0.13±0.03	0.34±0.04	0.24±0.03	0.43±0.04
t	--	4.449	3.157	6.403	3.157
P	--	0.000	0.002	0.000	0.002

注: NICAP: 动脉期准碘浓度; NICVP: 静脉期准碘浓度; NIC: 准碘浓度。

表2 两组DCE-MRI参数对比

组别	n	$K_{ep}(\text{min}^{-1})$	$V_e(\text{min}^{-1})$	$K^{trans}$
LNM组	46	0.77±0.13	0.11±0.02	0.16±0.03
非LNM组	170	0.64±0.10	0.06±0.01	0.06±0.02
t	-	7.310	23.558	26.771
P	-	0.000	0.000	0.000

注:  $K_{ep}$ : 速率常数;  $V_e$ : 细胞外血管外空间的体积分数;  $K^{trans}$ : 转运常数。

表3 NSCLC患者LNM的危险因素单因素分析[n/(%)]

影响因素		LNM组(n=46)	非LNM组(n=170)	$\chi^2$	P
性别	男	26(56.52)	92(54.12)	0.084	0.771
	女	20(43.48)	78(45.88)		
年龄	≤60岁	17(36.96)	66(38.82)	0.053	0.817
	>60岁	29(63.04)	104(61.18)		
体重指数	<24kg/m <sup>2</sup>	19(41.30)	70(41.18)	0.000	0.988
	≥24kg/m <sup>2</sup>	27(56.70)	100(58.82)		
吸烟	是	25(54.35)	98(57.65)	0.161	0.688
	否	21(45.65)	72(42.35)		
饮酒	是	28(60.87)	112(65.88)	0.399	0.528
	否	18(39.13)	58(41.42)		
糖尿病	有	13(28.26)	52(30.59)	0.093	0.760
	无	33(71.74)	118(69.41)		
心脑血管疾病	有	11(23.91)	48(28.24)	0.341	0.559
	无	35(76.09)	122(71.76)		
高血压	有	17(36.96)	57(35.53)	0.189	0.664
	无	29(63.04)	113(66.47)		
高脂血症	有	19(41.30)	66(38.82)	0.093	0.760
	无	27(58.70)	104(61.18)		
肿瘤家族史	有	12(26.09)	28(16.47)	2.219	0.136
	无	34(73.91)	142(83.53)		
疾病分期	I-II期	23(50.00)	87(51.18)	0.020	0.887
	III期	23(50.00)	83(48.82)		
肿瘤位置	左上	10(21.74)	37(21.76)	1.299	0.729
	左下	13(28.26)	52(30.59)		
	右上	17(36.96)	50(29.41)		
	右下	6(13.04)	31(18.24)		
肿瘤最大直径	<2cm	21(45.65)	82(48.24)	0.097	0.756
	≥2cm	25(54.35)	88(51.76)		
分化程度	低分化	11(23.91)	33(19.41)	0.452	0.501
	中高分化	35(76.09)	137(80.59)		
脉管癌栓	有	20(43.48)	39(22.94)	7.691	0.006
	无	26(56.52)	131(77.06)		

**2.4 NSCLC患者LNM的危险因素logistic回归分析** 将NSCLC患者LNM作为因变量(否=0, 是=1), 将NICAP、NICVP、动脉期NIC、静脉期NIC、 $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 、脉管癌栓作为自变量, 纳入logistic回归模型中, 结果显示: 动脉期NIC[OR(95%CI): 3.894(1.321~4.982)]、静脉期NIC[OR(95%CI): 2.682(1.113~5.653)]、 $V_e$ [OR(95%CI): 2.134(1.625~3.906)]、 $K^{trans}$ [OR(95%CI): 3.151(1.428~5.084)]、脉管癌栓[OR(95%CI): 4.007(1.161~5.778)]是NSCLC患者LNM的危险因素( $P<0.05$ ), 见表4。

**2.5 能谱CT诊断NSCLC患者LNM的ROC分析结果** NICAP最佳截断值取0.12 $\mu\text{g/L}$ , NICVP最佳截断值取0.33 $\mu\text{g/L}$ , 动脉期NIC最佳截断值取0.23 $\mu\text{g/L}$ , 静脉期NIC最佳截断值取0.42 $\mu\text{g/L}$

L时, NICAP、NICVP、动脉期NIC、静脉期NIC联合检测诊断NSCLC患者LNM的曲线下面积(AUC)是0.870, 95%CI可信区间是0.818~0.932, 动脉期NIC、静脉期NIC两项联合检测的AUC比单项检测更高( $Z/P=2.410/0.014$ 、 $2.719/0.013$ ), 见表5、图1-2。

**2.6 DCE-MRI诊断NSCLC患者LNM的ROC分析结果**  $K_{ep}$ 最佳截断值取0.71 $\text{min}^{-1}$ ,  $V_e$ 最佳截断值取0.85 $\text{min}^{-1}$ ,  $K^{trans}$ 最佳截断值取0.11时,  $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 三项联合检测诊断NSCLC患者LNM的AUC是0.870, 95%CI可信区间是0.819~0.937,  $K_{ep}$ 、 $V_e$ 、 $K^{trans}$ 三项联合检测的AUC比单项检测更高( $Z/P=2.801/0.008$ 、 $2.668/0.010$ 、 $2.596/0.013$ ), 典型病例图像见图3~图6。

表4 NSCLC患者LNM的危险因素logistic回归分析

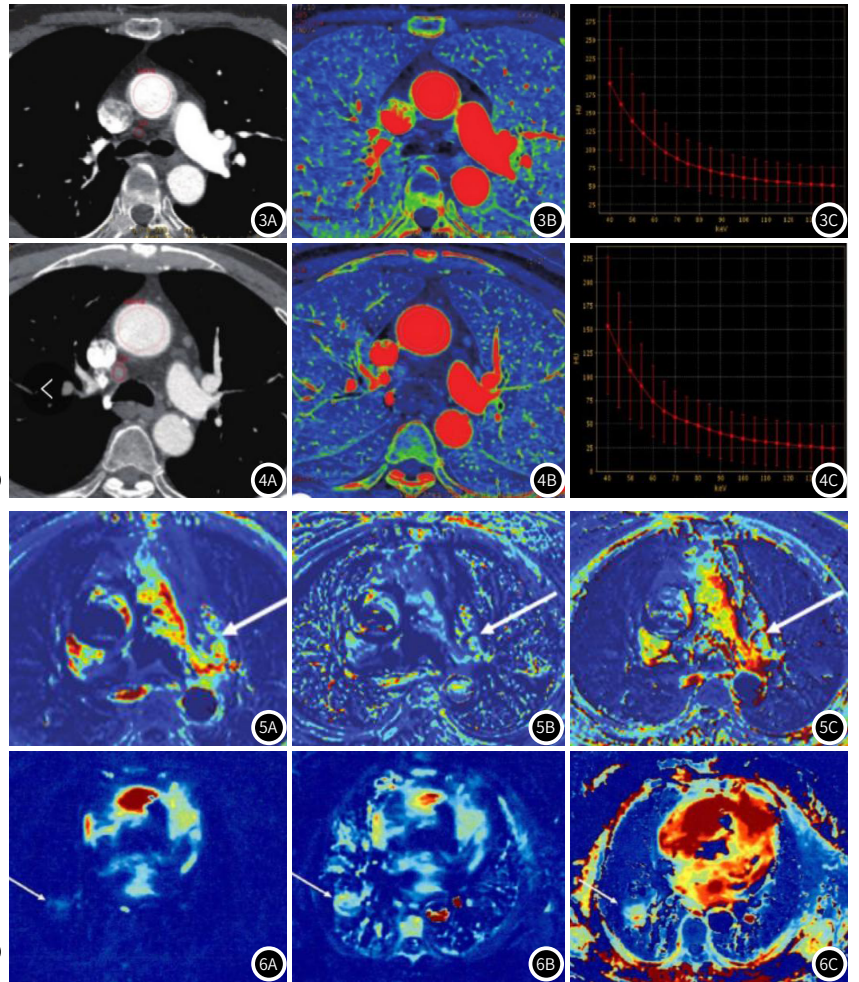
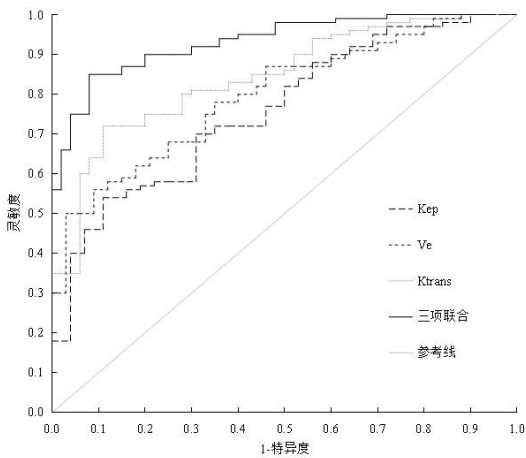
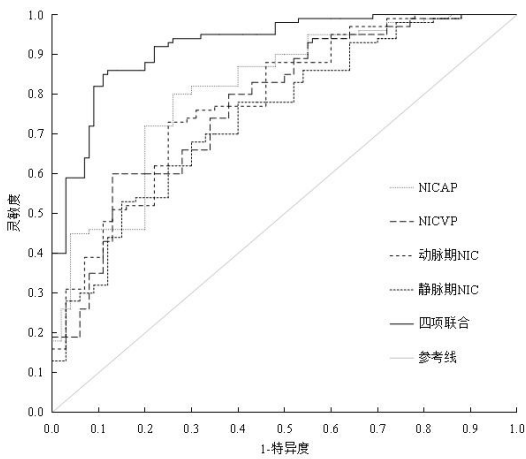
因素	P	OR	SE	B	95%CI
NICAP	0.341	1.516	0.438	0.411	0.633~3.505
NICVP	0.256	1.638	0.428	0.493	0.691~3.893
动脉期NIC	0.002	3.894	0.259	1.198	1.321~4.982
静脉期NIC	0.007	2.682	0.526	2.337	1.113~5.653
$K_{ep}$	0.318	1.557	0.430	0.482	1.613~3.606
$V_e$	0.032	2.134	0.628	1.763	1.625~3.906
$K^{trans}$	0.012	3.151	0.422	1.314	1.428~5.084
脉管癌栓	0.021	4.007	0.407	1.425	1.161~5.778

表5 能谱CT诊断NSCLC患者LNM的ROC分析结果

因素	Cut-off值	标准误	AUC	95%CI	P	灵敏性	特异性
动脉期NIC	0.23 $\mu\text{g/L}$	0.056	0.668	0.632~0.720	0.010	73.28	80.18
静脉期NIC	0.42 $\mu\text{g/L}$	0.066	0.606	0.542~0.664	0.018	70.91	78.67
两项联合	-	0.004	0.870	0.818~0.932	<0.001	93.93	82.46

表6 DCE-MRI诊断NSCLC患者LNM的ROC分析结果

因素	Cut-off值	标准误	AUC	95%CI	P	灵敏性	特异性
$K_{ep}$	0.71 $\text{min}^{-1}$	0.052	0.682	0.613~0.734	0.009	72.08	81.36
$V_e$	0.85 $\text{min}^{-1}$	0.049	0.706	0.667~0.785	0.006	74.34	81.28
$K^{trans}$	0.11	0.042	0.732	0.689~0.806	0.001	75.96	80.05
三项联合	-	0.004	0.859	0.801~0.942	<0.001	92.82	82.07



**图1** 能谱CT诊断NSCLC患者LNM的ROC曲线图。 **图2** DCE-MRI诊断NSCLC患者LNM的ROC曲线图。 **图3** 肺癌淋巴结转移能谱 CT图像, 女性, 70岁, 右肺下叶腺癌, T2bN2M0, 纵隔 4R区转移淋巴结; 3A: 动脉期70 kV单色增强图像显示淋巴结短轴直径7.32mm, ROI面积33.18mm<sup>2</sup>; 3B: 动脉期碘基物质分解图像显示淋巴结碘浓度为13.59·100 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , 同片胸主动脉IC为164.35·100 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ; 3C: 为能谱曲线图。 **图4** 肺癌未发生淋巴结转移能谱CT图像; 患者男性, 75岁, 右肺上叶腺癌, T1N0M0, 无淋巴结转移; 4A: 动脉期70 kV单色增强图像显示淋巴结短轴直径9.98mm, ROI面积71.32mm<sup>2</sup>; 4B: 动脉期碘基物质分解图像显示淋巴结碘浓度为21.25·100 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , 同片胸主动脉IC为132.66·100 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ; 4C: 为能谱曲线图。 **图5** 肺癌淋巴结转移DCE-MRI图像, 5A:  $K^{trans}$ 为0.19, 5B:  $K_{ep}$ 为0.81 $\text{min}^{-1}$ , 5C:  $V_e$ 为0.11 $\text{min}^{-1}$ 。 **图6** 肺癌淋巴结无转移DCE-MRI图像, 6A:  $K^{trans}$ 为0.08, 6B:  $K_{ep}$ 为0.68 $\text{min}^{-1}$ , 6C:  $V_e$ 为0.07 $\text{min}^{-1}$ 。

### 3 讨论

据报道显示, NSCLC在肺癌中占到了80%~85%, 是全球癌症相关死亡率最高的肺癌, 近年来, 我国NSCLC发病率显著增高, 现已成为临床高度关注的公共卫生问题之一<sup>[7-8]</sup>。外科手术切除是目前临床治疗NSCLC的最佳方案, 而LNM对治疗方案及患者预后影响较大。目前, 临床诊断LNM的常用影像学手段包括X线、CT、MRI。X线具有辐射剂量低、简便易行、价格低廉等优点, 可将肺内大部分病变显示出来, 但在诊断LNM方面的灵敏度较低, 具有一定的局限性。目前, 临床已将CT、MRI广泛应用于LNM诊断中, 但有关能谱CT、DCE-MRI对NSCLC患者LNM的诊断效能仍旧是目前临床关注的热点与重点。

能谱CT是在常规CT上发展而来的, 增加了功能学分析, 可精准识别常规CT不能识别的小结节、小病灶, 通过单能量成像, 获得更为清晰、全面、丰富的图像及影像学信息<sup>[9-10]</sup>。乔敏<sup>[11]</sup>等报道显示, 能谱CT参数NIC与肺腺癌患者LNM存在一定的相关性, 可作为诊断LNM的重要指标。本研究显示, LNM组NICAP、NICVP、动脉期NIC、静脉期NIC均比非LNM组更低。提示发生LNM的NSCLC患者以上能谱CT参数更低, 胡志鹏<sup>[12]</sup>等研究表明, 发生LNM的NSCLC患者NIC更低, 能谱CT参数对LNM具有准确的预测效能, 可考虑将能谱CT作为LNK的首选预测诊断工具。究其原因, 考虑是发生LNM的肿瘤病灶, 内部结构异常, 大量肿瘤细胞破坏了小血管结构, 导致血供减少, 相应的进入病灶内部的碘对比剂也会减少, 故NICAP、NICVP、动脉期NIC、静脉期NIC更低。与赵媛<sup>[13]</sup>等研究报道接近。

DCE-MRI是一种无创伤性的影像学诊断技术, 通过捕获微血管密度特征, 反映肿瘤病理状态, 肿瘤病灶由于血管通透性增加, 造影剂进入的速度比正常组织更快, 图像特征为高增强<sup>[14-15]</sup>。DCE-MRI还可通过定量检测K<sub>trans</sub>等参数, 评估病灶特征以及血流灌注状况, 进而判断病灶性质。Gao J<sup>[16]</sup>等学者将DCE-MRI作为乳腺癌术前ALN转移的无创性鉴别提供辅助工具, 认为DCE-MRI有助于放射科医师对ALN状态进行更准确的评估。本研究显示, LNM组K<sub>ep</sub>、V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>均比非LNM组更高, 与焦志云<sup>[17]</sup>等报道接近。提示发生LNM的NSCLC患者以上DCE-MRI参数更高。究其原因, 考虑是发生LNM的NSCLC患者, 血管渗透性以及压力增大, 淋巴结周围组织进入了大量的造影剂, 从而导致K<sub>ep</sub>、V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>增高, 这与病灶高血流灌注、高增强特征一致。Guo W<sup>[18]</sup>等学者认为, K<sup>trans</sup>是鉴别小细胞肺癌与非小细胞肺癌、腺癌与鳞癌最有希望的影像学参数, DCE-MRI影像学参数有助于指导肺癌治疗方案的选择。

本研究显示, 动脉期NIC、静脉期NIC、V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>、脉管癌栓是NSCLC患者LNM的危险因素。分析如下: 伴有脉管癌栓的恶性肿瘤患者, 通过原发病灶周边新生成的淋巴管完成转移。于航<sup>[19]</sup>等研究表明, 脉管侵犯是浸润性肺腺癌患者淋巴结转移的危险因素, OR(95%CI)=11.082(2.121~57.889), P=0.004, 与本研究报道接近。而动脉期NIC、静脉期NIC降低以及V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>增高在本研究中被证实与NSCLC患者LNM有关, 可推测当动脉期NIC、静脉期NIC降低以及V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>增高时, 会增加LNM风险。Xie X<sup>[20]</sup>等研究显示, LNM组NIC比非LNM组更低, NIC是LNM的独立预测因素, 与本研究报道接近。本研究显示, NICAP、NICVP、动脉期NIC、静脉期NIC联合检测诊断NSCLC患者LNM的AUC是0.870, 95%CI可信区间是0.818~0.932, 动脉期NIC、静脉期NIC两项联合检测的AUC比单项检测更高。提示能谱CT参数联合在诊断NSCLC患者LNM的灵敏度比各项参数单项检测更高。本研究显示, K<sub>ep</sub>、V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>三项联合检测诊断NSCLC患者LNM的AUC是0.870, 95%CI可信区间是0.819~0.937, K<sub>ep</sub>、V<sub>e</sub>、K<sup>trans</sup>三项联合检测的AUC比单项检测更高。提示DCE-MRI参数联合检测诊断NSCLC患者LNM的灵敏度优于单项检测。能谱CT与DCE-MRI对NSCLC患者LNM的诊断效能相比, 无明显差异。丁琦峰<sup>[21]</sup>等学者, 在能谱CT诊断LNM的研究中, 预先排除了淋巴结短径>7mm的患者, 与本研究存在一定差异。吴俊宏<sup>[22]</sup>等学者认为, DCE-MRI在总采集时间、时间分辨率上存在较大差异, 单独DCE-MRI也会出现漏诊、误诊的情况。因此, 临床在实际诊断过程中, 可结合患者实际情况, 针

性地选择诊断技术。

综上所述: 能谱CT、DCE-MRI在诊断NSCLC患者LNM方面均具有较高的灵敏度, 各有优势, 在具体诊断过程中, 临床医师可结合患者实际情况, 针对性地选择最佳的诊断方式。

### 参考文献

- [1] 王勤奋, 秦将均, 许有忠, 等. 99Tcm-异腈氨基葡萄糖SPECT/CT诊断非小细胞肺癌区域淋巴结转移的价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(6): 606-610.
- [2] 王东, 徐凤琳, 于小涵, 等. 基于MSCT灌注参数的非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的线图模型的构建与验证[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(22): 4206-4211.
- [3] 郑思捷, 向往, 陈茜彤, 等. 宽体能谱CT参数在鉴别诊断肺癌纵隔转移、非转移淋巴结与反应性增生淋巴结中的价值[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(14): 2003-2008.
- [4] 安丽华, 冯海霞, 孙圣峰, 等. 扩散峰度成像联合定量动态增强磁共振成像对乳腺癌腋窝淋巴结转移的预测价值[J]. 中国医师杂志, 2024, 26(8): 1180-1185.
- [5] 邢士军, 王莉, 张永成. 动态对比增强磁共振成像多定量参数评估早期直肠癌局部浸润和淋巴结转移的研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(9): 50-54.
- [6] 中华医学会, 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2019版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2020, 42(4): 257-287.
- [7] Zhou G, Pu Y, Zhao K, et al. Heat shock proteins in non-small-cell lung cancer-functional mechanism[J]. Front Biosci (Landmark Ed), 2023, 28(3): 56.
- [8] 史玉梅, 牛荣, 王跃涛, 等. 18F-FDG PET/CT原发灶代谢参数对非小细胞肺癌隐匿性淋巴结转移的预测价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(6): 327-333.
- [9] 王福南, 朱柳红, 王艳微, 等. 能谱CT对非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的临床价值[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(3): 393-396.
- [10] 张健, 任晓燕. 能谱CT联合长链非编码RNA UCA1在诊断胃腺癌淋巴结转移中的应用[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(6): 1539-1544.
- [11] 乔敏, 马春宁, 王艳莉. 双源CT标准化碘浓度、能谱曲线斜率与肺腺癌分化程度和淋巴结转移的关系[J]. 陕西医学杂志, 2021, 50(12): 1539-1541, 1545.
- [12] 胡志鹏, 冶治, 张庆欣. 基于能谱CT参数与临床病理因素建立高海拔地区非小细胞肺癌患者的淋巴结转移预测模型[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(18): 6-10.
- [13] 赵媛, 王洪峰, 赵林, 等. 能谱CT影像学非小细胞肺癌淋巴结转移的预测模型构建[J]. 中国临床医学影像杂志, 2024, 35(9): 628-632.
- [14] 杨华林, 汪飞, 刘骏, 等. 基于DCE-MRI与DWI评估直肠癌局部浸润、淋巴结转移和环周切缘的价值研究[J]. 川北医学院学报, 2023, 38(9): 1264-1267.
- [15] 李小苑, 杨志企, 张胜, 等. 基于多参数MRI定量特征和临床病理特征预测乳腺癌腋窝淋巴结转移风险[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(8): 1262-1265, 1288.
- [16] Gao J, Zhong X, Li W, et al. Attention-based deep learning for the preoperative differentiation of axillary lymph node metastasis in breast cancer on DCE-MRI[J]. J Magn Reson Imaging, 2023, 57(6): 1842-1853.
- [17] 焦志云, 杜芳, 何玲, 等. 动态对比增强磁共振成像对肺癌纵隔淋巴结转移的初步研究[J]. 实用肿瘤学杂志, 2021, 35(2): 142-147.
- [18] Guo W, Lv B, Yang T, et al. Role of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging parameters and extracellular volume fraction as predictors of lung cancer subtypes and lymph node status in non-small-cell lung cancer patients[J]. J Cancer, 2023, 14(16): 3108-3116.
- [19] 于航, 张永奎, 竺王玉, 等. 浸润性肺腺癌淋巴结转移情况及相关危险因素分析[J]. 浙江医学, 2022, 44(4): 388-391.
- [20] Xie X, Yan H, Liu K, et al. Value of dual-layer spectral detector CT in predicting lymph node metastasis of non-small cell lung cancer[J]. Quant Imaging Med Surg, 2024, 14(1): 749-764.
- [21] 丁琦峰, 黄文亮, 段宏伟, 等. 能谱CT参数对非小细胞肺癌淋巴结转移的定性评估价值[J]. 癌症进展, 2021, 19(5): 471-474, 510.
- [22] 吴俊宏, 李雪萍, 孔少龙, 等. DCE-MRI定量参数联合血清CEA、Cyfra21-1诊断非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的回顾性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(9): 50-52.

(收稿日期: 2025-04-25)

(校对编辑: 赵望淇)