

论 著

增强磁共振成像预测非小细胞肺癌淋巴结转移效能*

梁志宏¹ 田中雨¹ 宋璇¹
苏浩然² 闫文磊³

1.衡水市第二人民医院核磁共振室

2.衡水市第二人民医院呼吸重症科

3.衡水市第二人民医院CT室

(河北衡水 053000)

【摘要】目的 探讨增强磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)预测非小细胞肺癌(nonsmall-cell lung cancer, NSCLC)发生淋巴结转移(lymph node metastasis, LNM)的效果。**方法** 本研究为回顾性研究,研究对象选择2022年5月至2024年12月行肺癌根治术的210例NSCLC。根据术后病理结果进行分组,主要分为LNM组(n=62)、非LNM(non-LNM, NLNM)组(n=148)。对比两组临床病理资料及增强MRI定量参数;采用多因素Logistic回归模型分析NSCLC发生LNM的影响因素;采用ROC分析增强MRI定量参数对NSCLC患者LNM发生的预测价值;并明确典型病例的增强MRI成像特征。**结果** LNM组肿瘤直径、TNM分期、 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 均高于NLNM组($P<0.05$)。Logistic显示,肿瘤直径(OR=1.420)、TNM分期(OR=1.525)、 K^{trans} (OR=1.793)、 K_{ep} (OR=1.637)、 V_e (OR=1.675)均为NSCLC发生LNM的独立影响因素($P<0.05$)。ROC曲线显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 联合预测LNM发生的灵敏度及特异度分别是85.64%和78.35%,AUC达0.842,高于 K^{trans} (Z/P=2.874/0.031)、 K_{ep} (Z/P=3.934/0.004)及 V_e (Z/P=3.473/0.015)单独诊断。在成像特征方面,NLNM患者多呈现轻度均匀强化,增强曲线较为平坦,淋巴结形态扁长、边缘光滑;LNM患者多表现为不均匀高信号、环形强化或不均匀强化,淋巴结形态饱满圆隆,边缘较毛躁。**结论** 增强MRI能够通过定性与定量参数预测NSCLC患者的LNM情况,且定量参数联合应用可显著提升LNM的预测效能。

【关键词】 非小细胞肺癌;淋巴结转移;增强磁共振成像;定量参数

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 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.1672-5131.2025.12.012

Enhanced Magnetic Resonance Imaging for Predicting Lymph Node Metastasis in Non-small Cell Lung Cancer*

LIANG Zhi-hong^{1*}, TIAN Zhong-yu¹, SONG Xuan¹, SU Hao-ran², YAN Wen-lei³.

1. MRI Room, The Second People's Hospital of Hengshui, Hengshui 053000, Hebei Province, China

2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, The Second People's Hospital of Hengshui, Hengshui 053000, Hebei Province, China

3. CT Room, The Second People's Hospital of Hengshui, Hengshui 053000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the effect of enhanced magnetic resonance imaging (MRI) in predicting lymph node metastasis (LNM) in non-small cell lung cancer (NSCLC). **Methods** This study is a retrospective study, with 210 cases of NSCLC who underwent radical resection for lung cancer from May 2022 to December 2024 as the research subjects. According to the postoperative pathological results, the patients were divided into two groups: LNM group (n=62) and non LNM (NLNM) group (n=148). Compare the clinical pathological data and quantitative parameters of enhanced MRI between two groups; Using a multiple logistic regression model to analyze the influencing factors of LNM in NSCLC; Using ROC analysis to enhance the predictive value of MRI quantitative parameters for LNM occurrence in NSCLC patients; And clarify the enhanced MRI imaging features of typical cases. **Results** The tumor diameter, TNM staging, K^{trans} , K_{ep} , and V_e in the LNM group were all higher than those in the NLNM group ($P<0.05$). Logistic analysis showed that tumor diameter (OR=1.420), TNM staging (OR=1.525), K^{trans} (OR=1.793), K_{ep} (OR=1.637), and V_e (OR=1.675) were all independent factors affecting the occurrence of lymph node metastasis in NSCLC ($P<0.05$). The ROC curve shows that the sensitivity and specificity of K^{trans} , K_{ep} , and V_e combined in predicting LNM occurrence are 85.64% and 78.35%, respectively, with an AUC of 0.842, which is higher than K^{trans} (Z/P=2.874/0.031), K_{ep} (Z/P=3.934/0.004), and V_e (Z/P=3.473/0.015) diagnosed separately. In terms of imaging features, NLNM patients often exhibit mild and uniform enhancement, with a relatively flat enhancement curve, flattened and elongated lymph node morphology, and smooth edges; LNM patients often present with uneven high signal intensity, circular or uneven enhancement, full and round lymph node morphology, and rough edges. **Conclusion** Enhanced MRI can predict the LNM status of NSCLC patients through qualitative and quantitative parameters, and the combined application of quantitative parameters can significantly improve the predictive efficiency of LNM.

Keywords: Non Small Cell Lung Cancer; Lymph Node Metastasis; Enhanced Magnetic Resonance Imaging; Quantitative

非小细胞肺癌(nonsmall-cell lung cancer, NSCLC)属临床常见恶性肿瘤,为肺癌主要病理类型,约占肺癌所有病例的85%,其患病率呈逐年上升趋势,2015~2019年患病率由17.91%~23.45%^[1]。NSCLC患者预后较差,多数患者确诊时已处于中晚期,且常伴有淋巴结转移(lymph node metastasis, LNM),而LNM不仅是NSCLC常见伴随疾病,也是影响NSCLC预后的重要因素^[2-3]。因此及时准确筛查LNM发生对于患者个性化方案制定及预后改善至关重要^[4]。术后病理结果为LNM筛查金标准,但其为有创操作,且存在一定滞后性,仍需寻找其他无创、准确的检查技术^[5-7]。增强磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)为无创影像学技术,可通过静脉注射对比剂,动态监测组织血流灌注和微循环变化,并提供组织的血流动力学信息,对于评估肿瘤血管生成、细胞外间隙变化、微循环状态等有着重要价值^[8-11]。因此,本研究将对增强MRI对NSCLC发生LNM的预测效果进行分析,旨在为临床准确评估淋巴结转移风险提高可靠依据,并提高患者生存质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2022年5月至2024年12月行肺癌根治术的210例NSCLC进行研究。其中男145例,女65例,年龄47~75岁,平均(62.34±6.78)岁。根据术后病理结果进行分组,主要分为LNM组(n=62)、非LNM(non-LNM, NLNM)组(n=148)。

纳入标准: (1)满足《非小细胞肺癌诊疗指南(2021)版》^[12]中NSCLC相关标准,且经组织病理学证实;(2)成功行肺癌根治术;(3)临床资料完整;(4)年龄≥18周岁;(5)签署知情同意书。排除标准:(1)合并其他组织恶性肿瘤;(2)术前行新辅助化疗及其他对症抗肿瘤治疗;(3)患精神疾病或认知障碍;(4)伴肺结核及其他感染疾病;(5)存在MRI检查禁忌证:安装心脏起搏器、体内有金属植入物、有对比剂过敏史等;(6)哺乳期、妊娠期女性。

1.2 方法 所有患者均于术前接受增强MRI检查。仪器选择飞利浦1.5T磁共振扫描仪,32通道相控阵线圈,对比剂选择钆喷酸葡胺注射液。操作如下:引导患者取仰卧位,指导其屏气及呼吸,扫描整个肺部(范围由胸骨角至剑突连线中心连线)。先行常规MRI序列扫

【第一作者】梁志宏,女,主治医师,主要研究方向:医学影像学。E-mail: S12358469752@163.com

【通讯作者】梁志宏

描, T2WI冠状位扫描: TR/TE参数1200 ms/ 96 ms, 层厚/层间距参数3.5mm/1.0mm, 视野400 mm×400 mm, 扫描36s, 屏气状态; T2WI 横轴位脂肪抑制: TR/TE参数2890 ms/ 94 ms, 层厚/层间距参数4.0mm/0.8mm, 视野380 mm×380mm, 扫描68s, 屏气状态; T1WI 横轴位扫描: TR/TE参数5.0 ms/ 2.3 ms, 层厚/层间距参数2.5mm/0.8mm, 视野380 mm×265mm, 扫描14s, 屏气状态。再行增强MRI扫描, 参数设置: TR/TE参数2.51 ms/ 1.13 ms, 层厚/层间距参数3.0mm/0.6mm, 视野220 mm×220mm, 翻转角 = 3°、6°、9°、12°、15°, 自由规律呼吸状态。扫描前注射0.1mmol/L对比剂(速度2mL/s), 行无间隔数据采集, 共扫描26期, 用时260s。

由两名高年资影像科医生共同阅片。检查结束后将图片传输至GE ADW4.6工作站, 进行D非刚性运动矫正及图像匹配, 采用多反转角技术拟合图, 确定感兴趣区(0.3~0.5cm²), 避开囊变、坏死、液化和伪影区域, 采用双室血流动力学模型, 由软件自动计算容量转移常数(volumetransfer constant, K^{trans})、血管外细胞外间隙容积比(extravascular extracellular volume fraction, V_e)、速率常数(rate constant, K_{ep})。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0软件分析, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)描述, 采用t 检验, 计数资料以[n(%)]描述, 采用 χ^2 检验, NSCLC发生LNM的影响因素采用多因素Logistic回归模型分析; 增强

MRI定量参数对NSCLC患者LNM发生的预测价值采用ROC分析。(P<0.05)为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床病理资料比较 LNM组肿瘤直径、TNM分期均高于NLNM组(P<0.05), 而两组其余临床及病理资料对比无差异(P>0.05), 见表1。

2.2 两组增强MRI定量参数比较 LNM组K^{trans}、K_{ep}、V_e均高于NLNM组(P<0.05), 见表2。

2.3 NSCLC发生LNM的多因素Logistic回归分析 以NSCLC是否发生LNM为因变量(LNM=1、NLNM=0), 以患者TNM分期(I期=0, II期=1, III期=3)、肿瘤直径、K^{trans}、K_{ep}、V_e(均以实测值代入)作自变量进行Logistic回归, 结果显示, 肿瘤直径、TNM分期、K^{trans}、K_{ep}、V_e均为NSCLC发生LNM的独立影响因素(P<0.05), 见表3。

2.4 增强MRI定量参数对NSCLC患者LNM发生的预测价值 绘制增强MRI定量参数单独及联合预测NSCLC患者LNM发生的ROC曲线, 结果显示, K^{trans}、K_{ep}、V_e联合预测LNM发生的灵敏度及特异度分别是85.64%和78.35%, AUC达0.842, 高于K^{trans}(Z/P=2.874/0.031)、K_{ep}(Z/P=3.934/0.004)及V_e(Z/P=3.473/0.015)单独诊断。见图1、表4。

2.5 典型病例的增强MRI成像特征 见图1~2。

表1 两组临床病理资料比较[n(%)]

指标		LNM组(n=62)	NLNM组(n=148)	t/ χ^2 值	P值
性别	男	41(66.13)	104(70.27)	0.351	0.554
	女	21(33.87)	44(29.73)		
年龄(岁)		61.21±7.08	60.56±6.53	0.642	0.522
组织学分型	腺癌	35(56.45)	78(52.70)	0.247	0.619
	鳞癌	27(43.55)	70(47.30)		
肿瘤直径(cm)		3.91±0.27	3.15±0.34	15.648	<0.001
TNM分期	I期	5(8.06)	88(59.46)	65.847	<0.001
	II期	17(27.42)	40(27.03)		
	III期	40(64.52)	20(13.51)		
分化程度	中高分化	30(48.39)	75(50.68)	0.092	0.762
	低分化	32(51.61)	73(49.32)		
肿瘤部位	左侧	32(51.61)	74(50.00)	0.045	0.831
	右侧	30(48.39)	74(50.00)		

表2 两组增强MRI定量参数比较

组别	例数	K ^{trans} (/min)	K _{ep} (/min)	V _e
LNM组	62	0.19±0.05	0.79±0.12	0.16±0.02
NLNM组	148	0.07±0.02	0.61±0.10	0.05±0.01
t值	-	24.887	11.198	53.034
P值	-	<0.001	<0.001	<0.001

表3 NSCLC发生LNM的多因素Logistic回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95% CI
肿瘤直径	0.351	0.138	5.147	0.025	1.420	1.234-1.895
TNM分期	0.422	0.211	5.423	0.009	1.525	1.110-1.728
K ^{trans}	0.584	0.325	7.151	<0.001	1.793	1.123-2.435
K _{ep}	0.493	0.248	5.894	0.004	1.637	1.132-2.242
V _e	0.516	0.304	6.453	0.002	1.675	1.234-2.137

表4 增强MRI定量参数对NSCLC患者LNM发生的预测价值

变量	AUC	截断值	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数
K ^{trans}	0.758	0.15/min	0.648~0.832	75.61	78.32	0.539
K _{ep}	0.607	0.68/min	0.544~0.694	61.80	60.94	0.227
V _e	0.685	0.14	0.523~0.715	63.97	61.81	0.258
联合检测	0.842	-	0.782~0.921	85.64	78.35	0.640

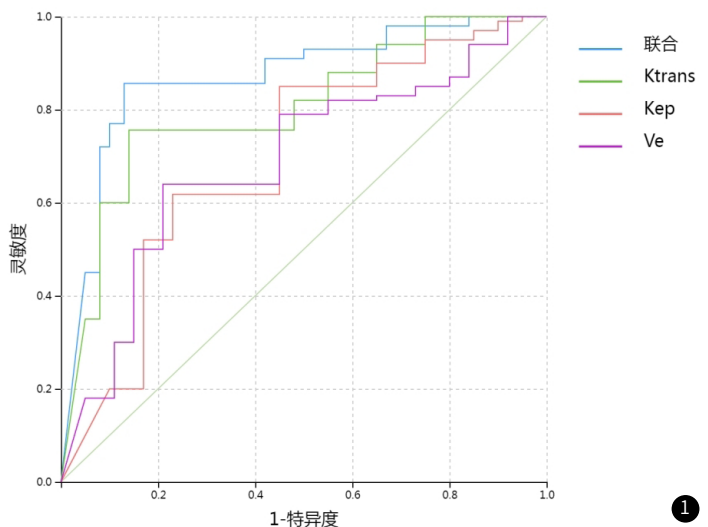


图1 增强MRI定量参数预测NSCLC患者LNM发生的ROC曲线。

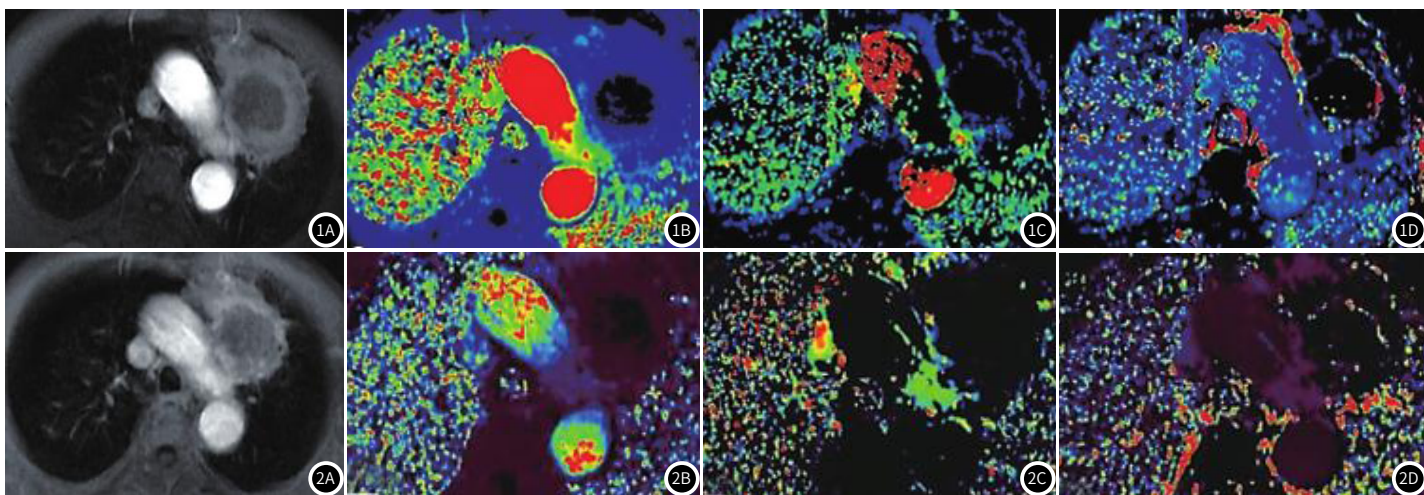


图1A~1D 病例1, 男, 67岁, NSCLC患者, 纵膈淋巴结转移。1A为MRI; 1B~1D: $K^{trans}=0.194/\text{min}$, $K_{ep}=0.752/\text{min}$, $V_e=0.240$ 。
图2A~2D 病例2, 60岁, 单纯NSCLC患者, 无淋巴结转移。1A为MRI; 1B~1D: $K^{trans}=0.124/\text{min}$, $K_{ep}=0.417/\text{min}$, $V_e=0.095$ 。

3 讨论

LNM为NSCLC患者预后重要影响因素之一, 其发生一般标志着肿瘤从局部病变进展到区域转移阶段, 不仅会增加治疗复杂性, 还显著降低患者生存率。肿瘤细胞通过淋巴管侵入纵膈淋巴结, 形成转移灶, 该病理过程涉及肿瘤细胞的上皮-间质转化、淋巴管生成、免疫微环境的改变等多种病理过程。LNM形成不仅与患者病理状态密切相关, 还与与肿瘤的侵袭性、细胞增殖能力、血管生成等密切相关。本研究显示, 较NLNM组, LNM组肿瘤直径、TNM分期更高; 且多因素显示, 肿瘤直径、TNM分期均为NSCLC发生LNM的独立影响因素。考虑原因为, 较大的肿瘤病灶更容易侵入周围组织和淋巴管, 从而促进肿瘤细胞的转移。同时, 分期越高患者表明病情进展越迅速, 转移灶发生风险越高。除病理资料以外, LNM致病过程中还伴随着一系列病理变化。因此, 早期检测LNM对于制定治疗方案和改善患者预后至关重要。目前, 常用诊断技术包括胸部X线、CT和MRI等。胸部X线检查虽然简单快捷, 但其诊断效能相对较差, 难以发现早期微小转移。CT检查能够提供详细的解剖结构信息, 但对早期微小转移的检测能力有限, 且存在一定辐射暴露风险。而MRI技术在LNM筛查方面具有显著优势, 能够提供更高的软组织对比度和多参数成像信息, 但常规MRI易受到运动伪影干扰及肺含气组织的影响, 导致肺部检查存在一定误诊和漏诊风险。

近年来随着医疗技术的发展, 临床提出增强MRI技术。增强MRI技术不仅可以对病灶组织进行定性分析, 还可以量化组织的血管通透性、血流灌注以及细胞外间隙变化, 从而精准诊断肿瘤病灶。相较于传统影像学技术, 增强MRI技术可提供 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 定量血流动力学参数, 精准反映组织的血管生成和微循环状态; 同时, 其对于检测早期微小转移有着较高敏感性, 可通过动态监测对比剂的分布和代谢, 捕捉到微小的血管生成和细胞外间隙变化, 从而发现早期潜在转移灶^[13-15]。增强MRI对于鉴别肺癌与肺炎性病变有着独特优势, 炎症性病变通常表现为均匀轻度增强, 而肺癌多表现为不均匀的高信号或环形强化, 同时还可以借助定量参数判断疾病发生情况^[16]。另外, 增强MRI还可用于预测淋巴结转移, 通过定量参数变化为临床提供早期预警, 并积极治疗, 提高生存率^[17-18]。本研究显示, 非LNM患者多表现出轻度均匀强化, 增强曲线较平坦, 淋巴结形态扁长、边缘光滑; 而LNM

患者多表现出不均匀高信号、环形强化或不均匀强化, 淋巴结形态饱满圆隆, 边缘较毛躁。考虑原因为, LNM患者因淋巴结内部结构紊乱, 新生血管较多, 血管通透性增加, 导致对比剂在淋巴结内的分布和代谢存在显著差异。另外, 肿瘤细胞的侵袭性, 也可能导致淋巴结内细胞外间隙变窄, 进一步影响对比剂的扩散和清除, 从而表现出上述差异特征^[19-21]。

本研究显示, 较NLNM组, LNM组 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 更高; 且多因素显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 均为NSCLC发生LNM的独立影响因素。吴俊宏等^[22]研究报道, 较非纵膈淋巴结转移, 转移组患者 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平均显著升高。该结果与本研究结果一致, 但该研究未排除其他干扰因素对增强MRI定量参数与纵膈淋巴结转移发生之间的关系作进一步分析。肿瘤直径、TNM分期均与纵膈淋巴结转移存在密切关系, 而本研究采用多因素分析, 排除其他干扰因素, 可证实增强MRI定量参数为淋巴结转移发生独立影响因素。考虑原因为, K^{trans} 可反映对比剂从血管内向组织间隙的转运速率, K_{ep} 可反映对比剂从组织间隙返回血管内的速率, V_e 可反映血管外细胞外间隙的体积分数。上述参数可揭示血管生成、细胞增殖和侵袭能力等肿瘤生物学行为, K^{trans} 、 K_{ep} 升高通常与肿瘤的血管生成和微血管密度增加有关, 而 V_e 升高通常与细胞外间隙的狭窄和细胞增殖有关。因此, LNM患者上述参数水平均显著升高, 表明存在淋巴结血管通透性增加, 微血管生成活跃, 细胞外间隙变窄等特征。肿瘤组织对流经毛细血管的液体呈现出较低的阻力, 促使毛细血管内的液体易于流入间质并积聚, 同时, 细胞外空间出现扩张, 间质液压随之上升, 并推动肿瘤细胞向小血管和淋巴管内侵入, 增加淋巴结转移风险。LNM发生过程中, 肿瘤细胞的侵袭性导致淋巴结内血管生成增加, 血管通透性提高, 继而影响到对比剂分布和代谢^[23]。

另外, 本研究ROC曲线显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 均可用于预测LNM发生, 其AUC>0.6, 但其灵敏度及特异度有待提高。而定量参数联合应用AUC达0.842, 灵敏度及特异度分别为85.64%、78.35%, 较单独指标预测效能更高。郭文秀等^[24]研究报道, 增强MRI参数中 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 预测淋巴结转移AUC分别为0.836、0.656、0.672, 其中 K^{trans} 预测效能更高, 但该研究未考虑参数联合应用的预测效能。 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 均为增强MRI定量参数, 可一

次性获取数据,因此本研究考虑联合应用。NSCLC患者发生LNM病理过程较为复杂,相较于单独指标,联合参数可从不同角度反映组织的病理生理变化,全面评估肿瘤的生物行为,从而为临床诊断及治疗提供可靠依据。

综上所述,增强MRI可通过定性及定量参数,预测NSCLC患者LNM发生,且定量参数联合应用可提高LNM的预测效能。

参考文献

[1]杜欢,童亚兰,王敏. 2015年至2019年山西地区非小细胞肺癌流行病学特征及预后影响因素分析[J]. 肿瘤研究与临床, 2022, 34(1): 47-50.
[2]Sun J, Wu S, Jin Z, et al. Lymph node micrometastasis in non-small cell lung cancer[J]. Biomed Pharmacother, 2022, 149: 112817.
[3]徐源,梁乃新,刘洪生. 非小细胞肺癌新辅助免疫治疗的预后影响因素:病理淋巴结转移程度与原发灶缓解程度[J]. 首都医科大学学报, 2024, 45(4): 649-653.
[4]陈丽,陈俊涛,荣刘涛. 循环Hcy、NLR、VEGF-C、CYFRA21-1联合检测对非小细胞肺癌淋巴结转移的预测价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(17): 1861-1864.
[5]刘秀婷,李子荣,祁婧,等. 基于PET/CT图像融合的非小细胞肺癌淋巴结转移预测[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2024, 46(6): 754-761.
[6]贺银付,高德培. 非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的影像学评估现状[J]. 放射学实践, 2022, 37(1): 124-128.
[7]Darling GE. Lymph node assessment in early stage non-small cell lung cancer lymph node dissection or sampling?[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 68(7): 716-724.
[8]史大宝,高小卓,张瑞,等. 非小细胞肺癌骨转移瘤的MRI影像及免疫组化特征[J]. 现代肿瘤医学, 2019, 27(17): 3039-3043.
[9]Li X, Huang W, Holmes JH. Dynamic contrast-enhanced (DCE) MRI[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2024, 32(1): 47-61.
[10]库雷志,马明平,俞顺,等. DCE-MRI在肺癌不同病理类型的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2016, 24(2): 100-105.
[11]韩松岩,赵楠,李丹. 非小细胞肺癌动态增强磁共振成像参数与血清PCNA、Survivin及VEGF表达的相关性研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(2): 72-76.
[12]邵楚楚,王婉莹,任胜祥. CSCO非小细胞肺癌诊疗指南(2021版)解读[J]. 同济大学学报(医学版), 2022, 43(1): 1-9.

[13]朱巧,任翠,张艳,等. 能谱CT诊断非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的应用价值[J]. 北京大学学报(医学版), 2020, 52(4): 730-737.
[14]Tuan Linh L, Minh Duc N, Tra My TT, et al. Correlations between dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging parameters and histopathologic factors in breast cancer[J]. Clin Ter, 2021, 172(5): 453-460.
[15]Huang YS, Chen JL, Chen HM, et al. Assessing tumor angiogenesis using dynamic contrast-enhanced integrated magnetic resonance-positron emission tomography in patients with non-small-cell lung cancer[J]. BMC Cancer, 2021, 21(1): 348.
[16]易自生,李倩,易鑫,等. 动态对比增强MRI在肺癌与肺炎性病变鉴别中的价值[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(3): 384-387.
[17]马芹芹,卢星如,李芷凡,等. 基于全病变MRI动态增强扫描直方图分析对小乳腺癌腋窝淋巴结转移的预测价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2024, 22(4): 424-429.
[18]方静,唐文静,韦玉亚,等. 超声造影及动态增强MRI定量参数与乳腺癌的组织学分级、淋巴结转移及LOXL2、PTK6表达水平的相关性分析[J]. 放射学实践, 2024, 39(9): 1172-1177.
[19]曹参,蔡丽. 动态增强MRI检查对肺癌病灶内细胞增殖、血管和淋巴管新生的评估价值[J]. 海南医学院学报, 2018, 24(3): 365-368, 372.
[20]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.
[21]王宝雪,贺小平,张英. 动态增强磁共振成像结合DWI与非小细胞肺癌恶性生物学行为的关系及预测预后的价值[J]. 广西医科大学学报, 2023, 40(10): 1735-1743.
[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.
[23]Zou M, Zhang B, Shi L, et al. Correlation of MRI quantitative perfusion parameters with EGFR, VEGF and EGFR gene mutations in non-small cell cancer[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 4447.
[24]郭文秀,赵鹏,林祥涛,等. 动态对比增强MRI定量参数及细胞外体积分数在非小细胞肺癌分型诊断及淋巴结转移预测中的应用[J]. 中华解剖与临床杂志, 2023, 28(9): 567-573.

(收稿日期: 2025-04-11) (校对编辑: 韩敏求)

(上接第36页)

[4]Andrey Akopov, Garry Papayan. Photodynamic theranostics of central lung cancer: Present state and future prospects[J]. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 2021, 33: 102203.
[5]Farrugia M, Ma SJ, Hennon M, et al. Exceeding radiation dose to volume parameters for the proximal airways with stereotactic body radiation therapy is more likely for ultracentral lung tumors and associated with worse outcome[J]. Cancers, 2021, 13(14): 3463.
[6]Pickup MW, Mouw JK, Weaver VM. The extracellular matrix modulates the hallmarks of cancer[J]. EMBO Rep, 2014, 15(12): 1243-1253.
[7]Sofue K, Ueshima E, Masuda A, et al. Estimation of pancreatic fibrosis and prediction of postoperative pancreatic fistula using extracellular volume fraction in multiphase contrast-enhanced CT[J]. European Radiology, 2022, 32(3): 1770-1780.
[8]崔凤娇,罗娅红. 基于影像学的腹部病变细胞外容积的研究进展[J]. 放射学实践, 2020, 35(9): 1196-1198.
[9]Jayson M, Sanders H. Increased incidence of serendipitously discovered renal cell carcinoma[J]. Urology, 1998, 51(2): 203-205.
[10]Musunuru HB, Pifer PM, Mohindra P, et al. Advances in management of locally advanced cervical cancer[J]. Indian J Med Res, 2021, 154(2): 248-261.
[11]Xia C, Dong X, Li H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants[J]. Chin Med J (Engl), 2022, 135(5): 584-590.
[12]Yuan Z, Li Y, Zhang S, et al. Extracellular matrix remodeling in tumor progression and immune escape: from mechanisms to treatments[J]. Mol Cancer, 2023, 22(1): 48.
[13]Marozzi M, Parnigoni A, Negri A, et al. Inflammation, extracellular matrix remodeling, and proteostasis in tumor microenvironment[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(15): 8102.
[14]Honda T, Onishi H, Fukui H, et al. Extracellular volume fraction using contrast-enhanced CT is useful in differentiating intrahepatic cholangiocellular carcinoma from hepatocellular carcinoma[J]. Frontiers in Oncology, 2023, 13: 1214977.

[15]Adams LC, Jurmeister P, Ralla B, et al. Assessment of the extracellular volume fraction for the grading of clear cell renal cell carcinoma: first results and histopathological findings[J]. European Radiology, 2019, 29(11): 5832-5843.
[16]杨咏青,赵鹏,汪玉,等. 细胞外容积分数对62例不同病理类型肺癌的诊断价值[J]. 山东大学学报(医学版), 2023, 61(2): 88-94.
[17]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.
[18]Raso MG, Bota-Rabasedas N, Wistuba II. Pathology and Classification of SCLC[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(4): 820.
[19]Rudin CM, Brambilla E, Faivre-Finn C, et al. Small-cell lung cancer[J]. Nat Rev Dis Primers, 2021, 7(1): 3.
[20]Chen JW, Dhahbi J. Lung adenocarcinoma and lung squamous cell carcinoma cancer classification, biomarker identification, and gene expression analysis using overlapping feature selection methods[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 13323.
[21]Raso MG, Bota-Rabasedas N, Wistuba II. Pathology and Classification of SCLC[J]. Cancers, 2021, 13(4): 820.
[22]Tamminga M, Hiltermann TJN, Schuurings E, et al. Immune microenvironment composition in non-small cell lung cancer and its association with survival[J]. Clinical & Translational Immunology, 2020, 9(6): e1142.
[23]Seguin L, Durandy M, Feral CC. Lung Adenocarcinoma tumor origin: a guide for personalized medicine[J]. Cancers (Basel), 2022, 14(7): 1759.
[24]周再稳,肖华,江婷,等. NSE、CA15-3联合CA125检测在肺癌诊断中的临床意义[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(8): 39-41, 68.
[25]彭弘,李圣博,赵旭. 周围型肺癌CT征象与病理的对照相关性研究[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(12): 42-43.

(收稿日期: 2024-09-13) (校对编辑: 韩敏求)