

论 著

III期非小细胞肺癌患者放疗所致放射性肺炎CT特点及识别*

罗楠¹ 钱柳¹ 海丽且姆·艾力¹
阿娜尔古丽·奥斯曼¹ 王靖喆¹ 余莹莹^{2,*}

1.新疆医科大学第三临床医学院

医学影像学

2.新疆医科大学附属肿瘤医院影像中心

(新疆 乌鲁木齐 830011)

【摘要】目的 探讨III期非小细胞肺癌(NSCLC)患者放疗所致放射性肺炎(RP)CT特点及识别效果。方法 回顾性分析2021年2月至2023年3月在我院接受放疗治疗的80例III期NSCLC临床资料,依据放疗后是否出现RP分成RP组(n=31)与非RP组(n=49)。分析两组一般资料,分析RP能谱CT影像学表现,比较两组动脉期、静脉期能谱CT参数。结果 两组一般资料比较不具有统计学意义($P>0.05$); RP急性期CT表现为边界不清的实变影,内可见肺纹理影,慢性期CT表现为跨肺叶肺段分布的条带及三角形致密阴影,边缘清晰,可见支气管充气征,同时能出现支气管扩张征象。动脉期RP组标准化碘浓度(NIC)、能谱曲线斜率(λ HU)、有效原子序数(Effective-Z)及70keV单能量水平对应的 Δ CT值($CT_{70\text{ keV}}$)均高于非RP组,静脉期RP组NIC、Effective-Z、 λ HU及 $CT_{70\text{ keV}}$ 值均低于非RP组,差异有统计学意义($P<0.05$),但两组动脉期、静脉期标准化水浓度差异比较均不具有统计学意义($P>0.05$)。结论 III期NSCLC患者放疗所致RP的CT表现具有一定特点,为临床防治RP提供依据,可推广应用。

【关键词】非小细胞肺癌; 放疗; 放射性肺炎; CT; 识别

【中图分类号】R563.1

【文献标识码】A

【基金项目】新疆医科大学大学生创新

训练计划项目(202210760037)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.022

CT Features and Identification of Radiation Pneumonia Caused by Radiotherapy in Patients with Stage III Non-small Cell Lung Cancer*

LUO Nan¹, QIAN Liu¹, HAILIQIEMU·Aili¹, ANAERGULI·Aosiman¹, WANG Jing-zhe¹, YU Ying-ying^{2,*}.

1. Medical Imaging, the Third Clinical College of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

2. Imaging Center, Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To investigate the CT features and identification of radiation pneumonia (RP) caused by radiotherapy in patients with stage III non-small cell lung cancer (NSCLC). **Methods** The clinical data of 80 patients with stage III NSCLC who underwent radiotherapy in the hospital from February 2021 to March 2023 were analyzed retrospectively. The patients were divided into RP group (n=31) and non-RP group (n=49) based on whether RP occurred after radiotherapy. General data of the two groups, and energy spectrum CT imaging manifestations of RP were analyzed. Energy spectrum CT parameters in arterial phase and venous phase were compared between the two groups. **Results** The general data of the two groups were similar ($P>0.05$). In the acute phase of RP, CT findings included consolidation with blurred boundaries, and lung markings. In the chronic phase, CT findings included strip and triangular dense shadows distributed across pulmonary lobes and segments, with clear edges. Air bronchogram and bronchiectasis were observed. The normalized iodine concentration (NIC), the slope of energy spectral attenuation curve (λ HU), effective atomic number (Effective-Z) and 70. keV monoenergetic Δ CT value ($CT_{70\text{ keV}}$) in arterial phase of RP group were higher than those in the non-RP group. NIC, Effective-Z, λ HU and $CT_{70\text{ keV}}$ in venous phase of RP group were lower than those in the non-RP group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in normalized water concentration in arterial phase and venous phase between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** CT manifestations of RP caused by radiotherapy in patients with stage III NSCLC are characteristic, providing a basis for clinical prevention and treatment of RP.

Keywords: Non-small Cell Lung Cancer; Radiotherapy; Radiation Pneumonia; CT; Identification

研究报道,肺癌患者中以为非小细胞肺癌(NSCLC)多见,但NSCLC咋奥奇临床表现不明显,一经确诊疾病已至中晚期^[1-2]。放射性肺炎(RP)是胸部肿瘤放射治疗较为常见的并发症,有研究报道,在接受胸部放疗治疗的患者中,约有15%~40%患者可出现RP^[3]。RP会对肺癌患者放疗疗效产生严重影响,对患者生活质量及生存质量造成严重威胁^[4]。RP的出现与正常肺组织受照射剂量体积、基础肺功能、年龄、吸烟史等因素有关,但目前有关RP的发病机制尚不明确,尚无有效手段准确预测RP的出现,近年来,借助医学影像手段对化疗疗效与不良反应进行预测的研究逐渐得到越来越多的关注^[5]。CT是目前较为常用的影像学检查手段,其对RP的诊断敏感度较胸部X线更为敏感^[6],CT能谱成像与传统单参数CT成像不同,是一种以瞬时能量切换技术为基础,拥有多参数及定量分析的成像模式,目前已用于胃癌^[7]、肝癌^[8]等疾病的诊断,而在肺部疾病方面已被证实可有效鉴别肺结节性质^[9]、肺癌^[10]筛查等,但目前有关能谱CT检查对RP的预测研究报道较少。本研究回顾性分析80例III期NSCLC患者临床资料,对RP的CT特点进行分析,并探讨CT对RP的预测价值,为临床防治RP提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾分析2021年2月至2023年3月来院接受放疗的80例III期NSCLC患者临床资料。

纳入标准:均满足NSCLC诊断标准,且为III期^[11];均按照《NSCLC放射治疗临床指南》^[12];均接受能谱CT检查;临床资料完善。排除标准:放疗治疗禁忌症;伴精神系统疾病;伴心、肝、肾功能障碍;随访丢失;沟通功能障碍,无法正常交流;图像质量差。80例患者中男性44例,女性36例;年龄38~71(64.57 ± 6.41)岁。本研究经医院伦理委员会审核批准。

1.2 放疗方案 所有患者均运用真空垫、热缩膜等进行调表固定,使用CT扫描,扫描范围为上颌骨到肾上腺上极,随后将扫描数据上传至工作站。由医师分层勾画周围正常组织保护区及肿瘤靶区,随后剂量医师设计放疗计划,考虑到淋巴结靶区外扩5~8mm,镜下浸润6~8mm,照射剂量调整为60~66Gy。所有患者每天照射一次,每次2Gy,一周照射5次。

1.3 CT检查 仪器选自美国GE公司的Discovery HD 750进行扫描,扫描前进行严格的呼吸训练,在平静深吸气末屏气 $>30\text{s}$,保证扫描层面在整个扫描过程中不移动,扫描范围为胸廓入口至第一腰椎下缘。管电压为高低能量(140kVp与80kVp)瞬时($<0.5\text{ms}$)切

【第一作者】罗楠,女,医师,主要研究方向:肺癌的影像诊断。E-mail: yu_yingying_nimo@163.com

【通讯作者】余莹莹,女,副主任医师,主要研究方向:肺癌的诊断。E-mail: yu_yingying_ok@163.com

换,自动电流,旋转时间0.6s/周,层间距5mm,层厚5mm,螺距0.984。使用高压注射器经肘前静脉注入欧乃派克350,注射剂量100mL,注射速率3mL/s,开启宝石能谱成像(GSI)模式,注射对比剂后扫描动脉期(25s)、静脉期后(55s)。

1.4 图像分析 选择2名工作经验丰富的影像科医师进行阅片,将影像数据导入ADW4.6工作站,在GSI Viewer软件中测量数据,选取病灶最大、密度均匀的3个连续层面作为感兴趣区(ROI),连续测量3次取平均值为最后结果。在70keVCT图像上测量病灶40~100keV、间隔10keV的单能量CT值、碘浓度(ICles)、水浓度(WCles)及同层面的降主动脉或锁骨下动脉的碘浓度(ICao)、水浓度(WCao)。计算标准化碘浓度(NIC)、标准化水浓度(NWC)及有效原子序数(Effective-Z),绘制对应能谱曲线,计算能谱曲线斜率(λ HU), $NIC=ICles/ICao$, $NWC=WCles/WCao$, $\lambda HU=(|CT_{40keV}-CT_{100keV}|)/(100-40)$ 。70keV单能量水平对应的 ΔCT 值(CT_{70keV})=增强后CT值-平扫CT值。

1.5 统计学方法 本研究数据使用SPSS 24.0软件进行统计学分析,采用[n(%)]表示计数资料,展开 χ^2 检验;采用($\bar{x} \pm s$)表示计

量资料,展开t检验。显著性结果 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组一般资料分析 比较RP组与非RP组一般资料,结果显示两组一般资料差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

2.2 CT影像学表现 依据RP疾病阶段,将CT影像学表现可分成(1)急性期:见云絮状毛玻璃样,边缘与周围组织分界模糊,病灶内仍见肺纹理影,周围胸膜未有明显变化;(2)慢性期:见跨肺叶肺段致密阴影,呈条状或三角形,边界清晰,有支气管充气征像。依据RP出现时间的早晚,将CT影像学表现分成(1) I型:玻璃磨砂型:多见放疗后1~3个月,肺部见均匀淡薄的片状云雾模糊影像。(2) II型:实变补丁型:多见放疗后1个月,肺部靶区外见高密度实变,呈补丁状,实变影内可见少量气影,与周围胸膜有牵拉感。(3) III型:含气不全型:多见放疗后11周,肺部靶区内见跨肺叶肺段分布的长条状、不典型的三角形影,边缘整齐,有支气管征象。(4) IV型:浓密纤维型:多发生于放疗后5个月,可见局灶性纤维化。见图1~2。

表1 两组一般资料比较[n(%)]

组别	n	年龄(岁)	性别		肿瘤大小(cm)		病灶位置	吸烟史
			男	女	左肺	右肺		
RP组	31	68.24 $\pm$ 2.11	16(51.61)	11(35.48)	5.21 $\pm$ 1.17	14(45.16)	17(54.84)	11(35.48)
非RP组	49	67.82 $\pm$ 2.37	28(57.14)	21(42.86)	5.36 $\pm$ 1.34	23(46.94)	26(53.06)	24(48.98)
χ^2/t		0.805	0.032		0.512		0.024	1.405
P		0.423	0.858		0.610		0.877	0.236

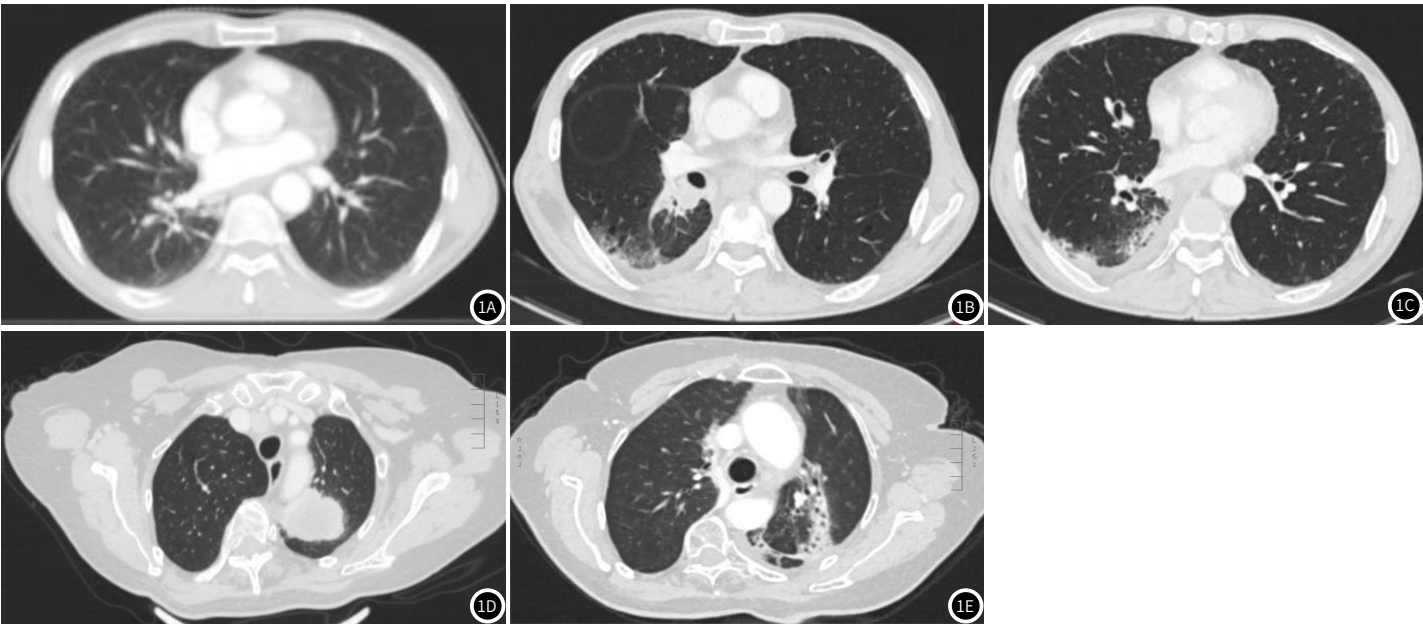


图1A-图1C 男,68岁,右肺恶性肿瘤(肺实体型腺癌,cT₄N₁M₀),右肺病灶、肺门及纵膈淋巴结转移病灶区域调强放疗50Gy/25s,化疗后出现右肺RP。
图2A-图2B 女,70岁,左肺恶性肿瘤(腺癌,cT_{2a}N₂M₀ IIIb),左肺肿瘤+2R组、4R、4L组、7组、10L组调强放疗58Gy/29f,出现RP。

2.3 两组动脉期能谱CT参数比较 RP组动脉期NIC、Effective-Z、 λ HU及 CT_{70keV} 值均高于非RP组,差异有统计学意义($P<0.05$),但两组动脉期NWC差异比较不具有统计学意义($P>0.05$)。见表2。

2.4 两组静脉期能谱CT参数比较 RP组静脉期NIC、Effective-Z、 λ HU及 CT_{70keV} 值均低于非RP组,差异有统计学意义($P<0.05$),但两组静脉期NWC差异比较不具有统计学意义($P>0.05$)。见表3。

表2 两组动脉期能谱CT参数比较

组别	n	NIC(100μg/cm ³)	NWC(mg/cm ³)	Effective-Z	λHU	CT _{70 keV} 值(HU)
RP组	31	17.96±1.86	1026.71±8.52	8.67±0.13	3.37±0.32	69.73±10.09
非RP组	49	17.14±1.33	1024.19±8.19	8.61±0.11	3.31±0.25	65.19±8.52
t		2.297	1.320	2.214	2.186	2.161
P		0.024	0.191	0.030	0.032	0.034

表3 两组静脉期能谱CT参数比较

组别	n	NIC(100μg/cm ³)	NWC(mg/cm ³)	Effective-Z	λHU	CT _{70 keV} 值(HU)
RP组	31	13.06±1.14	1025.82±8.73	8.40±0.11	2.41±0.26	40.13±5.11
非RP组	49	13.79±1.67	1027.19±8.05	8.52±0.15	2.56±0.34	42.92±5.85
t		2.137	0.718	3.844	2.097	2.180
P		0.036	0.475	<0.001	0.039	0.032

3 讨 论

全球范围内，肺癌仍具有较高的发病率与死亡率，据调查，肺癌仍为癌症患者死亡的首要原因^[13-14]。III期NSCLC患者身体机能较差且代谢功能较差，接受传统手术治疗往往无法达到理想效果，此时放射治疗的疗效更为显著^[15]。RP是肺部恶性肿瘤进行放射治疗过程中较为常见的并发症，也是导致癌症患者生存质量下降的重要原因，严重影响了患者的治疗疗效与预后。CT作为放射治疗的常规检查项目，且目前有关CT预测放疗后RP的研究报道较少，因此本研究对CT预测III期NSCLC放疗所致RP的价值进行探究。

放射线可激活患者体内的纤维母细胞生长因子受体，形成胶原及纤维化，导致放射线肺损伤是一个动态化的发展过程，本研究通过分析RP患者临床资料，将其CT影像表现分别依据RP疾病阶段及RP出现时间的早晚进行归纳总结，分别分成了急性期、慢性期及玻璃磨砂型、实变补丁型含气不全型、浓密纤维型^[16-17]。人体肺部组织对放射线高度敏感，放射线可影响患者肺泡稳定性，改变患者血流灌注，增加血管通透性，使患者出现肺间质充血水肿，促进肺泡内渗出进而发生微血栓，使患者发生毛细血管堵塞，诱发RP^[18]。GSI模式是一种新兴成像技术，可同时获得基物质分离与单能量图像，并通过多重参数定量分析病灶，提高了微小病灶检出率，弥补了传统成像模式易受温度、扫描参数等影响的不足^[19]。本研究运用的单源-双能CT，拥有分子结构稳定的探测器，提升了扫描反应速度的同时确保不打扰数据处理，提高了图像空间分辨率。NIC、CT_{70 keV}等参数能反映病灶内血供状况；Effective-Z能反映ROI内无机物的有效原子序数；单能谱曲线是某物质形成的能量衰减曲线，化学成分不同，所生成的曲线斜率亦存在差异，可有效鉴别组织类型^[20-21]。本研究通过分析两组动脉期、静脉期能谱CT参数，结果显示RP组动脉期NIC、Effective-Z、λHU及CT_{70 keV}值均高于非RP组。动脉期采集图像主要显示病灶内的血管特点，可反映血流量与血供量，RP可损害肺部毛细血管内皮细胞，导致血流灌注变化，血管通透性升高，放疗后肺间质充血水肿，肺组织细胞浸润，同时伴随放疗疗程的延长，照射剂量的增加，肺组织毛细血管开放数量不断增加，血供较丰富，因此早期强化更明显。而本研究进一步分析静脉期两组能谱CT参数，结果显示，RP静脉期NIC、Effective-Z、λHU及CT_{70 keV}值均低于非RP组。分析原因，静脉期病灶强化程度与毛细血管血流速度等因素有关，而RP病灶富含高密度的毛细血管网，血液回流速度更快。

综上所述，III期NSCLC患者放疗所致RP的CT影像特征明显，能有效识别RP的出现，为临床防治提供依据，具有较好应用价值。但本研究不足之处在于研究样本量较小，日后仍需扩大样本量、多中心研究进一步验证研究结论。

参考文献

[1] Tsutani Y, Handa Y, Shimada Y, et al. Comparison of cancer control between segmentectomy and wedge resection in patients with clinical stage IA non-small cell lung cancer[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 162(4): 1244-1252.

[2] Neumann JM, Freitag H, Hartmann JS, et al. Subtyping non-small cell lung cancer by histology-guided spatial metabolomics[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2022, 148(2): 351-360.

[3] 孔燕, 吴佳, 魏贤顶, 等. 肺癌放疗患者症状性放射性肺炎预测的CT影像学组学研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2022, 42(2): 115-120.

[4] 路玉昆, 巩贵忠, 陈进琰, 等. CT图像影像组学特征参数变化与放射性肺炎的相关性研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2018, 27(7): 643-648.

[5] 杜峰, 王强, 王伟, 等. 胸段食管癌放疗后放射性肺炎相关因素分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2020, 40(11): 832-839.

[6] 文静, 孙银辉, 王理槐. PET/CT引导下放疗联合同步化疗治疗III期肺癌的预后观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(9): 44-47.

[7] 柴亚如, 高剑波, 岳松伟, 等. 能谱CT多参数成像预测胃癌淋巴结转移的应用价值[J]. 中华消化外科杂志, 2021, 20(2): 240-245.

[8] 郭大鹏, 李汝锐, 靳仓正. 能谱CT成像在小肝癌诊断及鉴别诊断中的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 110-112.

[9] 钟宇, 周姝, 张立波, 等. 人工智能肺结节筛查系统结合能谱CT比较不同性质肺结节的检测效能[J]. 中国医科大学学报, 2023, 52(7): 624-627, 632.

[10] 李飞, 王超, 孙涛, 等. Revolution CT能谱成像技术联合肺癌血清4项对肺癌患者的诊断及疗效评估价值分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(5): 528-533.

[11] 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]. 中华医学杂志, 2021, 101(23): 1725-1757.

[12] 中华医学会放射肿瘤治疗学分会, 中国医师协会放射肿瘤治疗医师分会, 中国抗癌协会放射治疗专业委员会, 等. 中国非小细胞肺癌放射治疗临床指南(2020版)[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2020, 29(8): 599-607.

[13] 曹毛毛, 陈万青. GLOBOCAN 2020全球癌症统计数据解读[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2021, 13(3): 63-69.

[14] Cao W, Chen HD, Yu YW, et al. Changing profiles of cancer burden worldwide and in China: a secondary analysis of the global cancer statistics 2020[J]. Chin Med J (Engl), 2021, 134(7): 783-791.

[15] 岳涛华, 袁鹏, 吴式, 等. 125I粒子联合全身化疗治疗中晚期非小细胞肺癌的临床研究[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(12): 2007-2010.

[16] 曹晓辉, 于荏, 李万湖. 基于CT的影像学分析在预测和鉴别治疗相关性肺炎中的应用[J]. 国际肿瘤学杂志, 2023, 50(2): 107-111.

[17] 陈涛, 王灵丽, 凌苗芊, 等. 基于CNKI的宝石能谱CT在肿瘤领域的文献计量学分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(12): 174-178.

[18] 冯勤付, 郑苗苗, 曾强. 放射性肺炎的诊断和治疗[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2021, 30(1): 7-10.

[19] 杨彦兵, 石惠, 张瑞荣, 等. 宝石CT能谱成像定量参数在肺栓塞诊断中的价值[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(11): 1836-1839.

[20] 张国晋, 曹云大, 张婧, 等. 局灶性机化性肺炎及周围型肺癌能谱CT表现[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(9): 1330-1334.

[21] 黄倩文, 陈应东, 钟华, 等. 肺癌能谱CT相关参数定量与临床应用[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(7): 1316-1321.

(收稿日期: 2024-02-17)
(校对编辑: 姚丽娜)