

# 非小细胞肺癌淋巴引流与纵隔淋巴结转移的 CT 研究进展

康艳茹<sup>1</sup>, 宋佳林<sup>2</sup>, 吕文成<sup>3</sup>, 张华<sup>1</sup>

1. 山东第一医科大学 (山东省医学科学院) 临床与基础医学院, 山东 济南 250117; 2. 山西医科大学医学科学院, 山西 太原 030001; 3. 同济大学附属东方医院胶州医院影像科, 山东 青岛 266300

**摘要:** 纵隔淋巴结转移是非小细胞肺癌(NSCLC)常见的转移途径,其发生与淋巴引流模式密切相关,不同肺叶 NSCLC 的淋巴引流模式存在不同,这为个体化治疗策略的制定提出了挑战。NSCLC 精准治疗前提是精准分期,计算机断层扫描(CT)检查是评估纵隔淋巴结转移的重要工具,对于制定治疗计划和评估患者预后至关重要,但对影像学特征不明显的转移淋巴结诊断难度较大,特别是 4 区和 7 区的转移淋巴结。4 区和 7 区同作为纵隔淋巴结转移的热点区域,然而临床指南对于 4 区淋巴结的清扫没有作出明确规定,这就使得 NSCLC 患者术前临床分期和预后评估尤为重要。新兴的 CT 影像组学技术通过整合和分析 CT 图像中的大量数据,捕捉到常规 CT 扫描中可能被忽视的细微特征,在无创诊断淋巴结转移准确性方面展现出巨大的应用前景。本综述旨在探讨纵隔引流模式以及 CT 在评估纵隔淋巴结转移中的作用,以期临床准确地判断 NSCLC 纵隔淋巴结转移、制定合适的淋巴结清扫范围、优化治疗策略、改善患者预后等提供有价值的影像学依据。

**关键词:** 非小细胞肺癌; 纵隔淋巴结; 淋巴引流; 影像组学

中图分类号:R816 文献标识码:R 文章编号:1004-714X(2024)04-0472-06

## Advances in CT-based study of lymphatic drainage and mediastinal lymph node metastasis in non-small cell lung cancer

KANG Yanru<sup>1</sup>, SONG Jialin<sup>2</sup>, LYU Wencheng<sup>3</sup>, ZHANG Hua<sup>1</sup>

1. School of Clinical and Basic Medicine, Shandong First Medical University, Jinan 250117 China; 2. Academy of Medical Sciences, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001 China; 3. Department of Radiology, Jiaozhou Branch of Shanghai East Hospital, Tongji University, Qingdao 266300 China

**Abstract:** Mediastinal lymph node metastasis is a common metastasis pathway of non-small cell lung cancer (NSCLC), and its occurrence is closely related to lymphatic drainage pattern. NSCLC in different pulmonary lobes requires different lymphatic drainage patterns, which poses a challenge for the formulation of individualized treatment strategies. Accurate staging is the prerequisite for precision treatment of NSCLC. Computed tomography (CT) examination is an important tool for evaluating mediastinal lymph node metastasis, which is crucial for making treatment plan and evaluating patient prognosis. However, it is difficult to diagnose metastatic lymph nodes with insignificant imaging features, especially metastatic lymph nodes in zone 4 and zone 7, which are hot spots for mediastinal lymph node metastasis. However, clinical guidelines do not make clear provisions on lymph node dissection in zone 4, which makes preoperative clinical staging and prognosis evaluation of patients with NSCLC particularly important. By integrating and analyzing a large amount of data in CT images, the emerging CT radiomics technology captures subtle features that may be overlooked in conventional CT scans, showing great application prospects in improving the accuracy of non-invasive diagnosis of lymph node metastasis. This review aims to explore the mediastinal drainage pattern and the role of CT in evaluating mediastinal lymph node metastasis, in order to provide valuable imaging evidence for accurately judging mediastinal lymph node metastasis of NSCLC, formulating appropriate lymph node dissection scope, optimizing treatment strategy, and improving patient prognosis.

**Keywords:** Non-small cell lung cancer; Mediastinal lymph node; Lymphatic drainage; Radiomics

**Corresponding author:** ZHANG Hua, E-mail: [21hua@sina.com](mailto:21hua@sina.com)

肺癌是全球发病率和死亡率最高的恶性肿瘤之一,其中非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)约占肺癌的 85%,其 5 年生存率仅约为 19%<sup>[1]</sup>。肺癌主要通过淋巴系统播散,其中 NSCLC 已经形成

了一定的淋巴结转移模式,一般先浸润肺内淋巴结,然后是肺门淋巴结,最后到纵隔淋巴结<sup>[2]</sup>。纵隔淋巴结有无转移决定着 NSCLC 后续治疗方案制定<sup>[3]</sup>,因此纵隔淋巴结转移的准确评估是 NSCLC 分期和治疗的关键。计算机断层扫描(computed tomograph, CT)是术前诊断 NSCLC 淋巴结转移的常用手段<sup>[4]</sup>,然而,并不是所有的纵隔转移淋巴结均可在术前通过 CT 识别。为此,本文将综述 NSCLC 纵隔引流模式及纵隔淋巴结转移在 CT 评估方面的进展,以期为进一步准确、无创地评估 NSCLC 患者的纵隔淋巴结的转移提供参考依据。

## 1 NSCLC 肺淋巴引流模式

**1.1 肺淋巴结引流路径** 肺淋巴结引流模式主要分为 2 种:肺引流和纵隔引流。肺淋巴结可分为肺内淋巴结和支气管肺淋巴结,支气管肺淋巴结可进一步分为肺叶淋巴结和肺门淋巴结<sup>[5-6]</sup>,肺叶淋巴结一般位于肺段支气管开口的分支点,而肺门淋巴结则作为桥梁,连接肺叶淋巴结和纵隔淋巴结。NSCLC 的淋巴结转移一般按照由近及远、由下向上、由肺内经肺门向纵隔淋巴结的顺序转移,少数也可发生“跳跃式”纵隔淋巴结转移,即跳过肺内肺门淋巴结,直接转移到纵隔淋巴结<sup>[2,5,7]</sup>。

**1.2 肺淋巴结引流在 NSCLC 转移中的作用** 肺的解剖学淋巴结引流模式和淋巴结转移之间存在着紧密联系。目前,对于如何正确地评估 NSCLC 的纵隔淋巴结转移以更加精准地进行治疗,医学界存在不同的观点与争议。争议的焦点主要为 NSCLC 患者肺切除术后是否进行根治性淋巴结切除术、选择性淋巴结切除术或仅淋巴结取样。这些争议推动了对纵隔淋巴结引流模式的认识。

判断纵隔淋巴结的转移主要依据淋巴结转移区的评估。NSCLC 由纵隔引流至特定淋巴结区被认为是肺叶依赖性的转移方式<sup>[8-10]</sup>,上叶 NSCLC 易向上纵隔淋巴结转移,下叶 NSCLC 倾向转移至下纵隔及隆突下淋巴结,而右肺中叶的 NSCLC,据报道隆突下淋巴结转移的概率最大<sup>[2]</sup>。右肺上叶 NSCLC 最常转移到 4 区淋巴结<sup>[10-11]</sup>,极少发生下纵隔淋巴结的受累,且仅 7 区淋巴结转移少见<sup>[12]</sup>。但右肺上叶 NSCLC 当出现多区淋巴结转移时,7 区及下纵隔淋巴结可能发生转移,表明疾病进入更晚期,预后不良。

4 区(包括 4R 和 4L)是纵隔淋巴引流的重要节点,尽管 4 区淋巴结转移率高但切除率较低<sup>[11]</sup>。这可

能与 4R 区淋巴结周围复杂的解剖结构有关,该区域毗邻气管、支气管、肺动脉、上级腔静脉和奇静脉,清扫难度大<sup>[11,13]</sup>。4L 区被主动脉弓遮挡,且与左侧喉返神经与胸导管相邻,解剖关系复杂,清扫时易损伤喉返神经和胸导管<sup>[14-17]</sup>。另外研究表明,右肺 NSCLC 通常转移至纵隔;左肺 NSCLC 术后若发生局部复发,转移淋巴结多发生在 4R 和 7 区<sup>[17]</sup>。这表明左肺 NSCLC 的复发和转移路径可能与右侧不同,肿瘤细胞可通过 7 区淋巴结扩散至对侧纵隔<sup>[12]</sup>。

纵隔淋巴结转移的解剖路径,称为“淋巴链”,该系统不仅考虑从原发肺位置到纵隔的淋巴转移路径,还纳入了纵隔淋巴结各区间的相互关系<sup>[18]</sup>。NSCLC 多淋巴结链受累通常预示着比单个淋巴结链受累有较差的预后,如转移的纵隔淋巴结在“一链”内,而不是“一区”,患者 5 年生存率仅约为 36%<sup>[19]</sup>。此外,研究还发现在一个“链”内的单区和多区转移相关联,例如,发生 4R 区转移患者的 2 区转移率明显高于 4R 区无转移患者<sup>[11]</sup>,这可能因 2R 与 4R 区同属于一条淋巴引流链<sup>[11-12]</sup>。

不同淋巴引流链的节点并非孤立存在,它们之间存在关联,共同构成了复杂的淋巴网。例如,4R 与 4L 区相互贯通,虽分属于不同引流链,但在 7 区交汇<sup>[20]</sup>。研究发现,4R 区淋巴结转移患者 7 区转移率(42.0%),显著低于 4R 区无转移的患者(68.5%)<sup>[11]</sup>。此外,有 7 区淋巴结转移的患者,2、3 和 4 区转移率均低于无 7 区转移的患者<sup>[11]</sup>。这可能由于 2、3、4 与 7 区分属于上下纵隔,处于不同的淋巴引流链,因此上纵隔肿瘤很少转移至 7 区。尽管目前对于 4 区和 7 区淋巴结转移的患者预后仍存在争论,但仅 4 区或 7 区淋巴结转移 NSCLC 患者的预后较差<sup>[11]</sup>,同时两区在纵隔引流途径中处于关键位置<sup>[20]</sup>。因此,对此 4 区和 7 区淋巴转移的评估就显得尤为重要。

关于 NSCLC 患者选择性淋巴结清扫与系统性淋巴结清扫的争议一直存在。某些研究提出可根据肺叶依赖性规律实施选择性淋巴结清扫<sup>[21-22]</sup>;然而,多数研究为更精确地进行疾病分期,推荐系统性淋巴结清扫<sup>[10,23]</sup>。根据国际肺癌研究协会的建议,系统性淋巴结清扫范围应覆盖至少 3 个区的纵隔淋巴结,且必须包含隆突下淋巴结<sup>[2]</sup>。隆突下淋巴结如十字路口般汇集来自胸腔器官的淋巴管,并与各肺叶保持交互联系<sup>[12]</sup>,这凸显了 7 区在纵隔淋巴结转移中的重要地位。而对于 4 区淋巴结的清扫,则尚未做具体要求。

## 2 CT 评估纵隔淋巴结转移

病理学检查是诊断 NSCLC 纵隔淋巴结转移的“金标准”，但需通过手术、胸腔镜或纵隔镜进行淋巴结清扫或取样<sup>[24-25]</sup>。由于病理学检查具有侵入性操作、有创性及可发生并发症等缺点，导致可操作性和患者依从性较差。因此，寻求一种安全准确预测淋巴结转移的方法对优化治疗靶区有重要临床意义。

CT 检查在判断淋巴结是否转移的主要依据是肿瘤细胞是否导致淋巴结影像学特征的变化，如大小、形状和密度等。在转移的不同时期，淋巴结的影像学特征也会有不同。对于微小转移灶，CT 检测到淋巴结影像学上的表现可能仍然正常。同时，淋巴结转移的影像学表现异常也可能出现在炎症、肉芽肿、淋巴结反应性增生等良性病变中。

淋巴结转移时通常表现为淋巴结肿大<sup>[26]</sup>。因淋巴结短径与其实际大小有较好的相关性，对于纵隔淋巴结大小的测量目前主要采用短径测量<sup>[27]</sup>。因此，临床上常以纵隔淋巴结短径  $> 1\text{ cm}$  作为淋巴结转移的判断标准。纵隔淋巴结的三维测量应为长径、次长径（宽）和短径，但临床常用的二维影像学轴位扫描，导致纵隔淋巴结长径和短径的测量结果往往与实际大小不符。纵隔淋巴结的影像学测量值受其空间位置影响，当纵隔淋巴结的长径与图像平行时，长径的测量值才是准确的；同样原因短径测量值有时也不能真实反映纵隔淋巴结的大小。因此，目前对于纵隔淋巴结测量标准存在广泛争议，有研究<sup>[28]</sup>通过测量纵隔淋巴结的最大横截面积等多个观察指标，作为比短径更好的判定淋巴结转移依据，但其临床实际应用价值尚需进一步验证。

纵隔淋巴结肿大与肺癌具有较高的相关性，被视为肺癌淋巴结转移的危险信号<sup>[29]</sup>。但纵隔淋巴结肿大是多种疾病的常见胸部影像学表现，与恶性肿瘤转移、血液系统疾病、炎症、自身免疫性疾病等均可能有关<sup>[30]</sup>，有时转移的纵隔淋巴结并不一定肿大<sup>[26,31]</sup>，而且不同节点淋巴结的大小和数目也有所不同。因此，仅通过淋巴结的大小来判断纵隔淋巴结转移可能会导致较高的假阴性率和假阳性率。另外，CT 检查主要依赖于人眼对图像的视觉分析，观察者的主观偏差难以避免，所以在诊断纵隔淋巴结转移的灵敏性和特异性方面存在一定的局限性。

## 3 CT 影像组学评估纵隔淋巴结转移

影像组学是通过从大量影像数据中提取和分析特征，实现对病变的定量和定性分析<sup>[32]</sup>。近年来，影像组学的发展在 NSCLC 纵隔淋巴结转移的评估中发挥出重要作用，研究者通过 CT 平扫和增强，把肿瘤原发灶和淋巴结作为感兴趣区域（region of interest, ROI），进行了大量研究并取得显著结果。

**3.1 基于原发肿瘤的 CT 影像组学** NSCLC 的研究发现原发肿瘤先诱导前哨淋巴管生成，随后肿瘤细胞通过这些新生的淋巴管途径迁移至周围淋巴结<sup>[33-34]</sup>。这意味着转移的淋巴结与原发肿瘤之间存在一定的生物学联系<sup>[25,35-36]</sup>。基于此，有研究将原发肿瘤作为 ROI，以淋巴结的病理诊断为标准，利用影像组学技术预测 NSCLC 淋巴结的转移。Cong 等<sup>[37]</sup>利用 411 例 NSCLC 患者原发肿瘤的 CT 静脉期提取了 10 个影像组学特征，构建了淋巴结转移预测模型，该模型训练组和验证组的受试者工作特征曲线下面积（the Area under the receiver operating characteristic curve, AUC）分别为 0.79 和 0.73，优于常规 CT 检查和形态学模型。Liu 等<sup>[38]</sup>将 CT 放射组学特征和 CT 语义特征“胸膜凹陷征”融合，构建了周围型肺腺癌淋巴结转移预测模型，AUC 值达到了 0.758，明显优于仅依靠 CT 语义特征的模型。这些研究表明，原发肿瘤的影像组学特征在预测淋巴结转移上具有显著的有效性。同时原发肿瘤和淋巴结本身的异质性和所处微环境的不同<sup>[25]</sup>，以及淋巴结转移受其引流模式的影响，利用影像组学分析淋巴结异质性就显得更为重要。

**3.2 基于淋巴结的 CT 影像组学** Andersen 等<sup>[39]</sup>通过增强 CT 图像对 29 名 NSCLC 患者的 46 个纵隔淋巴结的纹理进行评估，发现良性和恶性淋巴结的纹理特征有显著差别。该研究利用筛选出的纹理特征，构建纵隔淋巴结转移 logistic 回归预测模型，该模型的 AUC 值达到 0.834。Sha 等<sup>[40]</sup>基于三时相构建平扫、动脉、静脉和两时相的差值等建立 6 个 NSCLC 纵隔淋巴结转移预测模型，其中基于平扫 CT 建立的模型预测能力最好，AUC 值达 0.926，表明淋巴结影像学特征可较好地预测纵隔淋巴结的转移。

关于平扫和增强 CT 的优劣，研究显示转移淋巴结内部的血流比非转移淋巴结的血流更为不均匀<sup>[36]</sup>，而这种血流差异只能通过增强方式才能展现。另有研究指出动脉期 CT 图像中经常产生显著的伪影，干扰小淋巴结的显示与影像学特征提取。尽管有研究<sup>[28,40]</sup>



表明平扫期影像组学模型具有更好的预测性能,但增强图像含有血流等重要信息。此外,有研究指出静脉期的病变强化程度更为精确,静脉期能够反映淋巴结内部的微血管生成和血流灌注,可更好地呈现纹理特征,获得更多的淋巴结内部异质性信息;而平扫只能反映淋巴结的非均质性<sup>[41]</sup>。

CT 影像组学提供了人眼所看不到的转移淋巴结内部特征,可对淋巴结进行定量实时监测,为无创评估纵隔淋巴结转移提供了新技术与新思路。

#### 4 总结与展望

目前,选择何种淋巴结清扫方式可使 NSCLC 患者获得最大生存益处是精准治疗面临的主要困难。因此,早期无创评估淋巴结转移、辅助分期以及治疗方式的选择成为解决问题的关键。CT 影像组学通过揭示肉眼无法观察到的淋巴结内部影像学特征,实现了对转移淋巴结的定量实时监测,为非侵入性评估纵隔淋巴结转移提供了新方法。然而,在 NSCLC 纵隔淋巴结转移的研究中,CT 影像组学也存在一定的局限性。ROI 的勾画多采用半自动方法,其主观性较强,导致可重复性不佳。新兴的深度学习技术能够较好地解决上述问题,其通过减少人为勾画 ROI 的误差提高了评估纵隔淋巴结转移的精确度。但目前深度学习技术面临 2 个亟需解决的问题:一是由于图像质量原因应用该技术时,可能会将多个连续的淋巴结合并为一个单元;二是注释问题,簇状淋巴结中的个体有时难以区分,且无法在图像中准确标出边界。上述问题可能影响深度学习模型在评估纵隔淋巴结转移中的准确性<sup>[30]</sup>。

目前的研究大多数集中在肿大的转移淋巴结的影像组学分析,而对于非肿大纵隔淋巴结是否转移的研究相对较少,这可能主要是因为非肿大淋巴结的 ROI 难以勾画,异质性提取较为困难。此外,尽管影像组学能够较好地预测淋巴结转移情况,但其最终诊断仍需依赖病理检查。

通过融合纵隔淋巴结引流模式、影像组学和生物标志物等多元化的特征,利用基因和蛋白质组学等先进的技术,对 NSCLC 的纵隔淋巴结转移进行评估,将会极大提高预测的准确性,同时也为 NSCLC 纵隔淋巴结清扫范围的确定提供更加科学的依据。

**利益冲突** 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

**作者贡献声明** 康艳茹负责整理文献、撰写论文、修改论文;宋佳林、吕文成负责文献调研与整理;张华负责提出研究方向、审核论文

#### 参考文献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Wagle NS, et al. Cancer statistics, 2023[J]. *CA Cancer J Clin*, 2023, 73(1): 17-48. DOI: [10.3322/caac.21763](https://doi.org/10.3322/caac.21763).
- [2] 方礼逵. 左侧非小细胞肺癌中左四组淋巴结转移的预测因素及生存影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2019. DOI: [10.27461/d.cnki.gzjdx.2019.001727](https://doi.org/10.27461/d.cnki.gzjdx.2019.001727).  
Fang LK. Predictors and survival impact of station 4L metastasis in left non-small cell lung cancer[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019. DOI: [10.27461/d.cnki.gzjdx.2019.001727](https://doi.org/10.27461/d.cnki.gzjdx.2019.001727). (in Chinese)
- [3] Ettinger DS, Wood DE, Aisner DL, et al. Non-small cell lung cancer, version 3. 2022, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2022, 20(5): 497-530. DOI: [10.6004/jnccn.2022.0025](https://doi.org/10.6004/jnccn.2022.0025).
- [4] 吴鸿明, 隋海晶. 胸部低剂量螺旋 CT 检查用于无症状成人肺癌筛查效果[J]. *中国辐射卫生*, 2023, 32(2): 176-181. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.017](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.017).  
Wu HM, Sui HJ. Effect of chest low-dose spiral CT scan for lung cancer screening among asymptomatic adults[J]. *Chin J Radiol Health*, 2023, 32(2): 176-181. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.017](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.017). (in Chinese)
- [5] 王初旭. 非小细胞肺癌淋巴结转移相关因素分析[D]. 苏州: 苏州大学, 2021. DOI: [10.27351/d.cnki.gszzhu.2021.002280](https://doi.org/10.27351/d.cnki.gszzhu.2021.002280).  
Wang CX. Analysis of relevant factors related to lymphatic metastasis of non-small cell lung cancer[D]. Suzhou: Soochow University, 2021. DOI: [10.27351/d.cnki.gszzhu.2021.002280](https://doi.org/10.27351/d.cnki.gszzhu.2021.002280). (in Chinese)
- [6] Fourdrain A, Epailly J, Blanchard C, et al. Lymphatic drainage of lung cancer follows an intersegmental pathway within the visceral pleura[J]. *Lung Cancer*, 2021, 154: 118-123. DOI: [10.1016/j.lungcan.2021.02.023](https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2021.02.023).
- [7] 叶海茵, 苏文媚. 非小细胞肺癌肺内淋巴结转移规律及分站检测研究进展[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2017, 31(4): 400-402. DOI: [10.13507/j.issn.1674-3474.2017.04.027](https://doi.org/10.13507/j.issn.1674-3474.2017.04.027).  
Ye HY, Su WM. Metastatic rules of intrapulmonary lymph node and clinical significance of its pathological staging of non-small cell lung cancer[J]. *J Chin Pract Diagn Ther*, 2017, 31(4): 400-402. DOI: [10.13507/j.issn.1674-3474.2017.04.027](https://doi.org/10.13507/j.issn.1674-3474.2017.04.027). (in Chinese)
- [8] Yoshida Y, Saeki N, Yotsukura M, et al. Visualization of patterns of lymph node metastases in non-small cell lung cancer using network analysis[J]. *JTCVS Open*, 2022, 12: 410-425. DOI: [10.1016/j.xjon.2022.10.003](https://doi.org/10.1016/j.xjon.2022.10.003).
- [9] Shamji FM, Beauchamp G, Sekhon HJS. The lymphatic spread of lung cancer: an investigation of the anatomy of the lymphatic drainage of the lungs and preoperative mediastinal staging[J]. *Thorac Surg Clin*, 2021, 31(4): 429-440. DOI: [10.1016/j.thorsurg.2021.07.005](https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2021.07.005).
- [10] Riquet M, Rivera C, Pricopi C, et al. Is the lymphatic drainage of

- lung cancer lobe-specific? A surgical appraisal[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2015, 47(3): 543-549. DOI: [10.1093/ejcts/ezu226](#).
- [11] Zhou D, Yue DS, Zhang ZF, et al. Prognostic significance of 4R lymph node dissection in patients with right primary non-small cell lung cancer[J]. *World J Surg Oncol*, 2022, 20(1): 222. DOI: [10.1186/s12957-022-02689-w](#).
- [12] Ndiaye A, Di-Marino V, Ba PS, et al. Anatomical variations in lymphatic drainage of the right lung: applications in lung cancer surgery[J]. *Surg Radiol Anat*, 2016, 38(10): 1143-1151. DOI: [10.1007/s00276-016-1685-y](#).
- [13] 吕金爽, 郑广钧, 杨景魁, 等. CT 引导下<sup>125</sup>I 放射性粒子植入治疗肺癌纵隔淋巴结 4R 组转移进针路径的临床研究[J]. *中华临床医师杂志 (电子版)*, 2012, 6(16): 4659-4662. DOI: [10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2012.16.027](#).  
Lv JS, Zheng GJ, Yang JK, et al. The clinical study of the puncture paths in treating 4R mediastinal lymphnode metastasis of lung cancer by implantation of <sup>125</sup>I radioactive seeds[J]. *Chin J Clinicians (Electron Ed)*, 2012, 6(16): 4659-4662. DOI: [10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2012.16.027](#). (in Chinese)
- [14] Liu CW, Pu Q, Guo CL, et al. Non-grasping en bloc mediastinal lymph node dissection for video-assisted thoracoscopic lung cancer surgery[J]. *BMC Surg*, 2015, 15: 38. DOI: [10.1186/s12893-015-0025-1](#).
- [15] Hanaoka J, Yoden M, Okamoto K, et al. Mediastinal lymph node evaluation, especially at station 4L, in left upper lobe lung cancer[J]. *J Thorac Dis*, 2022, 14(9): 3321-3334. DOI: [10.21037/jtd-22-537](#).
- [16] Lucchi M, Aprile V. Not one less, the role of 4L in left-sided lung cancer: the message from the Polish experience[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2021, 60(5): 1210-1211. DOI: [10.1093/ejcts/ezab358](#).
- [17] De Ruyscher DKM, Decaluwé H. 4L lymph node involvement in left-sided lung cancer: unique or no[J]. *J Clin Oncol*, 2018, 36(29): 2907-2908. DOI: [10.1200/JCO.2018.79.3299](#).
- [18] Riquet M, Arame A, Foucault C, et al. Prognostic classifications of lymph node involvement in lung cancer and current International association for the study of lung cancer descriptive classification in zones[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 11(3): 260-264. DOI: [10.1510/ievt.2010.236349](#).
- [19] Zheng H, Wang LM, Bao F, et al. Re-appraisal of N2 disease by lymphatic drainage pattern for non-small cell lung cancers: by terms of nodal stations, zones, chains, and a composite[J]. *Lung Cancer*, 2011, 74(3): 497-503. DOI: [10.1016/j.lungcan.2011.03.020](#).
- [20] Ndiaye A, Dimarino V, Ndiaye A, et al. Variations in lung lymphatic drainage into the inferior tracheobronchial lymph nodes junction: applications in lung cancer[J]. *Clin Anat*, 2016, 29(7): 955-962. DOI: [10.1002/ca.22751](#).
- [21] Hishida T, Miyaoka E, Yokoi K, et al. Lobe-specific nodal dissection for clinical stage I and II NSCLC: Japanese multi-institutional retrospective study using a propensity score analysis[J]. *J Thorac Oncol*, 2016, 11(9): 1529-1537. DOI: [10.1016/j.jtho.2016.05.014](#).
- [22] Yang MZ, Hou X, Liang RB, et al. The incidence and distribution of mediastinal lymph node metastasis and its impact on survival in patients with non-small-cell lung cancers 3 cm or less: data from 2292 cases[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 56(1): 159-166. DOI: [10.1093/ejcts/ezy479](#).
- [23] Kawakami Y, Takizawa H, Toba H, et al. Diversity of lymphatic flow in patients with lung cancer revealed by computed tomography lymphography[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021, 33(6): 871-878. DOI: [10.1093/icvts/ivab204](#).
- [24] 李悦, 夏熙婷, 周永. 非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的影像学评估[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2024, 31(1): 53-57. DOI: [10.16073/j.cnki.cjcp.2024.01.08](#).  
Li Y, Xia XT, Zhou Y. Imaging evaluation of radiomics in mediastinal lymph node metastasis of non-small cell lung cancer[J]. *Chin J Cancer Prev Treat*, 2024, 31(1): 53-57. DOI: [10.16073/j.cnki.cjcp.2024.01.08](#). (in Chinese)
- [25] 叶陆爽, 杨建峰. 非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的 CT 影像组学研究进展[J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(6): 625-629. DOI: [10.3969/j.issn.1005-5185.2022.06.020](#).  
Ye LS, Yang JF. Advances of CT radiomics in mediastinal lymph node metastasis of non-small cell lung cancer[J]. *Chin J Med Imaging*, 2022, 30(6): 625-629. DOI: [10.3969/j.issn.1005-5185.2022.06.020](#). (in Chinese)
- [26] Lee GM, Stowell JT, Pope K, et al. Lymphatic pathways of the thorax: predictable patterns of spread[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2021, 216(3): 649-658. DOI: [10.2214/AJR.20.23523](#).
- [27] Volterrani L, Mazzei MA, Banchi B, et al. MSCT multi-criteria: a novel approach in assessment of mediastinal lymph node metastases in non-small cell lung cancer[J]. *Eur J Radiol*, 2011, 79(3): 459-466. DOI: [10.1016/j.ejrad.2010.03.027](#).
- [28] 曹恩涛, 陈颖, 蔡庆, 等. CT 平扫图像纹理分析对预测肺癌纵隔淋巴结转移的价值研究[J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41(12): 2219-2223. DOI: [10.13437/j.cnki.jcr.2022.12.017](#).  
Cao ET, Chen Y, Cai Q, et al. Unenhanced CT image texture analysis in predicting mediastinal lymph node metastasis of lung cancer[J]. *J Clin Radiol*, 2022, 41(12): 2219-2223. DOI: [10.13437/j.cnki.jcr.2022.12.017](#). (in Chinese)
- [29] Mascalchi M, Zompatori M. Mediastinal lymphadenopathy in lung cancer screening: a red flag[J]. *Radiology*, 2022, 302(3): 695-696. DOI: [10.1148/radiol.212501](#).
- [30] Cao Y, Feng JT, Wang C, et al. LNAS: a clinically applicable deep-learning system for mediastinal enlarged lymph nodes segmentation and station mapping without regard to the pathogenesis using unenhanced CT images[J]. *Radiol Med*, 2024, 129(2): 229-238. DOI: [10.1007/s11547-023-01747-x](#).
- [31] Dong MS, Hou G, Li S, et al. Preoperatively estimating the malignant potential of mediastinal lymph nodes: a pilot study toward establishing a robust radiomics model based on contrast-enhanced CT imaging[J]. *Front Oncol*, 2021, 10: 558428. DOI: [10.](#)

- 3389/fonc.2020.558428.
- [32] Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: images are more than pictures, they are data[J]. *Radiology*, 2016, 278(2): 563-577. DOI: 10.1148/radiol.2015151169.
- [33] 吴菁, 张常华. 肿瘤淋巴结转移的病理学诊断方法研究进展[J]. 消化肿瘤杂志(电子版), 2017, 9(2): 127-130. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7402.2017.02.014.
- Wu J, Zhang CH. Advances in pathologic diagnosis of lymph node metastasis[J]. *J Dig Oncol (Electron Version)*, 2017, 9(2): 127-130. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7402.2017.02.014. (in Chinese)
- [34] Jalkanen S, Salmi M. Lymphatic endothelial cells of the lymph node[J]. *Nat Rev Immunol*, 2020, 20(9): 566-578. DOI: 10.1038/s41577-020-0281-x.
- [35] 张磊, 沈文荣, 张秀明, 等. IA 期孤立结节型浸润性粘液性肺腺癌的 CT 特征及预测模型的建立[J]. *中国辐射卫生*, 2023, 32(2): 171-175, 181. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.016.
- Zhang L, Shen WR, Zhang XM, et al. Computed tomography features and prediction model of stage-IA solitary nodular invasive mucinous lung adenocarcinoma[J]. *Chin J Radiol Health*, 2023, 32(2): 171-175, 181. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.016. (in Chinese)
- [36] Rizzo S, Radice D, Femia M, et al. Metastatic and non-metastatic lymph nodes: quantification and different distribution of iodine uptake assessed by dual-energy CT[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(2): 760-769. DOI: 10.1007/s00330-017-5015-5.
- [37] Cong MD, Yao HY, Liu H, et al. Development and evaluation of a venous computed tomography radiomics model to predict lymph node metastasis from non-small cell lung cancer[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(18): e20074. DOI: 10.1097/MD.00000000000020074.
- [38] Liu Y, Kim J, Balagurunathan Y, et al. Prediction of pathological nodal involvement by CT-based Radiomic features of the primary tumor in patients with clinically node-negative peripheral lung adenocarcinomas[J]. *Med Phys*, 2018, 45(6): 2518-2526. DOI: 10.1002/mp.12901.
- [39] Andersen MB, Harders SW, Ganeshan B, et al. CT texture analysis can help differentiate between malignant and benign lymph nodes in the mediastinum in patients suspected for lung cancer[J]. *Acta Radiol*, 2016, 57(6): 669-676. DOI: 10.1177/0284185115598808.
- [40] Sha X, Gong GZ, Qiu QT, et al. Discrimination of mediastinal metastatic lymph nodes in NSCLC based on radiomic features in different phases of CT imaging[J]. *BMC Med Imaging*, 2020, 20(1): 12. DOI: 10.1186/s12880-020-0416-3.
- [41] Zegadło A, Żabicka M, Kania-Pudło M, et al. Assessment of solitary pulmonary nodules based on virtual monochrome images and iodine-dependent images using a single-source dual-energy CT with fast kVp switching[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(8): 2514. DOI: 10.3390/jcm9082514.

(收稿日期: 2024-03-22)

欢迎订阅! 欢迎投稿!

《中国辐射卫生》

网站: [www.zgfsws.com](http://www.zgfsws.com)

邮箱: [redi@chinajournal.net.cn](mailto:redi@chinajournal.net.cn)

电话: 0531-59567177, 59567178