



· 论 著 ·

IQon能谱CT多参数定量评估肺癌淋巴结转移的诊断效能

何家伟, 程庆红, 祝丁丁, 盛 茂

合肥市第二人民医院(安徽医科大学附属合肥医院)影像中心, 安徽 合肥 230011

[摘要] 目的: 分析IQon能谱CT(IQon-spectral CT)多参数定量评估肺癌淋巴结转移的诊断效能。方法: 选取2021年1—6月在合肥市第二人民医院就诊且经病理学检查证实为非小细胞肺癌的86例患者为研究对象, 患者均接受IQon能谱CT动脉期及静脉期增强扫描, 并行肺癌切除及纵隔淋巴结清扫术, 共获得淋巴结143枚, 其中转移93枚, 未转移50枚。比较肺癌原发病灶与转移、未转移淋巴结的动脉期及静脉期能谱参数, 采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析能谱参数诊断肺癌淋巴结转移的临床价值。结果: 转移淋巴结与肺癌原发病灶动、静脉期各能谱参数比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。未转移淋巴结与肺癌原发病灶动、静脉期碘浓度(iodine concentration, IC)值, 标准化碘浓度(normalized iodine concentration, NIC)值, 能谱曲线斜率(the slope of the spectral Hounsfield unit curve, λ_H), 有效原子序数(effective atomic number, Eff-Z)参数比较, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。转移组与未转移组淋巴结动、静脉期IC值, NIC值, λ_H , Eff-Z参数比较, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。动脉期组NIC值的曲线下面积(area under curve, AUC)为0.823, 诊断淋巴结转移的灵敏度和特异度分别为65.48%、92.72%; 静脉期NIC值的AUC为0.882, 诊断淋巴结转移的灵敏度和特异度分别为84.72%、82.87%。静脉期NIC值诊断肺癌淋巴结转移的临床价值更高。结论: IQon能谱CT多参数定量对评估肺癌淋巴结转移具有一定的临床应用价值, 其中以NIC参数诊断效能最高, 可为肺癌患者术前淋巴结鉴别诊断及确定治疗方案提供重要依据。

[关键词] IQon能谱CT; 多参数定量; 肺癌; 淋巴结转移; 诊断效能

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2022.04.004

中图分类号: R734.2; R445.3 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2022)04-0367-05

Diagnostic efficiency of multi-parameter quantitative evaluation of IQon energy spectrum CT in lymph node metastasis of lung cancer HE Jiawei, CHENG Qinghong, ZHU Dingding, SHENG Mao (Department of Imaging, The Second People's Hospital of Hefei, Hefei Hospital Affiliated to Anhui Medical University, Hefei 230011, Anhui Province, China)

Correspondence to: SHENG Mao E-mail: maosheng.424@163.com

[Abstract] **Objective:** To analyze the diagnostic efficiency of IQon energy-spectral CT for quantitative multiparametric assessment of lymph node metastasis in lung cancer. **Methods:** A total of 86 patients treated in The Second People's Hospital of Hefei from January to June 2021 and pathologically confirmed as non-small cell lung cancer were selected as the research objects. All of patients underwent IQon-spectral CT arterial and venous phase enhanced scans, and lung cancer resection and mediastinal lymph node dissection were performed. A total of 143 lymph nodes were obtained, of which 93 were metastasized and 50 were not. The energy spectrum parameters of primary lung cancer and metastasis, non-metastasis lymph node in arterial and venous phase were compared, and receiver operating characteristic (ROC) curves were used to analyze the clinical value of the energy spectrum parameters in diagnosis of lung cancer lymph node metastasis. **Results:** There was no significant difference in energy spectrum parameters between metastatic lymph nodes and primary lung cancer lesions in the arterial and venous phases ($P>0.05$). There was a statistically significant difference in the iodine concentration (IC) value, normalized iodine concentration (NIC) value, the slope of the spectral Hounsfield unit curve (λ_H) and effective atomic number (Eff-Z) parameters between the non-metastatic lymph nodes and the primary lung cancer lesions in the arterial and venous phases ($P<0.05$). There was a statistically significant difference in the lymph node IC value, NIC value, λ_H and Eff-Z parameters between the metastatic group and the non-metastatic group in the arterial

基金项目: 中国红十字2021医学赋能—领航菁英科研项目基金(XM_HR_YXFN_2021_05_19)

通信作者: 盛 茂 E-mail: maosheng.424@163.com

and venous phase ($P < 0.05$). Area under curve (AUC) of the NIC value in the arterial phase group was 0.823, and the sensitivity and specificity for diagnosing lymph node metastasis were 65.48% and 92.72%, respectively; the AUC of the NIC value in venous phase was 0.882, the sensitivity and specificity for diagnosing lymph node metastasis were 84.72% and 82.87%, respectively. The venous phase NIC value has the highest clinical value in the diagnosis of lung cancer lymph node metastasis. **Conclusion:** IQon-spectral CT multi-parameter quantification has certain clinical application value in the evaluation of lung cancer lymph node metastasis. Among them, the NIC value has the highest diagnostic efficiency, which can provide an important basis for the preoperative lymph node differential diagnosis and designing treatment plan of lung cancer patients.

[**Key words**] IQon energy spectrum CT; Multi-parameter quantification; Lung cancer; Lymph node metastasis; Diagnostic efficacy

肺癌是发生于支气管黏膜上皮的恶性肿瘤, 其发病率和死亡率在全世界范围内逐年增长, 极大地威胁着人们的生命与生活质量。非小细胞肺癌占肺癌的75%~80%, 侵袭性强, 病情进展迅速, 但其临床症状较为隐匿, 患者出现症状并确诊为肺癌时往往已发生癌细胞转移^[1]。目前临床治疗肺癌多采用以化疗为主的综合治疗方案, 其中TNM分期是肺癌制订分期、诊疗方案以及评估治疗效果的决定性因素。肺癌患者出现淋巴结转移是肺癌国际TNM分期的核心指标, 术前确定患者是否出现淋巴结转移对治疗决策和预后具有重要影响^[2]。目前X线平片主要用于胸部疾病的筛查, 对肿瘤性疾病的定性诊断及淋巴结转移诊断方面提供的价值有限; 淋巴结穿刺活检术在一定程度上可作为鉴别诊断肺癌患者淋巴结转移的金标准, 但该方法为有创的检测手段, 增加了患者手术风险^[3]。CT具备良好的空间及密度分辨率, 可多方位直观且清晰地显示病灶的位置、大小和形态等特征, 明显提高肺内病灶的发现率及诊断准确度。IQon能谱CT是另一种双能CT技术, 采用双层探测器, 可实现同时、同源、同向的数据采集, 患者可在1次常规扫描中获得常规CT图像和能谱图像, 为临床诊断提供更多定量指标及分析工具^[4-5]。本研究采用荷兰Philips公司的IQon能谱CT机多参数定量评估肺癌淋巴结转移的诊断效能, 为肺癌术前判断转移性淋巴结提供更多的定量依据。

1 资料和方法

1.1 研究对象

选取2021年1—6月于合肥市第二人民医院就

诊且经病理学检查证实为非小细胞肺癌的86例患者为研究对象, 所有患者均接受IQon能谱CT动脉期及静脉期增强扫描, 并行肺癌切除及纵隔淋巴结清扫术。本研究经医院伦理委员会许可。纳入标准: ①病理学检查明确为非小细胞肺癌; ②IQon能谱CT检查前未进行肺原发肿瘤和淋巴结放疗; ③淋巴结短径 > 7 mm; ④转移性淋巴结均经病理学检查诊断为非小细胞肺癌转移; ⑤IQon能谱CT图像清晰, 无明显运动伪影; ⑥患者及家属均知情同意本研究。排除标准: ①淋巴结有钙化或液化坏死; ②淋巴结太小无法准确测量者; ③IQon能谱CT图像淋巴结标注与手术清扫淋巴结表示对应关系不明确者; ④合并严重慢性感染、肺感染、肺水肿者; ⑤合并血液系统疾病及肝肾功能不全者; ⑥合并意识模糊、肢体功能障碍者。86例患者中男性54例, 女性32例, 年龄40~85岁, 平均 (62.35 ± 10.28) 岁, 鳞癌33例, 腺癌53例。共获得淋巴结143枚, 其中转移93枚, 未转移50枚。

1.2 检查方法

采用荷兰Philips公司的IQon能谱CT机对患者进行能谱CT扫描。患者仰卧在检查台上, 双臂置于头顶上方, 在深吸气结束时屏气状态下采集图像, 扫描方向从头部到足部, 扫描范围从上胸口到膈肌水平, 覆盖所有肺组织。所有患者均进行动脉期和静脉期双期增强扫描。扫描条件: 电压为高低能量(140 keV和80 keV)、低能瞬时切换(< 0.5 ms), 矩阵 512×512 , 视野为 40 cm \times 40 cm, 层厚5 mm, 层间距5 mm, 机架旋转时间0.6 s。经肘静脉注射碘对比剂(碘佛醇320 mg/mL), 注射速率为2.5 mL/s。动、静脉期增强模式扫描分别在注射

后25、55 s进行,获得动、静脉期图像。光谱CT获得图像,进行光谱重建以获得光谱基数据(spectral base images, SBI),能谱分析数据全部发送到能谱专用工作站进行分析。能谱分析参数包括:①碘浓度(iodine concentration, IC)值;②标准化IC(normalized IC, NIC)值;③能谱曲线斜率(the slope of the spectral Hounsfield unit curve, λ_H),在重建的单能量图像中,选取40 keV与100 keV为参考点, $\lambda_H = (\text{CT值}_{40 \text{ keV}} - \text{CT值}_{100 \text{ keV}}) / 60$;④有效原子序数(effective atomic number, Eff-Z)。

1.3 统计学处理

本研究数据均采用SPSS 21.0软件进行分析,符合正态分布的计量数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示,肺癌原发病灶与转移、未转移淋巴结、静脉期能谱参

数的比较采用 t 检验,所有计数数据均以 $n(\%)$ 表示,组间数据的比较采用 χ^2 检验,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析能谱参数诊断肺癌淋巴结转移的临床价值, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 转移淋巴结与肺癌原发病灶间能谱参数比较

本研究中肺癌原发病灶共86例,纳入淋巴结共143枚,转移淋巴结93枚,均行能谱定量参数分析,结果显示转移淋巴结与肺癌原发病灶动、静脉期各能谱参数比较差异均无统计学意义($P > 0.05$,表1)。

表1 转移淋巴结与肺癌原发病灶间能谱参数比较

能谱参数	动脉期			静脉期		
	转移淋巴结	原发病灶	P 值	转移淋巴结	原发病灶	P 值
IC/(mg·mL ⁻¹)	18.66 ± 1.75	18.02 ± 2.86	0.075	20.10 ± 1.06	19.44 ± 5.06	0.237
NIC/(mg·mL ⁻¹)	0.21 ± 0.01	0.21 ± 0.04	1.000	0.42 ± 0.02	0.41 ± 0.13	0.481
λ_H	2.75 ± 0.71	2.76 ± 0.74	0.927	2.23 ± 0.84	2.15 ± 0.73	0.495
Eff-Z	8.52 ± 0.06	8.55 ± 0.15	0.085	8.65 ± 0.07	8.70 ± 0.25	0.075

2.2 未转移淋巴结与肺癌原发病灶间能谱参数比较

本研究肺癌原发病灶共86例,纳入淋巴结共143枚,未转移淋巴结50枚,均行能谱定量参数分析,结果显示未转移淋巴结与肺癌原发病灶动、静脉期能谱参数比较差异有统计学意义($P < 0.05$,表2)。

2.3 转移组与未转移组能谱参数比较

本研究纳入淋巴结共143枚,其中转移淋巴结93枚,未转移淋巴结50枚,均行能谱定量参数分析,结果显示转移组与未转移组淋巴结动、静脉期IC值, NIC值, λ_H , Eff-Z参数比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$,表3)。

表2 未转移淋巴结与肺癌原发病灶间能谱参数比较

能谱参数	动脉期			静脉期		
	未转移淋巴结	原发病灶	P 值	未转移淋巴结	原发病灶	P 值
IC/(mg·mL ⁻¹)	19.38 ± 5.10	15.31 ± 5.03	<0.001	22.06 ± 1.87	17.61 ± 4.23	<0.001
NIC/(mg·mL ⁻¹)	0.23 ± 0.05	0.16 ± 0.06	<0.001	0.46 ± 0.12	0.36 ± 0.07	<0.001
λ_H	1.29 ± 0.42	2.17 ± 0.26	<0.001	1.68 ± 0.31	2.64 ± 0.50	<0.001
Eff-Z	8.70 ± 0.09	8.53 ± 0.31	<0.001	8.75 ± 0.12	8.54 ± 0.27	<0.001

表3 转移组与未转移淋巴结能谱参数比较

能谱参数	动脉期			静脉期		
	转移淋巴结	未转移淋巴结	P值	转移淋巴结	未转移淋巴结	P值
IC/ (mg·mL ⁻¹)	18.66 ± 1.75	19.38 ± 5.10	<0.001	20.10 ± 1.06	22.06 ± 1.87	<0.001
NIC/ (mg·mL ⁻¹)	0.21 ± 0.01	0.23 ± 0.05	<0.001	0.42 ± 0.02	0.46 ± 0.12	0.002
λ_H	2.75 ± 0.71	1.29 ± 0.42	<0.001	2.23 ± 0.84	1.68 ± 0.31	<0.001
Eff-Z	8.52 ± 0.06	8.70 ± 0.09	<0.001	8.65 ± 0.07	8.75 ± 0.12	<0.001

2.4 ROC曲线分析能谱参数诊断肺癌淋巴结转移的临床价值

ROC曲线分析结果显示, 动脉期组NIC值的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为0.823, 诊断淋巴结转移的灵敏度和特异度分

别为65.48%、92.72%; 静脉期NIC值的AUC为0.882, 诊断淋巴结转移的灵敏度和特异度分别为84.72%、82.87%。静脉期NIC值诊断肺癌淋巴结转移的临床价值最高 (表4, 图1)。

表4 ROC曲线分析能谱参数诊断肺癌淋巴结转移的临床价值

参数	动脉期				静脉期			
	IC	NIC	λ_H	Eff-Z	IC	NIC	λ_H	Eff-Z
约登指数	0.402	0.563	0.419	0.383	0.429	0.667	0.575	0.550
临界值	19.16	0.22	1.97	8.55	20.21	0.45	2.36	8.69
灵敏度/%	69.00	65.48	62.13	69.00	81.75	84.72	75.73	84.82
特异度/%	72.13	90.72	80.16	69.23	61.45	82.87	82.88	70.00
AUC	0.774	0.823	0.789	0.740	0.811	0.882	0.846	0.780

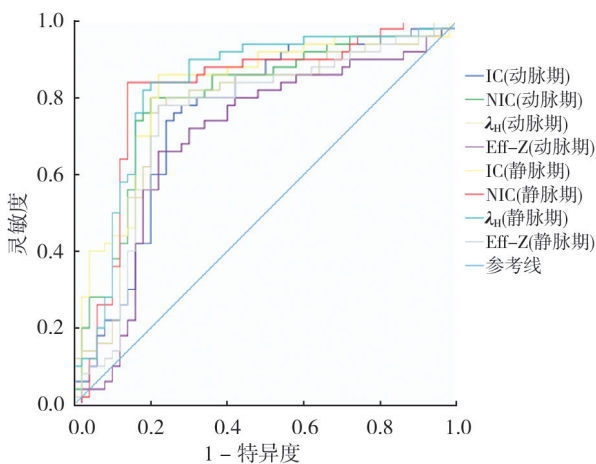


图1 IQon能谱CT评估肺癌淋巴结转移动脉期IC、NIC、 λ_H 、Eff-Z的ROC曲线

3 讨论

在肺癌诊断中, 术前准确分期尤其是纵隔淋

巴结分期与治疗决策及预后密切相关, 淋巴结转移是肺癌患者主要的转移途径之一, 影像学检查多根据淋巴结形态改变判断是否出现淋巴结转移, 但准确度较低^[6-7]。胸腔镜手术和支气管内超声等评估手段可明确诊断, 但因系侵入性手段有引起严重并发症的风险, 因此需要一种更为准确的非侵入性检查方法用于纵隔淋巴结转移的诊断。

IQon能谱CT为近年来CT研究热点, 其具有独特的双层探测器设计及较丰富的成像技术, 可同时提供常规图像和能谱图像, 可提供40~140 keV的101个单能量图像、物质分离图像、能谱曲线及Eff-Z等参数, 定量测量各基物质对的浓度, 在肿瘤的检出、定性和鉴别诊断中显示出较大的优势^[8-9]。IQon能谱CT不仅能获得清晰的图像, 有助于放射科医师根据影像学特征诊断疾病, 而且能反映物质和组织结构的特点, 有

助于疾病的定性和鉴别诊断。IQon能谱CT成像可产生基于碘和水的物质分离图像,由于碘和水原子序数跨度较大,可形成较大的衰减差异从而可以更直观地揭示物质的衰减图像^[10-11]。不同能量水平CT值反映了淋巴结在不同能量水平下的质量吸收系数,而 λ_H 曲线反映了质量吸收系数与能量变化的关系,因此可以利用 λ_H 曲线来区分不同化学成分的病变^[12-13]。基于IQon能谱CT成像原理及技术支持,有学者^[14]将其用于鉴别肺癌病理学类型,结果显示,腺癌平扫40~65 keV钙-水浓度、 λ_H 、Eff-Z数值均大于鳞癌,动脉期40~65 keV IC数值腺癌亦大于鳞癌。此外还有学者^[15]研究发现,转移性淋巴结和非转移性淋巴结在短轴直径、动静脉期 λ_H 、IC数值方面差异均有统计学意义。

本研究对转移淋巴结和原发病灶增强扫描动、静脉期能谱参数进行比较发现,转移淋巴结与肺癌原发病灶在动、静脉期各能谱参数比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),说明转移淋巴结和原发病灶具有同源性,肿瘤细胞从原发病灶脱落侵入血管或淋巴管,通过细胞增殖和血管生成在适当的部位形成转移,结构与原发病灶类似,因此两者能谱参数基本一致。未转移淋巴结与肺癌原发病灶在动、静脉期IC值, NIC值, λ_H , Eff-Z参数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),提示两者不具有同源性,可能因为未转移淋巴结可能是炎症、结核等病因引起。转移组与未转移组淋巴结在动、静脉期IC值, NIC值, λ_H , Eff-Z参数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$), ROC曲线分析结果显示,静脉期NIC值诊断肺癌淋巴结转移的AUC为0.882,诊断淋巴结转移的灵敏度和特异度分别为84.72%、82.87%,可为CT形态学诊断淋巴结转移基础上提供重要补充依据。

综上所述, IQon能谱CT多参数定量对评估肺癌淋巴结转移具有一定的临床应用价值,其中以NIC参数诊断效能最高,可为肺癌患者术前淋巴结鉴别诊断及确定治疗方案提供重要依据。

【参 考 文 献】

- [1] JEONG J H, CHOI P J, YI J H, et al. Lymph node metastasis after spontaneous regression of non-small cell lung cancer [J]. Korean J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 52(2): 119-123.
- [2] MORISHITA Y, SUZUKI S, HASEGAWA S, et al. A patient using an airway stent for tracheal stenosis caused by mediastinal lymph node metastasis after surgery for tongue cancer [J]. Jpn J Oral Maxillofac Surg, 2019, 65(2): 67-71.
- [3] ITO H, TAJIRI T, HIRAIWA S I, et al. A case of rare cutaneous metastasis from advanced pancreatic cancer [J]. Case Rep Oncol, 2020, 13(1): 49-54.
- [4] SUETA D, UTSUNOMIYA D, IZUMIYA Y, et al. Novel assessment of retrospective on-demand analysis of venous thromboembolism by dual-layer spectral-detector CT [J]. J Cardiol Cases, 2018, 18(3): 88-91.
- [5] LI B J, POMERLEAU M, GUPTA A, et al. Accuracy of dual-energy CT virtual unenhanced and material-specific images: a phantom study [J]. AJR Am J Roentgenol, 2020, 215(5): 1146-1154.
- [6] 赵蒙蒙, 张磊, 陈昶. 非小细胞肺癌淋巴结转移规律和清扫的研究与实践进展 [J]. 中国医师进修杂志, 2019, 42(7): 585-589.
- [7] 张娇, 赖远阳, 孙盈, 等. 非小细胞肺癌淋巴结转移与临床病理特征及预后的关系 [J]. 现代肿瘤医学, 2019, 27(18): 3238-3241.
- [8] 杨雯, 荣萍, 辛小燕, 等. 能谱CT虚拟平扫代替常规平扫应用于肺部占位性病变诊疗中的可行性 [J]. 实用癌症杂志, 2021, 36(2): 280-282.
- [9] RATANAPRASATPORN L, UYEDA J W, WORTMAN J R, et al. Multimodality imaging, including dual-energy CT, in the evaluation of gallbladder disease [J]. Radiographics, 2018, 38(1): 75-89.
- [10] MECH P, MAKOWSKI M, KAWIAK A, et al. When biomolecules meet 2-hydrizinopyrazine: from theory through experiment to molecular levels using a wide spectrum of techniques [J]. RSC Adv, 2020, 10(67): 40673-40688.
- [11] CHANG M C. Urinary iodine concentration and thyroid peroxidase antibodies in the Korean population using Korea national health and nutrition examination survey VI [J]. Int J Thyroidol, 2020, 13(2): 155-164.
- [12] 张夏, 赵雯, 韩丹, 等. 能谱曲线对甲状腺癌与颈部转移淋巴结相关性的价值 [J]. 中国医学影像学杂志, 2018, 26(7): 505-508.
- [13] 徐汝建, 石平, 孙兴龙, 等. 能谱曲线斜率在能谱CT平扫中应用的可行性研究 [J]. 川北医学院学报, 2018, 33(5): 741-743.
- [14] 闫凤全. 能谱CT在肺癌病理分型中的应用价值分析 [J]. 现代诊断与治疗, 2019, 30(15): 2627-2628.
- [15] 李永军, 刘涛, 张辉, 等. 能谱CT成像对非小细胞肺癌患者淋巴结转移的诊断价值分析 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2020, 28(1): 83-87.

(收稿日期: 2022-04-29 修回日期: 2022-07-03)