论著

CT能谱成像技术在评 估结直肠癌病灶周围 淋巴结术前转移的临 床价值

刘 岩* 王 萌 冷 磊 申吉山 项 坤 夏洪波 唐山职业技术学院附属医院影像科 (河北唐山 063000)

【摘要】目的 探究CT能谱成像技术在评估结直肠 癌(CRC)病灶周围淋巴结术前转移的临床价值。方 法 选取2021年5月至2023年5月干影像科进行CT检 查且经病理证实的CRC患者104例,经检查共纳入 131枚淋巴结,其中转移性淋巴结79枚,非转移性 淋巴结52枚。利用CT能谱成像技术进行扫描分析, 比较两种淋巴结短径、形态学差异、动脉期与静脉 期碘浓度(IC)、标准化碘浓度(NIC)和斜率(λнυ)等能 谱参数,绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估CT能 谱参数对淋巴结转移的诊断效能。结果 CRC病灶周 围转移性淋巴结的轴位短径、矢状位短径和冠状位 短径均大于非转移性淋巴结(P<0.05);转移性淋巴 结边缘模糊、有聚集和强化不均的占比均高于非转 移性淋巴结(P<0.05);转移性淋巴结动脉期与静脉 期IC、NIC和λнυ均低于非转移性淋巴结(P<0.05); 经ROC曲线分析,CT能谱成像参数对淋巴结转移诊 断具有一定应用价值(P<0.05),动脉期IC、NIC及静 脉期NIC诊断效能最高,AUC分别为0.894、0.895、 0.892,敏感度分别为91.14%、86.08%、93.67%, 特异度分别为73.08%、82.69%、76.92%。结论 CT 能谱成像可鉴别非转移性淋巴结与转移性淋巴结短 径和形态学差异,CT能谱参数可较为准确地判断 CRC患者病灶周围淋巴结术前转移情况。

【关键词】CT能谱成像技术;结直肠癌; 淋巴结术前转移;临床价值 【中图分类号】R574.63 【文献标识码】A DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.043

Clinical Value of CT Energy Spectrum Imaging Technology on Evaluating Preoperative Lymph Node Metastasis around Colorectal Cancer Lesions

LIU Yan^{*}, WANG Meng, LENG Lei, SHEN Ji-shan, XIANG Kun, XIA Hong-bo.

Department of Imaging, Affiliated Hospital of Tangshan Vocational and Technical College, Tangshan 063000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the clinical value of CT energy spectrum imaging technology on the evaluation of preoperative lymph node metastasis around colorectal cancer (CRC) lesions. *Methods* 104 patients with CRC who underwent CT examination in imaging department and were confirmed by pathology were selected between May 2021 and May 2023. 131 lymph nodes were included in the examination, including 79 metastatic lymph nodes and 52 non-metastatic lymph nodes. CT energy spectrum imaging technology was used for scanning analysis, and energy spectrum parameters such as short diameter, morphological difference, iodine concentration (IC), normalized iodine concentration (NIC) and slope (λ_{HU}) of arterial phase and venous phase were compared between the two types of lymph nodes, and receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficiency of CT energy spectrum parameters on lymph node metastasis. Results The axial, sagittal and coronal short diameters of metastatic lymph nodes around CRC lesions were longer than those of non-metastatic lymph nodes (P<0.05). The proportions of blurred margin, aggregation and uneven enhancement of metastatic lymph nodes were higher than those of non-metastatic lymph nodes (P<0.05). The IC, NIC and λ_{HU} of arterial phase and venous phase of metastatic lymph nodes were lower than those of non-metastatic lymph nodes (P<0.05). According to ROC curve analysis, CT energy spectrum imaging parameters had certain application value in the diagnosis of lymph node metastasis (P<0.05). The diagnostic efficiency of IC and NIC in arterial phase and NIC in venous phase was the highest, with AUCs of 0.894, 0.895 and 0.892, sensitivities of 91.14%, 86.08% and 93.67% and specificities of 73.08%, 82.69% and 76.92% respectively. Conclusion CT energy spectrum imaging can distinguish the short diameter and morphological difference between non-metastatic lymph nodes and metastatic lymph nodes, and CT energy spectrum parameters can accurately judge the preoperative lymph node metastasis around lesions in patients with CRC.

Keywords: CT Energy Spectrum Imaging Round Colorectal Cancer Lesions; Colorectal Cancer; Preoperative Lymph Node Metastasis; Clinical value

近年来,随着生活方式的改变,结直肠癌(colorectal cancer, CRC)发病率和死亡 率逐年上升^[1]。大多数CRC始于异常隐窝,随后发展为良性腺瘤性息肉,最终发展为 癌症,过程预计持续10年~15年^[2],CRC很大程度上是一种无症状的疾病,多数患者出 现相关症状时癌症已发展到中晚期^[3]。淋巴结转移是CRC患者术后复发和死亡的重要原 因,因此,准确预测及诊断CRC患者淋巴结转移具有重大意义^[4]。随着科技发展,CT能 谱成像技术逐渐应用于临床,此技术可提供更多关于组织成分和代谢信息的定量数据, 在CRC病灶周围淋巴结术前转移的诊断中具有潜在应用价值^[5],但相关临床研究较少, 基于此,本研究探讨了CT能谱成像技术在评估CRC病灶周围淋巴结术前转移的临床价 值,旨在对临床利用该技术制定个体化治疗方案、决定手术清扫范围及评估预后提供数 据参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料选取2021年5月至2023年5月于我院影像科进行CT检查且依据诊疗规范^[6] 证实为CRC的患者。

纳入标准:未接受抗肿瘤治疗;在我院建档立卡,并接受治疗;依从性好,签署知情同意书。排除标准:淋巴结直径小于4 mm;对比剂过敏者;图像质量不符合研究标准。共纳入104例患者,男性55例,女性49例,年龄27岁~76岁,平均年龄(61.89±12.16)岁,[期39例、II期34例、III期20例、IV期11例。104例患者共发现112个原发病灶,其中位于直肠51个、升结肠19个、横结肠13个、降结肠7个、乙状结肠12个、回盲部10个。共纳入131枚淋巴结,其中非转移性淋巴结52枚,转移性淋巴结79枚。本研究经伦理委员会审批。

1.2 方法 检查前一日患者均进行肠道清洁,检查当日禁食4~6 h,扫描前15 min口服 1000 mL阴性对比剂,取患者仰卧位,采用CT扫描仪(GE Revolution)对患者进行全腹部 平扫,采用高压注射器以3 mL/s流率肘静脉注射碘海醇[上海司太立制药有限公司,国药 准字H20203257,规格: 100 mL: 35 g(I)]增强扫描对比剂1.5 mL/kg,对患者横膈顶至 双侧耻骨联合下缘进行增强扫描。腹主动脉监测阈值为100HU,动脉期扫描结束30 s后行

静脉期扫描,管电压为140 kVp和80 kVp,螺距0.8,转速0.6 s/r, 以5 mm层厚及层间距进行图像重建。

1.3 图像分析 图像分析均在ADW4.6后处理工作站进行,打开动、静脉期原始数据,将感兴趣淋巴结分为非转移性淋巴结组 与转移性淋巴结组,通过多平面重建技术记录两组淋巴结的数 量、形态学特征,测量感兴趣淋巴结各个方位的短径,在非转 移性淋巴结和转移性淋巴结区域最大层面勾画直径小于5mm的 圆形感兴趣区(region of interest, ROI),由工作站自动测量计 算ROI动、静脉期碘浓度(iodine concentration, IC)、标准化 碘浓度(normalized iodine concentration, NIC, NIC=病灶IC/ 同层腹主动脉或者髂动脉IC)、能谱曲线斜率λ_{HU}[λ_{HU}=(CT_{40keV}-CT_{100keV})/60]。所有病灶的ROI均测量3次取平均值。以上图像分 析均由2位资深影像科医师共同完成。

1.4 统计学方法 研究数据均由SPSS 20.0分析整合。服从正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间淋巴结短径比较、CT能谱成像参数采用t检验,计数资料以(%)表示,组间淋巴结形态学比较用 x^2 检验,诊断学分析采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评价指标为曲线下面积(area under curve,AUC)、95%可信区间(95%CI)、敏感度、特异度及约登指数。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 淋巴结短径比较转移性淋巴结组的轴位短径、矢状位短径和冠状位短径均大于非转移性淋巴结组(P<0.05),见表1。

表1非转移性淋巴结与转移性淋巴结最大短径比较(cm)

组别	个数	轴位短径	矢状位短径	冠状位短径
非转移性淋巴结组	52	0.83±0.17	0.76 ± 0.13	0.78±0.14
转移性淋巴结组	79	1.18 ± 0.21	1.17 ± 0.19	1.15 ± 0.20
t		10.616	13.598	11.594
Р		<0.001	<0.001	<0.001

2.2 淋巴结形态学比较转移性淋巴结组边缘模糊、有聚集和强化不均的占比均高于非转移性淋巴结组(P<0.05),见表2。

2.3 淋巴结CT能谱成像参数比较非转移性淋巴结组动脉期和静脉期IC、NIC与λ_{HU}均高于转移性淋巴结组(P<0.05),见表3。

2.4 ROC曲线分析CT能谱成像参数对淋巴结转移的诊断效能 经ROC曲线分析,CT能谱成像参数对淋巴结转移诊断具有一定 应用价值(P<0.05),其中动脉期IC、NIC及静脉期NIC诊断效能最 高,AUC分别为0.894、0.895、0.892,敏感度分别为91.14%、 86.08%、93.67%,特异度分别为73.08%、82.69%、76.92%。 见表4、图1。

2.5 典型病例 患者女,58岁,便血、腹痛3月余,增强CT显示: 乙状结肠-直肠上段肠壁不均匀增厚并明显强化,其旁可见不均 匀强化淋巴结,见图2A,碘基图表现略高密度,摄碘率较低,见 图2B、图2C;患者男,60岁,便血1月余,肠镜显示直肠中上段 癌,增强CT显示:直肠上动脉走行区小淋巴结,见图3A,碘基图 表现高密度,摄碘率较高,见图3B、图3C。

表2 非转移性淋巴结与转移性淋巴结形态学比较(例,%)

组别	个数	边缘		有无聚集		强化		
		清晰	模糊	有	无	均匀	不均匀	
非转移性淋巴结组	52	35(67.31)	17(32.69)	11(21.15)	41(78.85)	32(61.54)	20(38.46)	
转移性淋巴结组	79	28(35.44)	51(64.56)	35(44.30)	44(55.70)	23(29.11)	56(70.89)	
x ²		12.755		7.376		13.536		
Р		<0.001		0.006		<0.001		

表3 非转移性淋巴结与转移性淋巴结CT能谱成像参数比较

组别	个数	动脉期			静脉期		
		IC(mg/mL)	NIC	λ _{Ηυ}	IC(mg/mL)	NIC	λ_{HU}
非转移性淋巴结组	52	30.09±7.25	0.27±0.06	3.22±0.84	31.21±7.33	0.59±0.13	3.51±0.92
转移性淋巴结组	79	21.73±4.16	0.18 ± 0.04	2.26±0.41	24.51±5.49	0.41 ± 0.08	2.48±0.46
t		8.375	10.308	8.714	5.972	9.813	8.481
Р		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

	表4 CT能谱成像参数对淋巴结转移的诊断效能									
参数		截断值	AUC(95%CI)	敏感度(%)	特异度(%)	约登指数	Р			
动脉期	IC(mg/mL)	27.11	0.894(0.828~0.941)	91.14	73.08	0.642	< 0.001			
	NIC	0.22	0.895(0.830~0.942)	86.08	82.69	0.688	< 0.001			
	λ_{HU}	2.64	0.875(0.805~0.926)	86.08	84.62	0.707	<0.001			
静脉期	IC(mg/mL)	27.02	0.826(0.750~0.886)	78.48	76.92	0.554	< 0.001			
	NIC	0.51	0.892(0.826~0.939)	93.67	76.92	0.706	< 0.001			
	λ_{HU}	3.13	0.849(0.776~0.906)	94.94	69.23	0.642	< 0.001			



图1 CT能谱成像参数诊断淋巴结转移的ROC曲线



图2A 乙状结肠-直肠上段肠壁不均匀增厚并明显强化,其旁可见不均匀强化淋巴结; 图2B-图2C 碘基图表现略高密度,摄碘率较低。 图3A 直肠上动脉走行区小淋巴结; 图3B-图3C 碘基图表现高密度,摄碘率较高。

3 讨 论

CRC是世界第四大致命癌症^[7],研究表明,病灶周围淋巴结 术前转移会降低CRC患者5年生存率,因此,CRC的早期诊断在延 长生存周期方面具有重要意义^[8]。CT是诊断CRC淋巴结转移情况 的主要策略,其优势在于侵入性小于结肠镜检查,不需要镇静或 麻醉,并发症发生率低,对于有传统结肠镜检查禁忌证的患者相 对安全^[9],与传统CT相比,CT能谱成像技术优势在于高通量计算 可以从ROI中提取大量反映病变固有异质性的定量特征,清楚地 显示患者病灶大小、形态等有效信息及淋巴结转移情况,已广泛 应用于临床诊断、疗效评价、预后评价等方面^[10]。Chen等人^[11] 探究了CT能谱成像技术在检测CRC淋巴结转移方面的价值,研究 表明CT能谱成像参数可有效评估淋巴结有无转移,为临床手术中 需清扫淋巴结的范围和数量提供了良好的影像学诊断依据。

本研究中,CT能谱成像显示转移性淋巴结组的轴位短径、矢 状位短径和冠状位短径均大于非转移性淋巴结组(P<0.05),转移 性淋巴结组边缘模糊、有聚集和强化不均的占比均高于非转移性 淋巴结组(P<0.05),说明CRC病灶周围淋巴结形态特征存在显著 差异。转移性淋巴结是指癌细胞通过淋巴途径进入淋巴结并定植 引起转移的情况,而当肿瘤进展到淋巴结转移阶段时,通常表明 肿瘤已相对较大,淋巴结内癌细胞数量较多,从而导致转移性淋 巴结内部结构改变、纤维包膜破坏,从而引起淋巴结可能导致淋 巴结内部结构改变、纤维包膜破坏,从而引起淋巴结边缘模糊, 淋巴结内癌细胞常呈聚集形式,密度高于正常淋巴结组织,这可 能引起淋巴结不规则增厚和局部血供改变,因而在CT增强扫描 中,转移性淋巴结可能呈现明显的异质性强化特征^[13],本研究结 果证实了以上观点,因此推测淋巴结边缘模糊、簇状聚集及强化 不均匀等形态学特征对于鉴别转移性淋巴结具有重要参考价值。

碘浓度可并间接反映淋巴结毛细血管密度和血供特点^[14],本 研究数据表明,转移性淋巴结组在动、静脉期的IC和NIC值均显 著低于非转移性淋巴结组(P<0.05),可能是由于淋巴组织髓质中 因癌细胞入侵而出现坏死,摄碘能力降低,能谱曲线可反映组织 内CT值的变化情况,每种组织类型都有其特征能谱曲线λ_{HU}^{15]}。 本研究中,转移性淋巴结组的动脉期和静脉期能谱曲线λ_{HU}^{15]}。 本研究中,转移性淋巴结组的动脉期和静脉期能谱曲线λ_{HU}均低于 非转移性淋巴结组(P<0.05),究其原因可能在于转移性淋巴结中 由于癌细胞浸润导致组织异质性增加,与非转移性淋巴结在物质 构成上产生较大差异^[16]。经ROC曲线分析,CT能谱成像参数对淋 巴结转移诊断具有一定应用价值,其中以动脉期IC、NIC及静脉 期NIC诊断效能最高,AUC分别为0.894、0.895、0.892,与覃秘 等人^[17]研究结果相似,说明碘含量的直接测定能够更为直观地呈 现肿瘤病灶周围淋巴结的组织异质性,采用能谱CT碘含量定量测 定技术可提升CRC病灶周围淋巴结术前转移的诊断率。 综上所述,CT能谱成像可鉴别非转移性淋巴结与转移性淋巴 结短径和形态学差异,CT能谱参数可较为准确地判断CRC患者病 灶周围淋巴结术前转移情况,值得临床推广使用。

参考文献

- [1] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68 (6): 394-424.
- [2] Dekker E, Tanis PJ, Vleugels J, et al. Colorectal cancer [J]. Lancet, 2019, 394 (10207): 1467-1480.
- [3]Li J, Ma X, Chakravarti D, et al. Genetic and biological hallmarks of colorectal cancer[J]. Genes Dev, 2021, 35 (11-12): 787-820.
- [4]Li M, Zhang J, Dan Y, et al. A clinical-radiomics nomogram for the preoperative prediction of lymph node metastasis in colorectal cancer[J]. J Transl Med, 2020, 18 (1): 46.
- [5]李晓凤,庄羽翔,傅浪舟,等.能谱CT容积定量参数鉴别结直肠癌病理类型的价值 [J].陆军军医大学学报,2022,44(18):1881-1886.
- [6] 中华医学会肿瘤学分会,国家卫生健康委员会医政司.中国结直肠癌诊疗规范(2023 版)[J].协和医学杂志,2023,14(4):706-733.
- [7] Sninsky JA, Shore BM, Lupu GV, et al. Risk factors for colorectal polyps and cancer [J]. Gastrointest Endosc Clin N Am, 2022, 32 (2):195-213.
- [8]杨雷,唐洋. CT、MRI检查在评估老年直肠癌患者淋巴结转移中的临床价值对比[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43 (10): 2369-2372.
- [9] Jain S, Maque J, Galoosian A, et al. Optimal strategies for colorectal cancer screening [J]. Curr Treat Options Oncol, 2022, 23 (4): 474-493.
- [10] Suzuki C, Wallgren H, Abraham-Nordling M, et al. Preoperative CT-based predictive factors for resectability and medium-term overall survival in patients with peritoneal carcinomatosis from colorectal cancer[J]. Clin Radiol, 2018, 73 (8): 711-756.
- [11] Chen WB, Shi QQ, Li ZM, et al. Diagnostic value of spiral CT energy spectrum imaging in lymph node metastasis of colorectal cancer[J]. Int J Colorectal Dis, 2022, 37 (9): 2021-2029.
- [12] Yukimoto R, Uemura M, Tsuboyama T, et al. Efficacy of PET/CT in diagnosis of regional lymph node metastases in patients with colorectal cancer: retrospective cohort study [J]. BJS Open, 2022, 6 (4): 79-85.
- [13]张瑜,侯炜寰,张广文,等.增强CT的形态学特征在预测结直肠癌淋巴结转移中的价 值研究[J].临床放射学杂志,2020,39(10):2018-2022.
- [14]Li R, Li J, Wang X, et al. Detection of gastric cancer and its histological type based on iodine concentration in spectral CT[J]. Cancer Imaging, 2018, 18 (1): 42-45.
- [15]Yang Z, Zhang X, Fang M, et al. Preoperative diagnosis of regional lymph node metastasis of colorectal cancer with quantitative parameters from dual-energy CT[J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 213 (1): 17-25.
- [16] 万幸,赵心竹,罗敏,等.结直肠癌双层探测器光谱CT成像:转移性与非转移性淋巴结的对照研究[J].放射学实践,2021,36(12):1543-1547.
- [17] 覃秘,刘满荣,龚莫锋,等. CT能谱成像在结直肠癌术前N分期评估中的价值[J].中 国临床医学影像杂志,2023,34(6):419-422.

(收稿日期: 2024-03-18) (校对编辑: 翁佳鸿)