·腹部影像学 ·

基于双层探测器光谱 CT 定量参数分析直肠癌生物学特征

王莉莉,郑文霞,贾应梅,陈杏彪,魏照坤,马小梅,崔雅琼,马颖,杨大雄,黄刚

【摘要】 目的:探讨双层探测器光谱 CT 定量参数与直肠癌脉管神经侵犯等病理特征之间的关系, 筛选诊断脉管神经侵犯的最佳双层探测器光谱 CT 定量参数和最佳扫描期相。方法:前瞻性将 2020 年 6月-2021年1月在本院行双层探测器光谱 CT 双期扫描且经手术病理证实的 70 例直肠癌患者纳入 本研究。分析直肠癌动脉期和静脉期的光谱 CT 参数,包括 120 kVp 图像(PI)、40 keV 虚拟单能级图像 (VMI)和虚拟平扫(VNC)图像上的 CT 值、无水碘密度、标准化碘密度(NIC)和有效原子序数(Eff-Z)。 脉管神经侵犯、肿瘤分化程度及淋巴结转移情况经病理检测获得。采用独立样本 t 检验比较动脉期和 静脉期各项光谱 CT 参数在直肠癌不同病理特征分组间的差异。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析 光谱 CT 参数对脉管神经侵犯等病理特征的诊断效能。结果:动脉期无水碘密度、NIC 和 Eff-Z 在血管 侵犯组和未侵犯组之间,以及在淋巴管侵犯组和未侵犯组之间的差异均有统计学意义($P{<}0.05$)。血 管侵犯组和淋巴管侵犯组的静脉期 CT 值40 keV-VMI、无水碘密度、NIC 和 Eff-Z 均分别高于血管未侵犯组 和淋巴管未侵犯组,组间差异均有统计学意义(P < 0.05)。静脉期 Eff-Z 在有和无神经侵犯组、不同分 化程度组及有和无淋巴结转移组之间比较,差异均有统计学意义(P < 0.05)。动脉期无水碘密度、CT 值40 kev-VMI、NIC 和 Eff-Z 评价直肠癌淋巴管浸润的 AUC 分别为 0.74、0.69、0.75 和 0.74,评价直肠癌血 管侵犯的 AUC 分别为 0.73、0.68、0.75 和 0.75;静脉期无水碘密度、CT 值40 keV-VMI、NIC 和 Eff-Z 评价淋 巴管浸润的 AUC 分别是 0.68、0.68、0.75 和 0.74,评价直肠癌血管浸润的 AUC 分别是 0.71、0.76、0.76、 0.72。结论:光谱 CT 定量参数对直肠癌脉管侵犯具有较好的诊断效能,静脉期是反映直肠癌神经侵 犯、分化程度及淋巴结转移的最佳期相,光谱 CT 可作为术前评估直肠癌生物学行为的一种无创的影像 学检查方法。

【关键词】 光谱 CT; 直肠肿瘤;标准化碘密度;脉管神经浸润;有效原子序数 【中图分类号】R735.3;R814.42 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2022)12-1555-06 DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.12.016 开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of biological characteristics of rectal cancer based on quantitative parameters obtained by duallayer detector spectral CT WANG Li-li, ZHEN Wen-xia, JIA Ying-mei, et al. Department of Radiology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730030, China

(Abstract) Objective: To investigate the relationship between quantitative parameters of duallayer detector spectral CT and pathological features such as vascular nerve invasion in rectal cancer, and to explore the optimal parameters and scan phase for diagnosis of vascular nerve invasion. Methods: A total of 70 patients with rectal cancer who underwent spectral CT scan from June 2020 to January 2021 were included. The spectral CT parameters including CT value on 120kVp polyenergetic image (PI),40keV virtual monoenergetic images (VMI) and virtual non-contrast (VNC) images, anhydrous iodine density, normalized iodine density (NIC) and Eff-Z at arterial and venous phases of rectal cancer were measured. Vascular nerve invasion, tumor differentiation and lymph node metastasis were obtained by pathological examination. Independent sample *t*-test was used to compare the differences of spectral CT parameters between arterial phase and venous phase in different pathological features of rectal cancer. Receiver operating characteristic curve (ROC) was used to analyze the diagnostic



作者简介:王莉莉(1984-),女,甘肃通渭人,硕士研究生,副主任医师,主要从事腹盆部影像学诊断工作。

通讯作者:黄刚,E-mail:keen0999@163.com

基金项目:甘肃省青年基金计划项目(20JR5RA143);甘肃省人民医院院内基金(20GSSY4-45)

efficacy of spectral CT parameters for pathological features such as vascular nerve invasion. Results: There were significant differences (all $P \le 0.05$) in anhydrous iodine density, NIC and Eff-Z in arterial phases between the vascular invasion group and the non-vascular invasion group, as well as between the lymphatic invasion group and the non-lymphatic invasion group. The CT value on 40keV VMI (CT_{40keV-VMI}), anhydrous iodine density, NIC and Eff-Z of vascular-invasion group and lymphatic-invasion group in venous phases were significantly higher than those of non-vascular-invasion group and non-lymphatic-invasion group (all $P \le 0.05$). Eff-Z in venous phase showed significant difference in different pathological states of nerve invasion, lymph node metastasis and differentiation degree (all $P \leq$ 0.05). In arterial phase, the area under curve (AUC) of anhydrous iodine density, $CT_{40keV-VMI}$, NIC and Eff-Z in evaluating lymphatic infiltration of rectal cancer was 0.74,0.69,0.75 and 0.74, respectively; and the AUC of the four parameters for evaluating vascular invasion was 0.73, 0.68, 0.75 and 0.75, respectively. In the venous phase, the AUC of the four parameters for diagnosis of lymphatic infiltration was 0.68, 0.68, 0.75 and 0.74, respectively; and in evaluating vascular invasion, the AUC was 0.71, 0.76,0.76 and 0.72, respectively. Conclusion: Spectral CT has good diagnostic efficacy in the diagnosis of vascular invasion of rectal cancer. Venous phase is the optimal period phase to reflect the degree of nerve invasion, differentiation and lymph node metastasis. Spectral CT can be used as a non-invasive imaging examination method to evaluate the biological behavior of rectal cancer before surgery.

[Key words] Spectral CT; Dual-layer detector; Rectal cancer; Standardized iodine density; Neurovascular infiltration; Effective atomic number

直肠癌是最常见的消化系统恶性肿瘤之一,据 2018年世界卫生组织/国际癌症中心团队最新统计数 据显示,直肠癌的死亡率和发病率分别居全球癌症死 亡和发病的第2位和第3位^[1],在我国的病死率和发 病率分别为10.9/10万和23.7/10万^[2-3]。根据美国国 立综合癌症网络(National Comprehensive Cancer Network,NCCN) 指南,直肠癌的低分化程度、脉管浸 润、神经侵犯和切缘阳性都是影响患者生存和预后的 病理特征,其中脉管浸润不仅是侵袭性行为的生物学 表现,也是评价直肠癌术后复发的高危因素和判断术 后治疗效果的良好指标^[4-5]。尽管 MRI 对术前判别大 于 3 mm 的脉管是否存在浸润有较高的准确性,但无 法评估微小的脉管浸润;其次,由于术前直肠活检取材 有限,无法全面评估病变组织的脉管及神经侵犯。因 此,对直肠癌脉管侵犯的准确评价目前仍比较困 难^[6-8]。探索能在术前预测直肠癌脉管神经侵犯的影像 生物标记物,早期预测直肠癌的侵袭性和预后情况,具 有重要的临床意义。本文通过对比分析动脉期和静脉 期光谱 CT 定量参数在有或无脉管神经侵犯和淋巴结 转移组及不同分化程度组之间的差异,旨在探讨光谱 CT 定量参数在直肠癌预后评估中的临床应用价值。

材料与方法

1. 临床资料

前瞻性将 2020 年 6 月-2021 年 1 月本院连续收 治的直肠癌患者纳入观察,最终将符合本研究要求的 70 例直肠癌患者纳入本研究。其中,男 41 例,女 29 例,年龄 35~70岁,平均(50.1±16.2)岁。纳入标准: ①病理证实的直肠癌患者,在术前 1 周完成光谱 CT 检查;②在 CT 检查前无放疗或化疗等病史;③术后临 床资料和病理资料完整。排除标准:①图像伪影大或 肿瘤较小无法测量;②术后病理证实为腺瘤、间质瘤及 炎症;③肿瘤位于直肠与乙状结肠交界区;④直肠癌复 发者。所有患者已签署知情同意书。

2.光谱 CT 扫描方法

使用 Philips IQon Spectrcal CT 机,常规行动、静脉期增强扫描。注射对比剂碘克沙醇(320 mg I/mL),剂量 1.0 mL/kg,注射流率 3.0 mL/s,动脉期和静脉期延迟时间分别为 20 和 60~70 s。扫描参数:扫描范围为髂棘至耻骨联合下缘水平,120 kVp,自动管电流调制技术,螺距 0.969,0.5 s/r,矩阵 512×512,准直器宽度 64×0.625 mm。一次扫描同时获得两组图像,分别是厚层常规混合能量图像和薄层光谱图像。常规混合能量采用迭代重建算法,层厚和层间距均为5.0 mm;薄层光谱图像的层厚 0.9 mm,层间距0.7 mm。经后处理后得到常规 120 kVp 混合能量图像(polyenergetic image,PI)、虚拟平扫(virtual non-contrast images,VNC)图像、40keV 虚拟单能量图(virtual monoenergetic images,VMI)、无水碘密度图和有效原子序数(Eff-Z)图等。

3. 光谱数据分析

将动脉期和静脉期常规 120 kV PI 和光谱图像传

至 Philips IntelliSpace Portal 星云工作站,在常规混 合能量 120 kVp PI 和光谱基图像上在病灶内勾画 ROI,ROI 面积为 35~55 mm²,避开非肿瘤区、水肿区 及血管结构。测量得到 120 kVp PI、VNC 图像及 40 keV-VMI上病灶的 CT 值、无水碘密度和 Eff-Z 等 定量参数;测得的病灶碘密度除以同层面髂动脉的碘 密度即为标准化碘密度(normalized iodine density, NIC),在测量髂动脉碘密度时应注意避开血管壁的动 脉硬化斑块(图 1)。

4.病理及免疫组化检查

采用 BenChmark-XT 罗氏仪器及免疫组化方法 检测脉管神经侵犯情况。由两位病理专家对免疫组化 染色结果进行判断,判断结果不一致时经协商达成一 致意见。诊断标准:①血管腔内发现癌细胞即可判定 为血管浸润阳性;②淋巴管内皮标记物免疫组化染色 显示淋巴管内皮细胞的胞浆内和(或)胞膜上可见清晰 的棕黄色或棕褐色颗粒为阳性表达;③如观察到肿瘤 侵犯至神经周围且至少累及 33%的神经周径,或者肿 瘤细胞侵及神经外膜、神经鞘膜和神经内膜的任何一 层,即判定为神经侵犯阳性,反之为阴性。

5.统计学分析

使用 SPSS 23.0 软件对所有测量数据进行统计分 析。比较光谱 CT 各参数在不同病理及免疫组化特征 组之间的差异。首先对各变量的数据进行正态分布检 验,结果显示数据均符合正态分布,两组间比较采用独 立样本 t 检验。利用 ROC 曲线分析动脉期和静脉期 光谱 CT 定量参数对脉管神经侵犯的诊断效能。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 病理和免疫组化结果

70 例直肠癌患者中,中高分化组 61 例,低分化组 9 例;血管侵犯阳性组 48 例,血管侵犯阴性组 22 例; 淋巴管侵犯阳性组 59 例,淋巴管侵犯阴性组 11 例;神 经侵犯阳性组 40 例,神经侵犯阴性组 30 例;有淋巴结 转移组 49 例,无淋巴结转移组 21 例。

2.光谱 CT 定量参数值及组间比较

动脉期和静脉期直肠癌不同分化程度组和不同脉 管神经侵犯组之间能谱 CT 定量参数值及组间比较结 果见表 1~5。

动脉期:无水碘密度、CT值_{40 keV-VMI}、NIC和Eff-Z 在脉管侵犯组与无脉管侵犯组之间的差异有统计学意 义(P<0.05);CT值_{PI}和CT值_{VNC}在脉管侵犯组与无 脉管侵犯组之间的差异无统计学意义(P<0.05);各 项光谱CT参数值在有和无神经侵犯组、中高分化组 与低分化组以及有和无淋巴结转移组之间的差异均无 统计学意义(P>0.05)。

静脉期:无水碘密度、CT值40 keV-VMI、NIC和Eff-Z



图 1 男,74岁,直肠中段中分化腺癌伴有血管、淋巴管和神经侵犯。a)120 kVp PI,直肠癌病灶的 CT 值约 88 HU;b)40 keV VMI,直肠癌病灶的 CT 值约 174.7 HU,碘强化效果和图像的密度分辨率较 PI 提高;c) VNC 图像,直肠癌的 CT 值为 43 HU;d)碘密度图像,测得直肠癌的碘密度为 1.53 mg/mL,髂动脉的碘密度 约 2.96 HU,计算两者的比值,得到 NIC;e)无水碘密度图,显示同层面直肠癌的无水碘密度值为 1.53 mg/ mL;f)Eff-Z 伪彩图,测得直肠癌的有 Eff-Z 值为 8.28。

表1 不同分化程度组双期光谱 CT 参数值的比较

参数	动脉期分化程度		, <i>1</i> ±	DK	静脉期分化程度		, 15	D #
	中高分化	低分化	して且	「但	中高分化	低分化	し祖	「但
CT 值 _{PI} /HU	64.78 ± 13.13	66.15 ± 16.88	0.20	0.85	62.57 ± 9.25	66.08 ± 5.96	0.74	0.46
CT 值 _{40keV-VMI} /HU	118.97 ± 40.07	127.82 ± 35.35	0.43	0.67	115.52 ± 25.03	129.62 ± 13.05	1.10	0.28
CT 值 _{VNC} /HU	39.85 ± 6.26	39.20 ± 5.19	-0.20	0.84	37.77 ± 5.22	38.33 ± 4.76	0.21	0.84
无水碘密度/mg/mL	0.97 ± 0.46	1.04 ± 0.41	0.27	0.78	0.94 ± 0.28	1.05 ± 0.12	0.75	0.46
NIC	0.08 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.31	0.76	0.31 ± 0.11	0.32 ± 0.02	0.27	0.79
Eff-Z	7.87 ± 0.52	7.87 ± 0.52	0.09	0.93	7.24 ± 0.29	7.92 ± 0.05	1.25	0.00

表 2 有和无血管侵犯组双期光谱 CT 参数值的比较

参数	动脉期		, <i>l</i> t		静脉期		, <i>l</i> k	
	侵犯组	无侵犯组		「但	侵犯组	无侵犯组	して胆	「仙
CT 值 _{PI} /HU	64.55 ± 14.03	60.15 ± 10.27	-1.029	0.31	62.72 ± 9.67	58.99 ± 8.87	-1.21	0.23
CT 值 _{40keV-VMI} /HU	120.48 ± 41.67	99.38 ± 30.12	-1.665	0.10	122.02 ± 25.21	98.86 ± 16.22	-3.07	0.00
CT 值 _{VNC} /HU	39.16 ± 5.97	40.73 ± 5.71	0.82	0.42	37.26 ± 4.99	37.99 ± 4.99	0.45	0.66
无水碘密度/mg/mL	0.99 ± 0.48	0.63 ± 0.32	-1.78	0.04	0.33 ± 0.12	0.26 ± 0.08	-1.94	0.03
NIC	0.09 ± 0.03	0.06 ± 0.03	-3.11	0.00	0.32 ± 0.10	0.23 ± 0.05	-2.94	0.00
Eff-Z	7.91 ± 0.55	7.51 ± 0.19	-1.85	0.04	7.81 ± 0.27	7.62 ± 0.28	-2.13	0.04

表 3 有和无淋巴管侵犯组双期光谱 CT 参数值的比较

参数	动脉期		1 <i>l</i> 5	口店	静脉期		· /5	口店
	侵犯组	无侵犯组	ι μ	1 小肚	侵犯组	无侵犯组	l III	1 111
CT 值 _{PI} /HU	62.54 ± 9.60	59.25 ± 10.05	-1.33	0.19	62.54 ± 9.60	59.22 ± 9.22	-1.04	0.30
CT 值 _{40keV-VMI} /HU	120.72 ± 41.56	98.72 ± 30.14	-1.74	0.09	121.01 ± 25.54	99.85 ± 16.45	-2.67	0.01
CT 值 _{VNC} /HU	39.52 ± 6.18	39.76 ± 5.277	0.13	0.90	37.39 ± 4.98	37.70 ± 5.09	0.18	0.86
无水碘密度/mg/mL	0.98 ± 0.47	0.53 ± 0.32	-1.79	0.01	0.33 ± 0.12	0.27 ± 0.08	-1.60	0.12
NIC	0.09 ± 0.03	0.06 ± 0.03	-3.19	0.00	0.24 ± 0.06	0.32 ± 0.10	-2.57	0.01
Eff-Z	7.91 ± 0.56	7.52 ± 0.19	-1.82	0.04	7.80 ± 0.27	7.22 ± 0.29	-1.97	0.03

表 4 有和无神经侵犯组双期光谱 CT 参数值的比较

参数	动脉期神经侵犯		, <i>I</i> t	D /Ł	静脉期神经侵犯		, <i>l</i> t	D /Ł
	侵犯组	无侵犯组	l III	1 1匪	侵犯组	无侵犯组	し但	「但
CT 值 _{PI} /HU	63.88 ± 13.58	62.21 ± 12.54	-0.41	0.69	60.92 ± 8.75	63.04 ± 10.88	0.73	0.47
CT 值 _{40keV-VMI} /HU	116.84 ± 40.34	110.21 ± 39.34	-0.53	0.60	117.43 ± 25.39	112.39 ± 25.23	-0.66	0.52
CT 值 _{VNC} /HU	39.31 ± 5.72	40.18 ± 6.41	0.47	0.64	36.96 ± 4.01	38.37 ± 6.33	0.94	0.35
无水碘密度/mg/mL	0.96 ± 0.46	0.84 ± 0.44	-0.84	0.41	0.30 ± 0.12	0.32 ± 0.12	0.67	0.51
NIC	0.09 ± 0.03	0.07 ± 0.03	-1.40	0.17	0.31 ± 0.09	0.29 ± 0.11	-0.73	0.47
Eff-Z	7.86 ± 0.78	7.76 ± 0.26	-0.64	0.53	7.85 ± 0.16	7.60 ± 0.37	-3.16	0.00

表 5 有和无淋巴结转移组双期光谱 CT 参数值的比较

参数	动脉期		, <i>i</i> t	D /k	静脉期		, <i>i</i> t	D /4
	侵犯组	无侵犯组	して且	Γ ΊL	侵犯组	无侵犯组	<i>l</i> 但	「山
CT 值 _{PI} /HU	64.71 ± 13.43	65.11 ± 13.44	0.10	0.92	61.60 ± 8.52	64.44 ± 9.54	1.04	0.30
CT 值 _{40keV-VMI} /HU	119.78 ± 38.24	119.78 ± 41.70	0.00	0.99	116.65 ± 25.90	116.99 ± 23.20	0.05	0.96
CT 值 _{VNC} /HU	39.69 ± 5.59	39.92 ± 6.86	0.12	0.91	37.27 ± 4.67	38.48 ± 5.69	0.78	0.44
无水碘密度/mg/mL	0.97 ± 0.42	0.98 ± 0.49	0.07	0.94	0.93 ± 0.29	0.97 ± 0.27	0.50	0.62
NIC	0.08 ± 0.04	0.08 ± 0.03	-0.60	0.55	0.31 ± 0.11	0.29 ± 0.07	-0.41	0.68
Eff-Z	7.96 ± 0.68	7.80 ± 0.28	1.06	0.30	7.84 ± 0.16	7.66 ± 0.37	-2.22	0.03

在有和无脉管侵犯组之间的差异均有统计学意义 (P<0.05);而CT值PI和CT值_{VNC}在有和无血管侵 犯组及有和无淋巴管侵犯组之间的差异均无统计学意 义(P>0.05)。仅Eff-Z在有和无神经侵犯组、不同分 化程度组以及有和无淋巴结转移组之间的差异有统计 学意义(P<0.05)。

ROC 曲线分析结果显示:动脉期无水碘密度、CT 值40 keV-VMI、NIC 和 Eff-Z 评价直肠癌淋巴管浸润的最 佳阈值分别为 0.06、100、0.05 和 7.62, AUC 分别为 0.74、0.69、0.75 和 0.74;评价直肠癌血管侵犯的最佳 阈值分别为 0.06、100、0.06 和 7.70,AUC 分别为0.73、 0.68、0.75 和 0.75。静脉期无水碘密度、CT 值_{40 keV-VMI}、NIC 和 Eff-Z 评价淋巴管浸润的阈值分别 为 0.28、99.43、0.24 和 7.79,AUC 分别为 0.68、0.68、 0.75和 0.74;评价直肠癌血管浸润的阈值分别为 0.27、 99.55、0.24 和 7.78,AUC 分别为 0.71、0.76、0.76 和 0.72(图 2)。



图 2 光谱 CT 定量参数预测直肠癌脉管侵犯的 ROC 曲线。a)动脉期无水碘密度、CT 值_{40keV-VMI}、NIC 和 Eff-Z 预测血管浸润的 AUC 分别为 0.68、0.68、0.75 和 0.74;b)动脉期无水碘密度、CT 值_{40keV-VMI}、NIC 和 Eff-Z 预测淋巴管浸润的 AUC 分别为 0.71、0.76、0.76 和 0.72;c)静脉期无水碘、CT 值_{40keV-VMI}、NIC 和 Eff-Z 预测 直肠癌血管侵犯的 AUC 分别为 0.73、0.68、0.75 和 0.75;d)静脉期无水碘、CT 值_{40keV-VMI}、NIC 和 Eff-Z 预测直 肠癌淋巴管浸润的 AUC 分别为 0.74、0.69、0.75 和 0.74。

讨 论

新型双层探测器光谱 CT 是基于探测器端实现能 谱技术的 CT 设备,其独特的双层探测器设计能对单 一千伏扫描时的高、低能量进行分离和解析,无需额外 扫描,就能同时得到常规图像和能谱图像,数据的采集 实现了同时、同源、同向和同步^[9]。有效减少患者的照 射剂量,提高图像的信噪比。获得的能谱图像可测量 CT 值40keV-VMI、CT 值VNC、无水碘密度和 Eff-Z 等多种 定量参数。40~60 keV VMI 可以提高碘对比剂的强 化效果,提高图像的密度分辨率。VNC 是基于碘物质 的识别,通过去除 CT 增强图像上的碘强化效果而获 得的图像,测得的 CT 值与真实平扫接近,因此可替代 CT 平扫,从而降低检查过程中的辐射剂量。由于常 规增强图像的碘密度值对肿瘤血供的评估准确性不够 高[10],为了消除因个体循环和对比剂不同造成的差 异,本研究中采用了 NIC,即病灶内碘密度与同层面髂 动脉碘密度的比值,这一概念在既往关于双能量成像 的文献中已得到认同[11]。而无水碘密度图是一种水 样组织被识别和抑制,从而增强显示各种含碘物质的 图像。Eff-Z 是人体化合物或混合物所对应的有效原 子序数,如水的 Zeff 通常为 7.4~7.5。

肿瘤脉管浸润包括血管浸润和淋巴管浸润,是指 在脉管内存在肿瘤细胞簇或单个肿瘤细胞,或指肿瘤 细胞破坏淋巴管壁和血管壁,也称脉管侵犯^[12]。研究 表明肿瘤在淋巴结内生长的前体可能是由于癌细胞通 过淋巴管或小静脉的扩散造成的,且直肠癌脉管浸润 时通常具有更高的侵袭性和更差的预后^[13]。而判断 脉管浸润的标准是通过免疫组化染色将血管的内皮细 胞层染成棕褐色,若在棕褐色的管腔中出现了癌细胞 即判断为血管侵犯,若肿瘤组织的淋巴管内有癌巢提 示淋巴管内有侵犯^[14]。本研究结果显示静脉期无水 碘密度、CT值40keV-VMI、NIC和Eff-Z对判断肿瘤脉管 侵犯有统计学意义(P<0.05)。分析原因,笔者认为 无水碘密度、CT值40keV-VMI和NIC均是反映组织内含 碘量的参数,直肠癌脉管侵犯时,肿瘤内新生血管扩 张、管腔不规则、分支紊乱、管壁内皮细胞不成熟而通 透性高、新生血管壁薄、没有或者只有游离的周细胞和 疏松的基底膜等,当肿瘤侵犯脉管时,管壁进一步破 坏,故对比剂外渗增加,肿瘤组织内及新生血管内对比 剂易滞留。因此,脉管侵犯组的肿瘤内碘含量增加,用 于评价肿瘤强化程度的无水碘密度、CT值40 keV-VMI和 NIC可间接反映肿瘤内血管生长和脉管浸润情况。

有研究表明碘密度较 CT 值能更客观直接地反映 肿瘤的血供和血管生成情况^[15],与本研究得到的结果 一致,本研究结果显示 NIC 在直肠癌脉管侵犯组与未 侵犯组之间的差异有统计学意义(P < 0.05),而 CT 值_{PI}和 CT 值_{VNC}在两组间的差异无统计学意义(P > 0.05)。由于 NIC 能真正反映组织的强化特点,较 CT 值_{PI}和 CT 值_{VNC}能更准确反映肿瘤强化和脉管侵犯情 况。同时本研究结果显示,脉管侵犯阳性组的 CT 值_{PI} 和 CT 值_{VNC}明显大于阴性组,既往亦有文献报道双层 探测器光谱 CT 测量的 CT 值_{40keV-VMI}不仅能够提高对 胰腺导管癌和肝脏乏血供肿瘤的诊断效能^[16-17],且在 对胰腺及胸部病变的观察方面 40 keV VMI 图像质量 优于 120 kVp PI^[18-19]。

万幸等^[20]认为双层探测器光谱 CT 成像中动脉 期的碘密度及能谱曲线斜率对术前预测结直肠癌淋巴 结转移具有一定价值。Liu 等^[21]的研究显示静脉期 NIC 判断直肠癌淋巴结转移更有价值,本研究结果亦 显示静脉期 NIC 在判断脉管浸润方面明显优于动脉 期 NIC。分析原因笔者认为恶性肿瘤新生血管网丰富 但欠成熟、血管脆性大,因此血流量、血容量和血管通 透性明显增加。静脉期较动脉期除了采集时间不一致 外,还可能与静脉期中病灶的强化是血管内增强和血 管外空间对比剂渗透两种因素共同作用的结果^[22],故 静脉期 NIC 及无水碘密度能更准确地反映肿瘤组织 的强化情况。

Eff-Z 不同于 CT 值,其特点在于为每个像素加入 了物质成分的信息,光谱 CT 扫描获得的 Eff-Z 图用 色彩量化的方式反映 ROI 内所有物质的有效原子序 数值。既往研究认为双层光谱探测器 CT 扫描测得的 Eff-Z 可用于定性和定量分析肿瘤的物质成份^[23]。本 研究结果显示静脉期 Eff-Z 较动脉期能更准确地反映 直肠癌分化程度、脉管神经侵犯及淋巴结转移情况。 原因是病灶强化越明显,碘含量越高,由于碘的原子序 数值高,所以强化病灶的有效原子序数值就越高,这就 增加了强化病灶与周围组织的对比,有利于更敏感地 发现病灶及其对周围结构的侵犯,提高诊断准确性。

本研究存在以下不足之处:①为单中心和小样本 研究,可能存在选择偏倚;②本研究中部分直肠癌患者 肠道准备欠佳。③采用的是单个小 ROI 的勾画方法, 未测量整个病灶的数据,可能造成偏倚,影响数据测量 的准确性。

综上所述,双层探测器光谱 CT 定量参数可反映 组织微观结构的变化,从而能够较准确地反映直肠癌 的生物学特征,为临床提供直肠癌预后评估的影像生 物标记物。

参考文献:

- [1] Wilson C, Flight I, Zajac IT, et al. Web-based communication strategies designed to improve intention to minimize risk for colorectal cancer:randomized controlled trial[J/OL].JMIR Cancer,2018,4(1):e2-e9.DOI:10.2196/cancer.8250.
- [2] 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, 2018, 68(6): 394-424.
- [3] 王宁,刘硕,杨雷,等.2018 全球癌症统计报告解读[J/OL].肿瘤综合治疗电子杂志,2019,5:e87-e97.DOI:10.12151/JMCM.2019.01-10.
- [4] Benson ALB, Venook Alan P, Al-Hawary Mahmoud M, et al. Rectal cancer, Version 2. 2018, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J].JNCCN, 2018, 16(7):874-901.
- [5] Meguerditchian AN, Bairati I, Lagacé R, et al. Prognostic significance of lymphovascular invasion in surgically cured rectal carcinoma[J].Am J Surg, 2005, 189(6): 707-713.
- [6] Du CZ, Xue WC, Yong C, et al. Lymphovascular invasion in rectal cancer following neoadjuvant radiotherapy; a retrospective cohort study[J].WJG,2009,15(30);3793-3798.
- [7] Jhaveri KS, Hosseini-Nik H, Thipphavong S, et al. MRI detection of extramural venous invasion in rectal cancer: correlation with histopathology using elastin stain[J]. AJR, 2016, 206 (4): 747-

755.

- [8] Kim Y, Chung JJ, Yu JS, et al. Preoperative evaluation of lymphovascular invasion using high-resolution pelvic magnetic resonance in patients with rectal cancer: a 2-year follow-up study [J]. J Comput Assist Tomogr, 2013, 37(4):583-588.
- [9] 崔百强,马娅琼,王文娜.双层探测器光谱 CT 在肿瘤疾病的临床 应用进展[J].放射学实践,2022,37(7):904-909.
- [10] 王警建,李娜,王龙龙,等.能谱 CT 鉴别肺部炎性病变和肺癌的 临床价值[J].中国医学物理学杂志,2018,35(10):1164-1168.
- [11] 郑凌琳,田扬,杨亚英,等.标准化碘浓度在颈部鳞状细胞癌转移 淋巴结分化程度中的诊断价值[J].中国医学影像学杂志,2016, 24(6):437-440.
- [12] Lim SB, Yu CS, Jang SJ, et al. Prognostic significance of lymphovascular invasion in sporadic colorectal cancer[J]. Dis Colon Rectum, 2010, 53(4): 377-384.
- [13] Stacker SA, Achen MG, Jussila L, et al. Lymphangiogenesis and cancer metastasis[J].Nat Rev Cancer, 2002, 2(8):573-583.
- [14] 王莉莉,和建伟,黄刚,等.直肠癌弥散峰度成像与 D2-40、CD31、 S-100 及肿瘤细胞增殖指数的相关性研究[J].磁共振成像, 2017,8(5):349-353.
- [15] Masahiko A, Yoshihiro T, Yuichiro N, et al. Correlation between tumor size and blood volume in lung tumors: a prospective study on dual-energy gemstone spectral CT imaging[J].J Radiat Res, 2014,55(5):917-923.
- [16] Nagayama Y,Nakaura T,Oda S, et al.Dual-layer detector CT of chest,abdomen, and pelvis with a one-third iodine dose: image quality, radiation dose, and optimal monoenergetic settings [J/OL]. Clin Radiol, 2018, 73 (12): e21-e29. DOI: 10.1016/j. crad. 2018.08.010.
- [17] Nagayama Y, Tanoue S, Oda S, et al. Metal artifact reduction in head CT performed for patients with deep brain stimulation devices.effectiveness of a single-energy metal artifact reduction algorithm[J].AJNR,2020,41(2):231-237.
- [18] 徐嘉旭,严福华,韩群,等.双层探测器光谱CT 胰腺动态增强 40keV 虚拟单能量图像优化窗口设置研究[J].中华放射学杂志, 2020,54(7):665-670.
- [19] Doerner J. Hauger M, Hickethier T, et al. Image quality evaluation of dual-layer spectral detector CT of the chest and comparison with conventional CT imaging[J].Eur J Radiol, 2017, 93(8); 52-58.DOI:10.1016/j.ejrad.2017.05.016.
- [20] 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.
- [21] Liu H, Yan F, Pan Z, et al. Evaluation of dual energy spectral CT in differentiating metastatic from non-metastatic lymph nodes in rectal cancer: Initial experience[J]. Eur J Radiol, 2015, 84 (2): 228-234.DOI:10.1016/j.ejrad.2014.11.016.
- [22] Pan Z, Pang L, Ding B, et al. Gastric cancer staging with dual energy spectral CT imaging [J/OL]. PloS One, 2013, 8 (2): e53651.DOI:10.1371/journal.pone.0053651.
- [23] 任海燕,甄艳华,郑加贺.双层光谱探测器 CT 临床应用与研究进 展[J].中国医学影像技术,2020,36(329):120-123.

(收稿日期:2022-05-12 修回日期:2022-08-05)