

论 著

能谱CT动态增强扫描指导胃癌病理侵犯评估的价值*

何芳芳^{1*} 陈鹏¹ 陈小华²

1.漯河市中心医院医学影像科

2.漯河市中心医院消化科 (河南漯河 462300)

【摘要】目的 探讨能谱CT动态增强扫描指导胃癌病理侵犯评估的价值。**方法** 选取2023年9月至2024年9月在本院经病理诊断的76例胃癌患者, 根据病理结果分为侵犯组(n=30)和未侵犯组(n=46)。比较两组患者的临床病理特征、能谱CT参数, 采用受试者工作特征曲线(ROC)分析能谱CT参数对胃癌病理侵犯的诊断效能。**结果** 侵犯组和未侵犯组关于肿瘤厚度、Lauren分型、Borrmann分型、淋巴结转移及远处转移等临床病理特征具有统计学差异($P<0.05$); 侵犯组和未侵犯组的平扫CT值无统计学差异($P>0.05$); 侵犯组关于动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP等能谱CT参数均高于未侵犯组($P<0.05$); ROC分析可见, 动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP以及联合检测对胃癌病理侵犯的AUC分别为0.736、0.744、0.638、0.707、0.732、0.723、0.802, 联合检测诊断胃癌病理侵犯的敏感度、特异度分别为93.33%、63.04%($P<0.05$)。**结论** 能谱CT的动脉期、门静脉期和延迟期的动态增强扫描对胃癌病理侵犯具有较高的评估作用。

【关键词】 能谱CT; 动态增强扫描; 胃癌; 病理侵犯

【中图分类号】 R735.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 河南省医学科技攻关计划(联合共建)项目(LHGJ20191407)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.036

Evaluation Value of Spectral CT Dynamic Enhanced Scan for Pathological Invasion in Gastric Cancer*

HE Fang-fang^{1*}, CHEN Peng¹, CHEN Xiao-hua².

1.Department of Medical Imaging, Luohe Central Hospital, Luohe 462300, Henan Province, China

2.Department of Digestive, Luohe Central Hospital, Luohe 462300, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the evaluation value of spectral CT dynamic enhanced scan for pathological invasion in gastric cancer. **Methods** A total of 76 patients pathologically confirmed with gastric cancer in the hospital were enrolled between September 2023 and September 2024. According to pathological results, they were divided into invasion group (n=30) and non-invasion group (n=46). The clinicopathological characteristics and spectral CT parameters in the two groups were compared. The diagnostic efficiency of spectral CT parameters for pathological invasion in gastric cancer was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** There were significant differences in clinicopathological characteristics (tumor thickness, Lauren classifications, Borrmann classifications, lymph node metastasis, distant metastasis) between the two groups ($P<0.05$), but there was no significant difference in CT values of plain scan ($P>0.05$). CT values in arterial, portal vein and delayed phases, nICAP, nICVP and nICDP in invasion group were higher than those in non-invasion group ($P<0.05$). ROC curves analysis showed that AUC values of CT values in arterial, portal vein and delayed phases, nICAP, nICVP, nICDP and combined detection for evaluating pathological invasion in gastric cancer were 0.736, 0.744, 0.638, 0.707, 0.732, 0.723 and 0.802, respectively. The sensitivity and specificity of combined detection were 93.33% and 63.04%, respectively ($P<0.05$). **Conclusion** The dynamic enhanced scan of spectral CT in arterial, portal vein and delayed phases has high evaluation effect on pathological invasion in gastric cancer.

Keywords: Spectral CT; Dynamic Enhanced Scan; Gastric Cancer; Pathological Invasion

胃癌是消化道发病率较高的恶性肿瘤, 诊断时通常处于晚期阶段, 具有死亡率高的特点^[1]。既往研究指出^[2-3], 胃癌病理侵犯程度与预后密切相关, 治疗阶段评估胃癌病理侵犯, 对患者预后效果具有重要临床意义。病理侵犯评估通常依赖于组织活检, 但活检过程可能具有侵入性且不易获取全面信息。能谱CT作为一种新兴的成像技术, 通过多能量数据采集和特征分析, 优化图像对比度和定量测量病变, 为临床提供更多胃癌分型和分期等临床信息, 具有非侵入性和高分辨率的诊断优势^[4]。近年来, 有研究指出^[5], 能谱CT碘基值与癌血管生成具有一定相关性, 逐渐被应用于肿瘤的评估。但针对胃癌病理侵犯相关评估的研究相对较少, 基于此, 本研究旨在探讨能谱CT动态增强扫描指导胃癌病理侵犯评估的价值, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 基线资料 选取2023年9月至2024年9月在本院经病理诊断的76例胃癌患者, 根据病理结果分为侵犯组(n=30)和未侵犯组(n=46)。

纳入标准: 符合胃癌相关诊断标准^[6], 且均接受病理诊断; 均接受能谱CT检查, 图像质量均为优、良标准。侵犯组纳入标准: 均经病理诊断, 诊断结果为神经侵犯、浆膜侵犯壁外血管侵犯或其他病理侵犯。排除标准: 心肺功能、肝肾功能严重异常; 对比剂过敏; 合并胃肠道其他疾病; 既往放、化疗史。

1.2 研究方法

1.2.1 收集临床病理特征 根据患者入院住院电子信息及实验室报告, 收集患者年龄、性别、病理检测肿瘤厚度、Lauren分型、Borrmann分型、分化程度、淋巴结转移、远处转移等临床病理指标。Lauren分型分为肠型、弥漫型、混合型^[7]; Borrmann分型分为I~IV型^[8]。

1.2.2 能谱CT检查方法 两组患者均接受能谱CT检查(生产厂家: 美国GE公司; 扫描条件: X线管旋转时间0.8s/周, 准直器宽度80mm, 扫描层厚5mm, 层间隔5mm, 自动毫安, 80~140kVp瞬间切换)。扫描前: 嘱患者禁水禁食10h。扫描时: (1)患者取仰卧位, 双上肢上举抱于头部两侧, 扫描范围: 膈顶至双肾下极水平。采用常规模式扫描平扫、动脉期、门静脉期与延迟期。(2)采用宝石能谱成像(gemstone spectral imaging, GSI)技术进行扫描, 将平扫、动脉期、门静脉期和延迟期进行增强扫描。增强扫描使用德国欧利奇高压注射器(自肘静脉流率均为5.0ml/s), 从外周静脉注射碘海醇对比剂

【第一作者】 何芳芳, 女, 副主任医师, 主要研究方向: 腹部诊断方向。E-mail: heffanG2001@163.com

【通讯作者】 何芳芳

(生产厂家：上海司太立制药有限公司；批准文号：国药准字H20203258；规格：320mg/ml)80-100ml，射入流速3.5ml/s，并立即采用30ml氯化钠水溶剂进行冲管(流速3.5ml/s)。对比剂启动后，30s行动脉期扫描，70s行门静脉期扫描，120s行延迟期扫描。扫描后：收集四期图像，利用GSI Viewer软件分析图像。选择最佳的keV值，在同层腹主动脉找到肿块实质部分，避开动脉壁斑块及其边缘部分，选取3个不同的层面的相同大小的感兴趣区(region of interest, ROI)，分别计算每位患者平扫CT值、动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值；根据标化碘基值=(病灶/主动脉)碘基值，获取动脉期标化碘基值(normalized iodine concentration at arterial phase, nICAP)、静脉期标化碘基值(normalized iodine concentration at venous phase, nICVP)和延迟期标化碘基值(normalized iodine concentration at delay phase, nICDP)。

CT检查结果由科内2名副主任医师进行独立评估，若存在分歧，由第3位副主任以上医师进行诊断。所有患者CT评估图像均满足无伪影或少量伪影，所有图像均满足优、良图像标准。

1.3 观察指标 比较侵犯组和未侵犯组临床病理特征、能谱CT参数(平扫CT值、动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP)；采用受试者工作特征曲线(ROC)分析能谱CT参数对胃癌病理侵犯的诊断效能。

1.4 统计学处理 采用SPSS 23.0统计学软件对本研究中纳入的患者数据资料进行分析整理，满足正态分布且方差齐的计量资料采用均数±标准差表示，采用两样本独立t检验比较不含时间因素的组间差异，计数资料用率表示，采用 χ^2 检验，采用ROC分析能谱CT参数对胃癌病理侵犯的诊断效能， $P<0.05$ 提示有统计学意义。

2 结果

2.1 侵犯组和未侵犯组的临床病理特征比较 侵犯组和未侵犯组关于肿瘤厚度、Lauren分型、Borrmann分型、淋巴结转移及远处转移等临床病理特征具有统计学差异($P<0.05$)，见表1。

2.2 侵犯组和未侵犯组的能谱CT参数比较 侵犯组和未侵犯组的平扫CT值无统计学差异($P>0.05$)；侵犯组关于动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP等能谱CT参数均高于未侵犯组($P<0.05$)，见表2。

表1 侵犯组和未侵犯组的临床病理特征比较(n, %)

临床病理指标	侵犯组(n=30)	未侵犯组(n=46)	t/ χ^2 值	P值
年龄				
≤60岁	9(30.00)	21(45.65)	1.862	0.172
>60岁	21(70.00)	25(54.35)		
性别				
男	16(53.33)	24(52.17)	0.010	0.921
女	14(46.67)	22(47.83)		
肿瘤厚度(mm)	15.34±1.56	12.23±1.02	10.521	<0.001
Lauren分型				
肠型	4(13.33)	35(76.09)	30.247	<0.001
弥漫型	8(26.67)	6(13.04)		
混合型	18(60.00)	5(10.87)		
Borrmann分型				
I型	0(0.00)	17(36.96)	64.192	<0.001
II型	2(6.67)	28(60.87)		
III型	21(70.00)	1(2.17)		
IV型	7(23.33)	0(0.00)		
分化程度				
高分化	12(40.00)	28(60.87)	3.172	0.075
中、低分化	18(60.00)	18(39.13)		
淋巴结转移				
有	19(63.33)	12(26.09)	10.430	<0.001
无	11(36.67)	34(73.91)		
远处转移				
有	17(56.67)	11(23.91)	8.372	0.004
无	13(43.33)	35(76.09)		

表2 侵犯组和未侵犯组的能谱CT参数比较(n)

组别	平扫CT值(HU)	动脉期CT值(HU)	门静脉期CT值(HU)	延迟期CT值(HU)	nICAP	nICVP	nICDP
侵犯组(n=30)	40.42±2.24	74.34±5.87	97.35±3.65	86.32±3.28	0.19±0.08	0.51±0.12	0.58±0.13
未侵犯组(n=46)	39.61±2.15	59.82±5.21	78.29±3.04	81.14±2.64	0.14±0.05	0.39±0.10	0.47±0.11
t值	1.579	11.294	24.667	7.591	3.357	4.722	3.964
P值	0.119	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001

表3 能谱CT参数对胃癌病理侵犯诊断效能的ROC曲线分析

指标	AUC	标准误	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)	截断值	P
动脉期CT值	0.736	0.044	0.651-0.822	76.67	73.91	67.23HU	<0.001
门静脉期CT值	0.744	0.043	0.660-0.828	86.67	76.09	84.64HU	<0.001
延迟期CT值	0.638	0.049	0.543-0.734	66.67	65.22	83.21HU	0.006
nICAP	0.707	0.048	0.612-0.802	70.00	69.57	0.16	<0.001
nICVP	0.732	0.045	0.645-0.820	83.33	73.91	0.42	<0.001
nICDP	0.723	0.048	0.630-0.816	73.33	71.74	0.51	<0.001
联合检测	0.802	0.038	0.728-0.877	93.33	63.04	-	<0.001

2.3 能谱CT参数对胃癌病理侵犯诊断效能的ROC曲线特征 ROC分析可见，动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP以及联合检测对胃癌病理侵犯的AUC分别为0.736、0.744、0.638、0.707、0.732、0.723、0.802，联合能谱CT参数检测诊断胃癌病理侵犯的敏感度、特异度分别为93.33%、63.04%($P<0.05$)。见表3和图1。

2.4 典型病理影像图图像表现 患者：女，76岁，胃癌IV期，肿瘤位于胃体-胃窦部，病变侵犯至邻近肠管、大网膜及腹壁，图

2~3为能谱CT扫描动脉期图像，图4~5为静脉期图像，图6~7为延迟期图像。

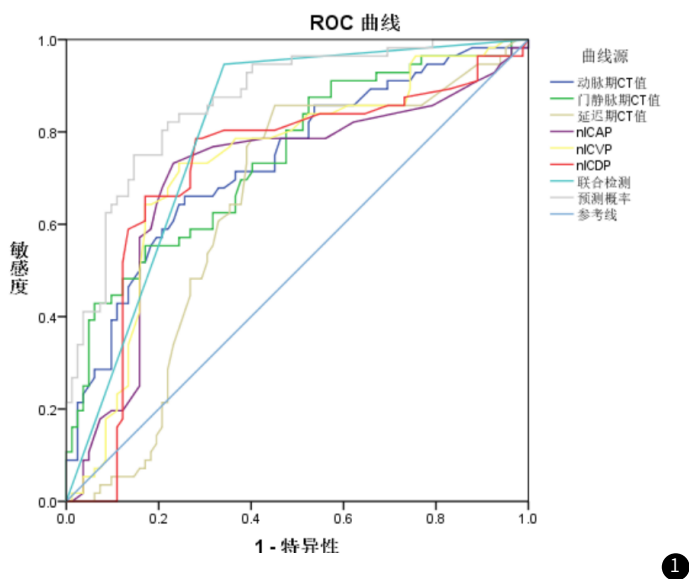


图1 能谱CT参数对胃癌病理侵犯诊断效能的ROC曲线特征。

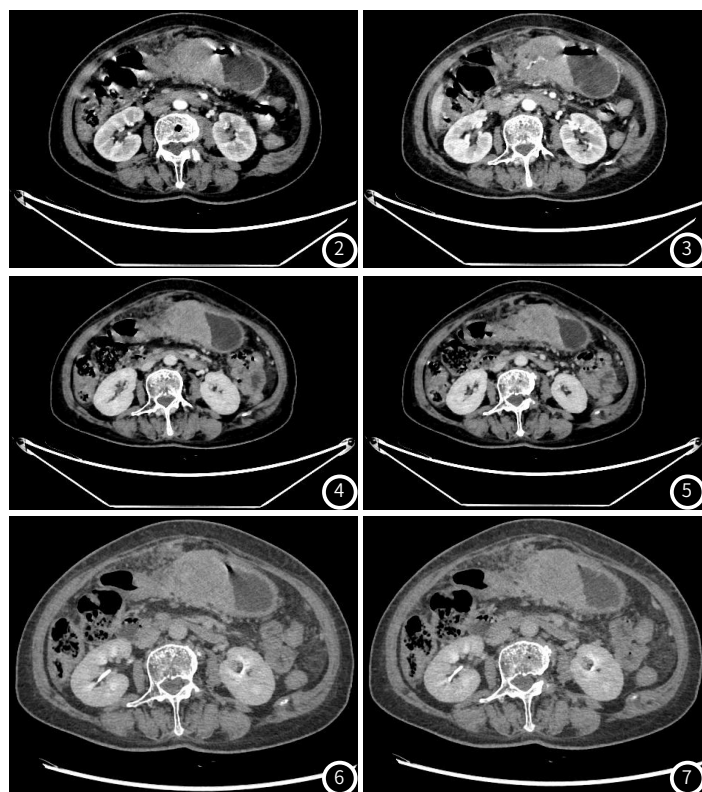


图2~图7 典型病理影像图图像表现

3 讨论

胃癌是目前临床常见的消化道恶性肿瘤，当肿瘤细胞突破胃壁正常结构，向周围组织或器官扩展时，临床诊断为病理侵犯，对于患者实时治疗效果和预后均具有密切联系。为进一步评估胃癌患者发生病理侵犯，本研究通过能谱CT动态增强扫描指导胃癌病理侵犯评估的价值。

Lauren分型、Borrmann分型均为胃癌的两种重要分类系统，前者侧重于肿瘤组织学特征，后者侧重于肿瘤形态特征，对于评估肿瘤的侵袭性和转移潜能具有重要价值^[9-10]。本研究结果显示，侵犯组和未侵犯组关于肿瘤厚度、Lauren分型、Borrmann分型、淋巴结转移及远处转移等临床病理特征具有统计学差异，提示其指标与胃癌患者发生病理侵犯具有一定相关性。神经、血管以及淋巴是构成肿瘤微观环境的主要因素，未发生病理侵犯的胃癌患者肿瘤细胞排列较为规则，细胞间粘附力较低，发展过程较慢，因此较少出现广泛侵犯和远处转移。高度恶性的肿瘤细胞更倾向于快速增殖，并能够更容易地穿透基底膜，侵入周围组织和血管，明显的局部浸润特性使其侵犯胃壁深层结构及邻近器官，同时伴有较高的淋巴结转移和远处转移发生率，因此，两组患者关于肿瘤厚度、Lauren分型、Borrmann分型、淋巴结转移及远处转移等临床病理特征具有统计学差异。

在胃癌的病理侵犯和未侵犯患者中，肿瘤的血管供应、细胞结构和组织密度等会有所不同，对CT扫描图像有所改变，其中能谱CT参数nICAP主要反映肿瘤的血流情况，nICVP反映肿瘤与周围组织的血液供应和代谢特征，nICDP反映肿瘤的排泄特性和

血管结构特征，其有助于评估肿瘤的血管生成、组织结构及其对治疗的反应性^[11-12]。本研究结果显示，侵犯组和未侵犯组的平扫CT值无统计学差异，侵犯组关于动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP等能谱CT参数均高于未侵犯组，提示部分能谱CT参数可对胃癌患者是否存在病理侵犯进行评估。分析本研究结果，胃癌未发生病理侵犯的患者，其肿瘤局限在胃的黏膜层或黏膜下层，血管生成较少，在血流和代谢活动均较低的情况下碘浓度低，因此其在动脉期、门静脉期和延迟期的CT值相对较低。而胃癌病理侵犯患者通常表现为较强的侵袭性，可能导致肿瘤在胃壁的不同层次上扩展并浸润周围组织，伴随更强的肿瘤血流供应。在能谱CT扫描期间，侵犯组由于其较高的血流灌注，肿瘤血管的生成和与门静脉的血液循环的关联，表现为动脉期、门静脉期CT值较高，与肿瘤新生血管的形成和局部血液供应的增加具有一定相关性。病理侵犯患者肿瘤浸润周围组织，通常具有较高的代谢活动和血管生成，伴有炎症、坏死或腔隙的形成，使肿瘤的血流和灌注水平提高，从而表现为延迟期CT值较高。在不同的扫描阶段中，癌组织和正常组织的对比度和吸收特性可能不同^[13]。能谱CT具有量化物质的衰减特性，并基于动脉期、门静脉期、延迟期等不同的扫描阶段分析组织和病变的成分，通过多能量扫描来获取不同能量水平下的图像数据，可以提供关于组织和病变的更多细节，更精确地评估肿瘤的特征。

本研究ROC分析可见，动脉期CT值、门静脉期CT值、延迟期CT值、nICAP、nICVP、nICDP以及联合检测对胃癌病理侵犯

