论著

动态容积灌注CT成像 对进展期胃癌术前病理 分级评估的价值*

彭金成¹ 明 兵^{1,2,*} 张仕勇² 邹 庆² 兰茜琳² 俞 溪² 刘 婷²

1.川北医学院医学影像学院

(四川 南充 637000)

2.德阳市人民医院放射科 (四川 德阳 618000)

【摘要】目的 探讨动态容积灌注CT (DVPCT)时间密 度曲线(TAC)图像特征及灌注参数与不同病理分级进 展期胃癌的相关性。方法 收集经病理证实行DVPCT 检查的进展期胃癌患者64例,根据病理结果分为低 及高分化组。后处理获得病灶、腹腔干层面腹主动 脉及门静脉主干TAC图像特征,比较2组TAC图像特 征中病灶峰值期相、峰值时间的差异;测量病灶灌 注参数,包括血流量(BF)、血容量(BV)、平均通过 时间(MTT)和表面渗透性(PS),比较2组灌注参数的 差异。再采用受试者工作特征(ROC)曲线评估相关参 数对低分化组胃癌的诊断效能。**结果** 峰值期相及峰 值时间在2组间有显著统计学差异(P<0.05),低分化 组峰值期相多在延迟期,高分化组峰值期相多在静 脉期。低分化组PS及BV值高于高分化组(P<0.05)。 峰值时间、PS、BV诊断低分化组胃癌ROC曲线下面 积分别为0.864、0.832及0.667,且峰值时间及PS的 诊断效能显著高于BV(P<0.05)。峰值时间、PS分别 以32.78s和41.08mL/(100g·min)为界值,诊断低分 化组胃癌的敏感度、特异度分别为90.9%、87.5%和 81.8%、90.6%。结论 DVPCT TAC图像特征及灌注 参数PS、BV有助干进展期胃癌恶性程度的评估。

【关键词】胃癌;体层摄影术;灌注成像 【中图分类号】R735.2 【文献标识码】A 【基金项目】德阳市科技计划项目(2022SCZ139) DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.051

The Value of Dynamic Volume Perfusion CT Imaging in the Preoperative Pathological Grading Assessment of Advanced-stage Gastric Cancer*

PENG Jin-cheng¹, MING Bing^{1,2,*}, ZHANG Shi-yong², ZOU Qing², LAN Xi-lin², YU Xi², LIU Ting². 1.School of Medical Imaging, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

2. Department of Radiology, Deyang People's Hospital, Deyang 618000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the correlation between time-attenuation curve (TAC) image features and perfusion parameters of dynamic volume perfusion CT (DVPCT) with different pathological grades of advanced gastric cancer. *Methods* 64 patients with pathologically confirmed advanced-stage gastric cancer who underwent DVPCT examination were collected. According to pathological results, they were divided into poorly and well-differentiated groups. Post-processing obtained TAC image features of the lesions, abdominal aorta at the level of the celiac trunk, and main portal vein, comparing the differences in peak phase and peak time of lesions in the TAC image features between the two groups. Perfusion parameters of the lesions were measured, including blood flow (BF), blood volume (BV), mean transit time (MTT), and permeability surface (PS), and the differences in perfusion parameters between the two groups were compared. receiver operating characteristic (ROC) curves were then used to evaluate the diagnostic efficiency of the relevant parameters for poorly differentiated gastric cancer. Results Peak phase and peak time showed significant statistical differences between the two groups (P<0.05). In the poorly differentiated group, the peak phase was mostly in the delayed phase, while in the well-differentiated group, the peak phase was mostly in the venous phase. The values of PS and BV in poorly differentiated group were higher than those in the well-differentiated group (P<0.05). The diagnostic efficiency of peak time, PS, and BV for poorly differentiated gastric cancer, as indicated by the area under the ROC curve, was 0.864, 0.832, and 0.667, respectively. The diagnostic efficiency of peak time and PS was significantly higher than that of BV (P<0.05). Using 32.78s and 41.08 mL/(100g·min) as thresholds for peak time and PS, respectively, the sensitivity and specificity for diagnosing poorly differentiated gastric cancer were 90.9%, 87.5% and 81.8%, 90.6%, respectively. Conclusion DVPCT TAC image features and perfusion parameters (PS and BV) contribute to the assessment of the malignancy of advanced-stage gastric cancer. Keywords: Gastric Cancer; Tomography; Perfusion Imaging

据统计,进展期胃癌占初次就诊胃癌患者的80%^[1-2]。不同病理分级进展期胃癌的个体化治疗方案和预后差异较大。Kodama等研究表明,分化程度较低的进展期胃癌5年生存率较分化程度较高的进展期胃癌更低^[3]。目前,胃癌术前病理分级主要依赖内镜活检,但存在有创性。且Sentani等研究报道,内镜活检组织较少,与术后病理存在25%-53%误差^[4]。常规增强CT作为胃癌术前一般检查,对肿瘤的组织学类型评估能力同样有限。动态容积灌注CT(dynamic volume perfusion CT,DVPCT)作为一种功能成像技术,可无创、定量评估任意ROI肿瘤TAC图像特征和微循环状态。本研究旨在分析不同病理分级进展期胃癌TAC图像特征和灌注参数差异,以探讨DVPCT对进展期胃癌术前病理分级评估的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2021年10月至2023年10月于德阳市人民医院经术后病理证实的进展 期胃癌患者共64例,男52例,女12例;年龄45-86岁,平均66.14±9.44岁;CT检查与 手术间隔时间1-18天,平均6.14±3.18天。

纳入标准:术后病理证实为进展期胃癌;DVPCT原始图像数据完整保存;临床资料 完整。排除标准:CT检查与手术时间间隔大于4周;胃充盈不佳和图像质量差者;术前 接受姑息性化疗者;碘对比剂过敏者。根据术后病理结果,将低分化腺癌、印戒细胞癌 和黏液腺癌归为低分化组(n=33),其中1例患者含有两处进展期胃癌病灶,将中、高分 化腺癌归为高分化组(n=32)。本研究经伦理委员会审核批准,患者检查前均签署知情同 意书。

1.2 检查方法 采用Siemens第3代双源CT。检查前患者禁食6-8h,检查前10-15min 饮温水800-1000mL。取仰卧位,对比剂采用80mL碘迈伦(400mgl/mL)。注射速率 5.0mL/s。采用DynMulti4D模式,高级模型迭代重建。参数:体质量≤25.0 kg/m²: 70 kV,100 mAs;体质量>25.0 kg/m²:80 kV,60 mAs。层厚及层间隔1mm。 转速0.32s,Z轴覆盖范围17.6cm或22.4cm,触发时间2s,扫描含27组数据,包括 3×4.5s、12×1.5s、3×3s、6×6.0s、3×9.0s,总检查时间96.96s。 **1.3 图像处理** 将DVPCT原始数据传输至后处理工作站(Syngo.via)。 在动脉血管成像模式中,分别绘制病灶、腹腔干层面腹主动脉及 门静脉主干TAC,观察病灶强化峰值位于动脉期、静脉期或延迟期 并记录,同时获得病灶TAC峰值时间。在体部灌注模式中,利用去 卷积算法,经呼吸校正和降噪,选择腹腔干层面腹主动脉作为输 入动脉获得灌注参数伪彩图。在肿瘤较大层面分别手动勾勒面积 尽可能大的3个感兴趣区(region of interesting, ROI),注意避开 血管、坏死囊变区,得到血流量(blood flow, BF)、血容量(blood volume, BV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)及表面渗透 性(permeability surface, PS),所有参数取平均值作为结果。

1.4 统计学方法 使用SPSS 26.0软件分析数据。计量资料中,正态分布的采用(x±s)表示;非正态分布的采用中位数(上下四分位数)表示,计数资料采用频数表示。两组胃癌TAC峰值时间及灌注参数比较采用秩和检验,两组胃癌峰值期相比较采用 x²检验。

て同時期公規用店TAC网格株な公長

农I 个问纳进力教育把IAC国家特征力机									
图像特征	低分化组(n=33)	高分化组(n=32)	x ²/Z	Р					
峰值期相									
动脉期	1	7	31.403	0.000					
静脉期	5	21							
延迟期	27	4							
峰值时间	56.17	29.19	5.039	0.000					
	(38.65, 63.56	6) (25.01, 31.03))						

注:峰值时间:(s)。

绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),评估有显 著差异指标对低分化组胃癌的诊断效能,并行DeLong检验进一 步比较诊断效能。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同病理分级胃癌TAC图像特征分析 低分化组与高分化 组峰值期相有显著差异(P<0.05),低分化组峰值期相多位于延迟 期,高分化组峰值期相多位于静脉期。低分化组TAC峰值时间显 著晚于高分化组(P<0.01)。见表1。

2.2 不同病理分级胃癌灌注参数比较 低分化组PS、BV值均显 著高于高分化组(P<0.05);低分化组与高分化组 BF、MTT值差异 无统计学意义(P>0.05)。见表2。

表2 不同病理分级胃癌灌注参数比较

灌注参数	低分化组	高分化组	Z	Р				
BF	94.68(76.72, 124.81)	90.75(68.25, 117.11)	0.341	0.733				
BV	11.17(7.82, 12.80)	8.52(7.15, 9.28)	2.309	0.021				
MTT	6.61(5.42, 7.77)	6.18(5.24, 7.19)	0.958	0.338				
PS	57.38(43.27, 65.95)	34.75(28.88, 39.72)	4.606	0.000				

注: BF:血流量(mL/100mL/min); BV:血容量(mL/100mL);

MTT:平均通过时间(S); PS:表面渗透性(mL/100mL/min)

2.3 TAC峰值时间及灌注参数对低分化组胃癌的诊断效能 ROC曲线结果显示,TAC峰值时间诊断低分化组胃癌的AUC为 0.864(95%CI: 0.762~0.965),以32.78s为界值,诊断低分化 组胃癌的敏感度、特异度分别为90.9%、87.5%。PS诊断低分 化组胃癌的AUC为0.832(95%CI: 0.721~0.944),以41.08mL/ (100g·min)为界值,诊断低分化组胃癌的敏感度、特异度分别 为81.8%、90.6%。BV诊断低分化组胃癌的AUC为0.667(95%CI 0.528~0.806),以9.96mL/100g为界值,诊断低分化组胃癌的敏感 度、特异度分别为60.6%、84.4%。TAC峰值时间及PS的AUC值显

衣3 I/	表3 TAC峰值时间及灌注参数对低分化组育播的ROC曲线分析					
指标	AUC	界值	95%CI	敏感度/%	特异度/%	
峰值时间	0.864	32.78	0.762~0.965	90.9	87.5	
PS	0.832	41.08	0.721~0.944	81.8	90.6	
BV	0.667	9.96	0.528~0.806	60.6	84.4	

著大于BV(P<0.05)。见图1、表3。 2.4 典型病例分析 见图2-3。



图1 TAC峰值时间及CT灌注参数评估低分化组胃癌ROC曲线。



图2A-图2B 男, 61岁, 贲门部低分化腺癌。2A 病灶TAC, 峰值时间位于延迟期; 2B DVPCT轴位图; 2C PS灌注图; 2D BV灌注图; 2E 病理图,提示为低分化腺癌 (HE × 200)。



图3A-图3B 男, 75岁, 贲门部中分化腺癌。3A 病灶TAC, 峰值时间位于静脉期; 3B DVPCT轴位图; 3C PS灌注图; 3D BV灌注图; 3E 病理图, 提示为中分化腺癌 (HE × 200)。

3 讨 论

DVPCT作为近年来迅速发展的一种功能成像技术,将多期扫描与灌注扫描相结合,可一站式获得目标脏器及病灶的TAC图像特征,并根据TAC重建不同患者脏器及病灶最佳多期增强图像,有效避免因个体循环差异而导致的扫描误差,还可同时获得任意ROI病灶灌注参数^[5-6]。其主要优点在于一次扫描可获得多维度影像特征,有助于患者个体化治疗方案的制定。

Tsurumaru等对47例胃癌患者的常规增强CT研究显示,低 分化组胃癌强化峰值多位于延迟期,高分化组胃癌强化峰值多位 于动脉期或静脉期^[7]。然而,不同个体代谢存在差异,且以往的 常规增强CT扫描时间设置常常基于经验,可能造成期相扫描不 准确,导致对胃癌强化峰值期相的误判。本研究中,低分化组胃 癌强化峰值多位于延迟期,与Tsurumaru等研究结果一致。进 一步证实延迟期强化有助于低分化组胃癌的诊断。原因可能与低 分化组置癌组织部分由纤维间质构成,导致细胞通透性降低,对 比剂滞留有关^[8]。本研究中,高分化组胃癌强化峰值多位于静脉 期,与Tsurumaru等研究结果存在差异。主要原因可能是DVPCT 可根据TAC重建病灶最佳动脉期、最佳静脉期及延迟期,并可 直观地显示肿瘤TAC峰值时间,有效避免扫描带来的误差^{!9} 。本 研究结果显示,低分化组胃癌峰值时间显著晚于高分化组胃癌 (P<0.01)。进一步ROC曲线分析显示,TAC峰值时间大于32.78s 诊断低分化组胃癌的AUC为0.864。提示TAC峰值时间对低分化组 胃癌诊断价值较高(TAC峰值时间敏感度90.9%、特异度87.5%)。 且TAC峰值时间对低分化组胃癌的诊断效能高于BV(P<0.05)。

CT灌注参数中,PS代表对比剂从毛细血管内皮细胞到肿瘤间 质之间的扩散速率,反映血管壁的完整性和渗透性。BV与毛细血 管的数量有关,反映血流灌注量。BF反映肿瘤组织内血流速率。 MTT反映对比剂通过肿瘤组织的平均时间^[10]。

朱艳琳等研究报道,胃癌PS、BV、BF值高于正常胃壁^[11]。这 是由于胃癌组织内含有相当数量基底膜欠连续或缺失的新生毛细 血管,血管间内皮间隙扩大,渗透性增加,导致血流灌注升高。 多数研究报道,低分化组胃癌PS、BV值高于高分化组^[12-14],与 本研究结果一致。主要原因是分化程度越低,恶性程度越高,胃 癌组织内基底膜欠连续或缺失的新生毛细血管数量就越多,导致 PS、BV值越大^[15]。本研究ROC曲线分析显示,PS大于41.08mL/ (100g·min)或BV大于9.96mL/100g诊断低分化组胃癌的AUC分别 为0.832和0.667。以上提示PS和BV对低分化组胃癌具有一定的诊 断价值(PS敏感度81.8%、特异度90.6%,BV敏感度60.6%、特异 度84.4%)。且PS对低分化组胃癌的诊断效能高于BV(P<0.05)。

本研究存在以下局限性:首先,本研究属于回顾性研究;其 次,该研究样本量较小,以后将积累更多的病例进一步研究。

综上,DVPCT TAC图像特征及灌注参数PS、BV有助于进展 期胃癌恶性程度的评估,对患者个体化治疗方案的制定有重要临 床价值。

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]王巍博,梁长华,崔庆周,等.能谱CT对进展期胃癌患者淋巴结转移、脉管生成及临床预后的评估价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(8):138-141.
- [3] KODAMA M, MIZUKAMI K, HIRASHITA Y, et al. Differences in clinical features and morphology between differentiated and undifferentiated gastric cancer after Helicobacter pylori eradication[J]. PLoS One, 2023, 18(3): e282341.
- [4] SENTANI K, IMAI T, KOBAYASHI G, et al. Histological diversity and molecular characteristics in gastric cancer: relation of cancer stem cell-related molecules and receptor tyrosine kinase molecules to mixed histological type and more histological patterns[J]. Gastric Cancer, 2021, 24 (2): 368-381.
- [5]张仕勇,明兵,兰茜琳,等.基于上腹部CT动态容积灌注扫描行动脉、门静脉及肾静脉三维融合成像[J].中国医学影像技术,2022,38(2):238-242.
- [6]明兵,兰茜琳,张仕勇,等.上腹部低辐射高浓度碘对比剂CT动态容积灌注成像取代 常规应用的可行性[J].中华放射学杂志,2020(5):423-429.
- [7]TSURUMARU D, MIYASAKA M, MURAKI T, et al. Histopathologic diversity of gastric cancers: relationship between enhancement pattern on dynamic contrast-enhanced CT and histological type[J]. Eur J Radiol, 2017, 97: 90-95.
- [8] WANKHAR B, KHAN A Y, RAPHAEL V, et al. Enhancement pattern of differentiated and undifferentiated gastric carcinoma on multiphasic contrast-enhanced computed tomography [J]. Pol J Radiol, 2021, 86 (1): e630-e637.
- [9] 俞溪,明兵,杨林,等.动态容积灌注CT多维度评估胰腺癌T分期和病理分级的价值 [J].临床放射学杂志,2023,42(9):1459-1464.
- [10] SUN Z Q, GE Y X, CHEN L, et al. The feasibility of low-dose CT perfusion imaging in gastric cancer [J]. J Xray Sci Technol, 2017, 25 (5): 847-855.
- [11] 朱艳琳, 黄陈恕, 孙宗琼. CT灌注成像在胃癌诊断中的临床应用 [J]. 医学影像学杂志, 2015, 25 (7): 1194-1198.
- [12] ZONGQIONG S, XIAOHONG L, WEI C, et al. CT perfusion imaging of the stomach: a quantitative analysis according to different degrees of adenocarcinoma cell differentiation [J]. Clin Imaging, 2016, 40 (3): 558-562.
- [13] 朱勇, 何光武, 傅燕飞, 等. 多层螺旋CT灌注成像对胃癌病理分化程度评估的研究 [J]. 实用放射学杂志, 2015 (1): 75-77, 86.
- [14] 吕广菅,刘义,张雪瑞.MSCT灌注成像参数与胃癌患者病理分级及肿瘤因子的关系
 [J].中国CT和MRI杂志,2022,20(12):139-141.
- [15]张敏,王君鑫,翟艳慧,等. Revolution CT灌注成像对胃癌Lauren分型及预后相关因子的术前定量评估[J].放射学实践,2021,36(11):1402-1407.

(收稿日期: 2024-01-16) (校对编辑: 江丽华)