

单源双能 CT 能谱成像定量参数评估 T2 及 T3 期胃腺癌的价值

王学东, 刘爱连, 田士峰

【摘要】 目的:探讨单源双能 CT 能谱成像定量参数评估 T2 及 T3 期胃腺癌的价值。**方法:**回顾性分析 40 例行单源双能 CT 三期增强能谱扫描,并经手术病理证实为胃腺癌的影像资料。由两名观察者分别在互不知晓病理分期的情况下在三期增强单能量图像上进行感兴趣区的勾画,感兴趣区为最大层面的上下三个层面,得到的数据以 EXCEL 表格输出。统计增强后各期 40~70 keV 下单能量 CT 值、碘浓度(IC)值,并计算标准化碘浓度(NIC)值。取三次测量结果的平均值作为统计学分析;采用组内相关系数(ICC)检验两位观察者测量各期各参数结果的一致性;根据正态分布与否,采用独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验比较两组病灶各期各参数间的差异;采用受试者工作特征(ROC)曲线评估有鉴别价值的参数对两者鉴别诊断的效能。采用 logistics 回归模型联合单能量 CT 值和 NIC 值,并获得对两组及鉴别诊断的效能。曲线下面积(AUC)的比较采用 Delong 检验。**结果:**静脉期 40~70 keV 下单能量的 CT 值、IC 值和 NIC 值在 T3 期胃癌均大于 T2 期胃癌($P<0.05$)。诊断 T3 期胃癌的 AUC 分别是 0.744、0.734、0.729、0.712、0.714、0.807。其中 NIC 的 AUC 最高,以 $NIC\geq 0.42$ 时,敏感度为 61.9%,特异度 89.5%。动脉期和延迟期 40~70 keV 下单能量的 CT 值、IC 值、NIC 值在 T2 与 T3 胃癌组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。联合静脉期 40 keV CT 值和 NIC 值后 AUC 为 0.822,高于部分单一参数的效能。提示联合 40 keV 单能量 CT 值与 NIC 值可以提高诊断效能。**结论:**静脉期 40~70 keV 下单能量的 CT 值、IC 值、NIC 值可以进行 T2 期和 T3 期胃癌的鉴别诊断。应用能谱参数进行联合诊断可以提高诊断效能。

【关键词】 胃腺癌;分期;能谱 CT

【中图分类号】 R814.42;R735.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)11-1408-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.11.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of quantitative parameters of spectral CT in evaluating the stage T2 and T3 of gastric adenocarcinoma WANG Xue-dong, LIU Ai-lian, TIAN Shi-feng. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Liaoning 116000, China

【Abstract】 Objective: To explore the value quantitative parameters of spectral CT in the evaluation of T2 and T3 stage gastric adenocarcinoma. **Methods:** Imaging data of 40 patients with pathologically confirmed gastric adenocarcinoma who underwent three-phase enhanced scanning on spectral CT were reviewed. Two observers were involved in delineating the areas of interest in three-phase enhanced without knowing the pathological stages. The areas of interest were the upper and lower three levels of the maximum level. CT values of monoenergy and iodine concentration (IC) of 40~70keV in each phase, and normalized iodine concentration (NIC) were calculated. Interclass coefficient (ICC) was used to test the consistency of two observers. The ROC curve was used to evaluate the diagnostic performance of discriminative parameters. Combined with single energy CT value and NIC value, the AUC was compared with Delong test in the diagnosis of stage T2 and T3 of gastric cancer. **Results:** CT value, IC value and NIC value of monenergy of 40~70ke V in venous phase were all greater than those in T2 stage in T3 gastric cancer ($P<0.05$). And the AUC was 0.744, 0.734, 0.729, 0.712, 0.714 and 0.80, respectively. NIC has the highest diagnostic performancr. With cutoff value of $NIC\geq 0.42$, the sensitivity is 61.9% and the specificity is 89.5%. AUC was 0.822 after 40keV CT value and NIC val-

作者单位:116000 辽宁,大连医科大学附属第一医院放射科

作者简介:王学东(1992-),男,安徽六安人,硕士研究生,住院医师,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者:刘爱连, E-mail: cjr.liuailian@vip.163.com

基金项目:首都科技领军人才培养工程(Z181100006318003)

ue in the combined venous phase, which was higher than that of single parameter. **Conclusion:** CT value, IC value and NIC value of monoenergy of 40~70 keV in venous phases can be used for differential diagnosis of T2 and T3 gastric cancer. Multiparameter combination can further improve the diagnostic accuracy.

【Key words】 Gastric adenocarcinoma; Staging; Spectral CT

胃癌是起源于胃粘膜上皮的恶性肿瘤,居于我国恶性肿瘤死亡率的第二位^[1]。大量研究结果表明胃癌病灶的浸润深度与临床治疗方案的选择、疗效的评估及肿瘤的复发和预后关系密切^[2-3]。如今胃癌的分期和治疗更加趋于个性化,术前准确的病理分期,不仅利于选择最佳的治疗方式,同时也避免了一些不必要的扩大根治手术,提高患者的预后。据日本学者提出的 T2 期胃癌的概率,认为 T2 期胃癌属于中期胃癌,在病理角度上认为是初期的进展胃癌,是胃癌发生发展蔓延过程的一个节点,而 T3 期胃癌已属于进展期胃癌。部分学者^[4-5]研究发现, T2 期胃癌的预后生存率明显高于 T3 期(90.6% vs 52%)。中国临床肿瘤学推荐, T3 期及以上的胃癌需要使用术前新辅助化疗, T2 期胃癌不需要进行术前新辅助化疗。日本临床肿瘤学会^[6]指出,通过 CT 将 T2 期胃癌误诊断为 T3 期的比例大约为 22.8%。因能谱 CT 具有物质分离、单能量图像等多参数成像功能, Pan 等^[7]利用常规 CT 和能谱 CT 进行 T 分期的比较,结果也发现 T1~T4 各期准确率分别高出 3.5%、6.9%、9.2%、8.0%,提示能谱 CT 成像的多定量参数能够进行胃癌分期的相关诊断。因此,本研究拟探讨双能 CT 能谱成像的增强定量参数鉴别 T2 期和 T3 期胃癌的价值,为术前评估胃癌的分期情况提供新方法。

材料与方法

1. 研究对象

回顾性分析 2017 年 7 月—2019 年 8 月于本院经手术病理证实为 T2 或 T3 期的胃腺癌患者的病例资料,纳入标准:①原发性胃腺癌患者,无胃肠道手术史,临床病理资料完整、详实,经术后病理证实为 T2 或 T3 期的胃癌患者;②无碘对比剂使用禁忌症,术前均行单源双能 CT 三期动态增强能谱扫描;③呼吸状态平稳,图像质量良好;④病灶直径大于 1 cm。排除标准包括:①患者没有办法配合致使胃充盈欠佳;②术前已经进行放疗或者化疗。最终入组 T2 期胃癌 19 例,男 15 例,女 4 例,年龄 51~83 岁,平均 66.6 ± 8.2 岁; T3 期胃癌 21 例,男 16 例,女 5 例,年龄 43~81 岁,平均 60.4 ± 11.5 岁。

2. 检查方法

患者检查前 3 天禁服含重金属药物,并接受屏气指导训练,当日禁饮食,于检查前 20 min 饮清水 800~

1000 mL,使胃充盈。采用 GE Revolution 单源双能 CT 机行三期动态增强扫描,扫描范围自膈顶至肝脏下缘。扫描参数:GSI 扫描模式,管电压 80 kVp 和 140 kVp 瞬时切换,管电流 375 mAs,探测器宽度 80 mm,螺距 0.992:1,转速 0.6~0.8 s/r,矩阵 512×512 ,扫描及重组层厚和层间距均为 1.25 mm,采用标准算法重建。平扫后采用欧立奇双筒高压注射器于肘正中静脉团注碘普罗胺注射液(拜耳药业, 350 mg I/mL),流率 4.0 mL/s,剂量 1.5 mL/kg。于注药后 28 s 行动脉期扫描,延迟 60 s 行静脉期扫描,延迟 120 s 行平衡期扫描。

3. 图像处理与数据分析

将三期增强扫描图像数据传输至 ADW4.6 工作站,由具一位有 2 年诊断经验的住院医师及一位具有 10 年腹部影像诊断经验的主治医师在互不知晓相关病理信息的前提下各自独立测量。分别将三期增强扫描原始数据载入能谱成像分析软件(GSI Viewer)。选择肿瘤增厚的最大层面进行 ROI 的勾画,ROI 的大小大于病灶面积的 2/3,同时避开大血管或因气-液平面交界存在伪影区等部位。于相邻 3 个层面各放置 1 个 ROI 后取平均值,并尽量保证各期图像的 ROI 大小和位置一致。测量参数包括:①三期增强单能量 CT 值:包括 40~70 keV 的单能量 CT 值(间隔 10 keV);②IC 值;③同层腹主动脉的 IC 值。计算各期病灶的标准化碘浓度(normalizing iodine concentration, NIC), $NIC = \text{病灶 IC 值} / \text{ICA 值}$ 。

4. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验对两组各参数进行正态检验,符合正态分布者的数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态分布的数据用中位数(上、下四分位数差距)表示。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)检验两位观察者三期各参数测量结果的一致性($ICC < 0.40$ 为一致性较差, $0.40 \leq ICC < 0.75$ 为一致性中等, $ICC \geq 0.75$ 为一致性良好),若一致性良好,取两位观察者测量结果平均值进行分析。采用独立样本 *t* 检验(正态分布)或 Mann-Whitney *U* 检验(非正态分布)比较 T2 和 T3 期胃癌各参数值间的差异。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估各期差异有统计学意义的参数对两组病灶的鉴别效能,计算曲线下面积(area under curve, AUC),

并根据最大约登指数确定阈值及其相应的敏感度、特异度。采用 logistic 回归模型联合最佳单能量 CT 值和 NIC 值。分析联合诊断模型对于 T2 期和 T3 期胃癌的诊断效能。利用 Delong 检验比较差异有统计学意义的参数的鉴别效能有无差异。

结 果

1. 一般资料结果

19 例 T2 期胃癌和 21 例 T3 期胃癌具体资料见表 1。

表 1 T2 期和 T3 期患者一般资料 (例)

一般资料	T2 期胃癌 (n=19)	T3 期胃癌 (n=21)
部位		
胃体	1	2
胃底	4	3
胃窦	14	16
分化		
高分化	5	8
中分化	7	4
低分化	7	9
Borrmann 分型		
节点或息肉型	4	6
局限溃疡型	8	10
浸润溃疡型	4	3
弥漫浸润型	3	2
淋巴结转移		
有	14	18
无	5	3
肿瘤最大径	14.5cm	13.6cm
肿瘤厚度	2.1~11.4cm	1.8~9.6 cm

2. 观察者测量结果的一致性

两位观察者测量 T2 和 T3 期胃癌各期参数结果

表 2 两位观察者测量结果及一致性检验结果

参数	T2 期胃癌(n=19)			T3 期胃癌(n=21)		
	观察者 1	观察者 2	ICC	观察者 1	观察者 2	ICC
动脉期						
40keV CT 值(HU)	149.51±29.79	149.69±27.83	0.979	152.77±39.43	153.05±40.02	0.991
50keV CT 值(HU)	107.89±21.65	107.89±20.08	0.977	111.04±26.61	111.01±27.34	0.988
60keV CT 值(HU)	82.27±16.97	82.15±15.74	0.976	85.34±19.00	85.12±19.80	0.983
70keV CT 值(HU)	66.31±14.22	66.13±13.29	0.973	69.36±14.50	69.04±15.31	0.975
IC 值(×100ug/cm³)	14.75±3.03	14.77±2.95	0.980	14.76±4.66	14.87±4.59	0.993
NIC 值	0.09±0.03	0.09±0.03	0.990	0.10±0.04	0.10±0.04	0.995
静脉期						
40keV CT 值(HU)	183.31±27.53	185.01±29.07	0.992	227.76±56.50	233.17±53.83	0.963
50keV CT 值(HU)	130.85±18.17	131.96±19.24	0.988	159.93±38.26	163.59±37.20	0.962
60keV CT 值(HU)	98.60±12.63	99.33±13.37	0.979	117.65±28.80	120.53±28.08	0.963
70keV CT 值(HU)	79.06±8.53	78.95±12.23	0.874	92.44±21.56	94.65±21.01	0.957
IC 值(×100ug/cm³)	18.98±3.71	18.78±3.54	0.997	23.33±7.37	23.91±6.90	0.972
NIC 值	0.36±0.06	0.36±0.06	0.995	0.45±0.10	0.45±0.10	0.964
平衡期						
40keV CT 值(HU)	185.97±37.01	183.71±36.14	0.992	208.82±33.69	204.02±35.84	0.942
50keV CT 值(HU)	132.03±24.98	130.65±24.34	0.989	148.16±22.50	144.73±24.06	0.943
60keV CT 值(HU)	98.87±17.80	98.02±17.33	0.985	110.88±15.89	108.29±17.10	0.946
70keV CT 值(HU)	78.21±13.56	77.70±13.23	0.980	87.67±12.13	85.60±13.07	0.951
IC 值(×100ug/cm³)	19.06±4.35	18.76±4.27	0.994	21.42±4.07	20.93±4.26	0.944
NIC 值	0.52±0.09	0.50±0.09	0.987	0.57±0.10	0.56±0.10	0.954

见表 2,数据的一致性均良好(ICC>0.75)。

3. 各期参数值比较

T3 期胃癌静脉期的 40~70 keV CT 值、IC 值、NIC 值均高于 T2 期胃癌($P<0.05$);动脉期和平衡期各参数值差异无统计学意义($P>0.05$),见表 3、图 1~2。

4. 各参数值对 T2 期和 T3 期胃癌鉴别诊断的效能评估

静脉期各参数鉴别 T2 和 T3 期胃癌的 AUC、界值、敏感度、特异度见表 3、图 3,其中静脉期 NIC 鉴别诊断两组病灶的 AUC 最大(0.807),诊断 T3 期胃癌的敏感度和特异度分别为 61.9%和 89.5%;通过 logistic 回归,将静脉期 40 keV CT 值和 NIC 值联合诊断后 AUC 提高到 0.822。DeLong 检验表明静脉期 40 keV CT 和 NIC 值的联合诊断 AUC 和 IC 值之间诊断效能差异具有统计学意义($Z=2.034,P=0.0419$),余两两之间差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表 3 静脉期各参数值的 AUC、界值、敏感度、特异度

参数	AUC	界值	敏感度	特异度
40keV CT 值	0.744	192.85	76.2%	68.4%
50keV CT 值	0.734	136.61	76.2%	68.4%
60keV CT 值	0.729	101.64	76.2%	68.4%
70keV CT 值	0.721	82.59	61.9%	78.9%
IC 值	0.714	19.88	71.4%	73.7%
NIC 值	0.807	0.42	61.9%	89.5%
40ke V CT+NIC 值	0.822	0.58	73.7%	81.0%

讨 论

目前,临床上对于胃疾病的检查主要包括胃镜、胃

表 3 两组病灶间各参数值结果比较

参数	T2 期胃癌 (n=19)	T3 期胃癌 (n=21)	统计值	P 值
动脉期				
40keV CT 值(HU)	149.60±28.52	152.91±39.61	-0.300	0.766
50keV CT 值(HU)	107.89±20.65	111.03±26.85	-0.411	0.684
60keV CT 值(HU)	82.21±16.17	85.23±19.25	-0.535	0.596
70keV CT 值(HU)	66.22±13.58	69.20±14.73	-0.664	0.511
IC 值(×100ug/cm ³)	13.73±3.71	14.90,3.79	-0.799*	0.436
NIC 值	0.08±0.03	0.09,0.04	-0.420*	0.688
静脉期				
40keV CT 值(HU)	185.20±36.06	215.10,75.19	-2.641*	0.008
50keV CT 值(HU)	131.27±22.35	153.22,52.45	-2.532*	0.011
60keV CT 值(HU)	97.18±15.11	115.01,37.52	-2.478*	0.013
70keV CT 值(HU)	79.36±8.18	90.66,28.25	-2.289*	0.022
IC 值(×100ug/cm ³)	18.78±3.54	23.27±7.39	2.406	0.021
NIC 值	0.36±0.60	0.45±0.10	3.463	0.001
平衡期				
40keV CT 值(HU)	185.97±37.00	205.18±37.50	1.628	0.112
50keV CT 值(HU)	132.03±24.98	145.69±25.31	1.716	0.094
60keV CT 值(HU)	98.87±17.79	109.13±18.06	1.806	0.079
70keV CT 值(HU)	78.21±13.56	86.36±13.85	1.878	0.068
IC 值(×100ug/cm ³)	21.01±4.40	19.06±4.35	1.410	0.167
NIC 值	0.52±0.09	0.57±0.10	1.694	0.098

注：* Z 值

钡餐造影、CT、内镜超声和 MRI。胃钡餐造影简单易行,患者无痛苦,是胃部疾病患者的首选检查方法。胃镜特别是电子胃镜由于能在直视下动态观察胃粘膜微小的病变,对胃肿瘤和非肿瘤性病变的鉴别尤其是早期胃癌的定性诊断独具优势。但是主要不足之处在于,对胃粘膜下以及浆膜外的病变往往难以发现或确认诊断,对于胃癌的分期往往敏感度较低。近年来,腔内超声在胃肿瘤的诊断特别是在 T1/T2 期胃癌方面显示出一定的优越性(敏感度 87%),但对于进展期胃癌的分期较困难;并且腔内超声的准确性和操作者的

经验有很大的关系,故目前尚难以在临床上广泛应用。MRI 相关序列在胃癌的应用一直受到限制,但是随着技术的进步,可能会成为诊断胃肠道肿瘤更有效的成像技术^[8]。随着 CT 技术的发展,特别是口服对比剂的合理应用,使 CT 在胃肠道肿瘤分期的应用越来越广泛。传统 CT 对于胃癌的诊断和分期采用高峰期增强和容积扫描技术,根据胃壁的异常强化方式,结合多平面重建图像可以来对胃癌进行分期。有学者^[9]研究结果显示传统 CT 对于 T2、T3 期胃癌的诊断符合率较低。

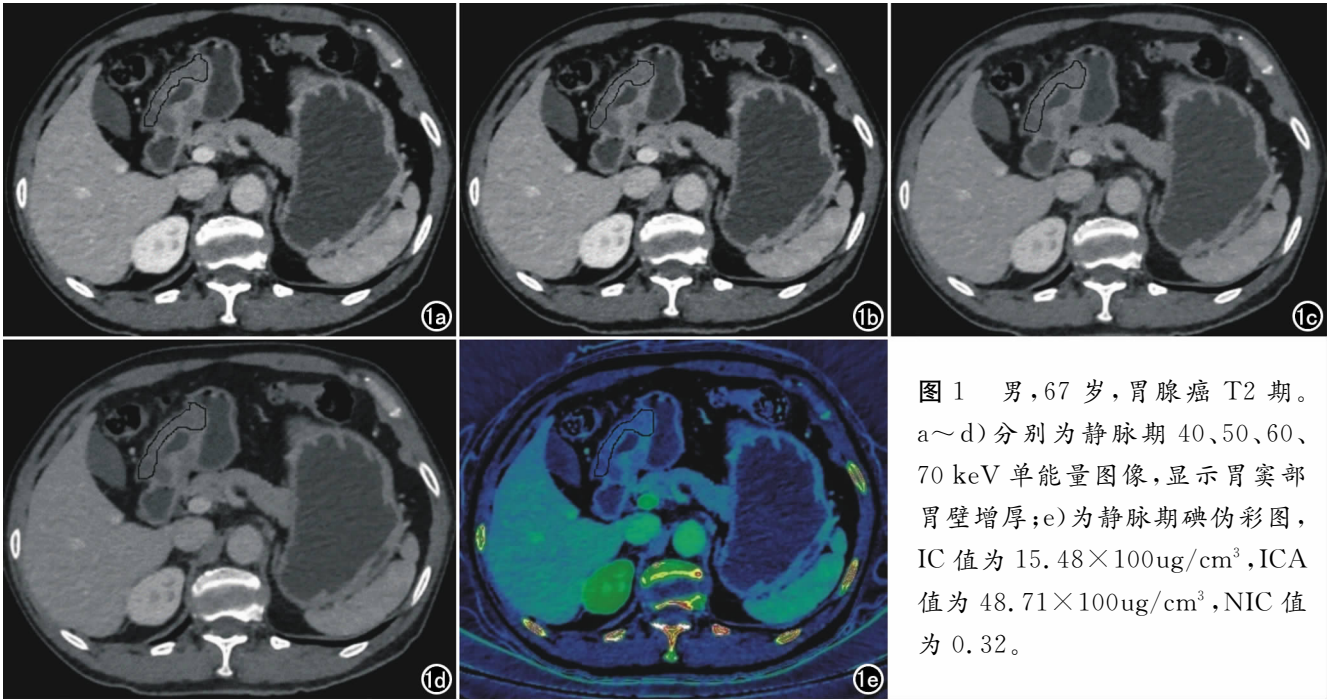


图 1 男,67 岁,胃腺癌 T2 期。a~d) 分别为静脉期 40、50、60、70 keV 单能量图像,显示胃窦部胃壁增厚;e) 为静脉期碘伪彩图,IC 值为 15.48×100ug/cm³,ICA 值为 48.71×100ug/cm³,NIC 值为 0.32。

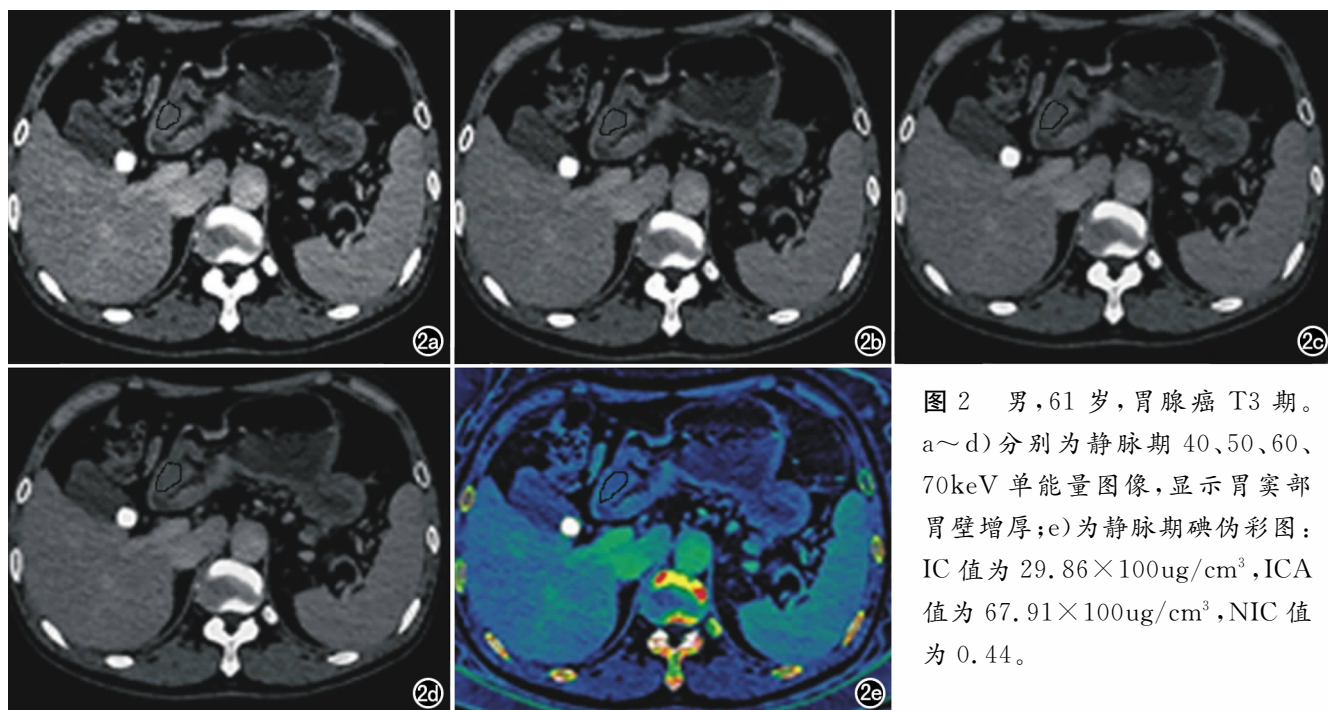


图 2 男, 61 岁, 胃腺癌 T3 期。a~d) 分别为静脉期 40、50、60、70keV 单能量图像, 显示胃窦部胃壁增厚; e) 为静脉期碘伪彩图: IC 值为 $29.86 \times 100 \text{ug/cm}^3$, ICA 值为 $67.91 \times 100 \text{ug/cm}^3$, NIC 值为 0.44。

能谱 CT 作为一种最新的 CT 技术, 具有基物质成像、单能量成像等多定量参数, 有望弥补常规 CT 的不足。单源双能 CT 是以瞬切双 kVp 为核心技术进行双能扫描: 即高压发生器和球管在 80 kVp 和 140 kVp 间进行微秒级的瞬间切换, 生成同源、同时、同向的“三同”能谱投影, 不仅克服了患者和器官运动的影响, 而且使原始数据空间的能谱分析成为可能。具有单能量成像、物质分离图像等多参数综合分析平台, 较常规 CT 能够更好地显示形态学变化, 同时也可以多参数成像、多定量参数来评价胃癌的分期。既往国内外学者^[10-11]均利用能谱 CT 的多定量参数发现 T3 和 T4a 期胃癌可以进行鉴别诊断, 据国内学者^[12-13]等发现 T1 期和 T2~T3 期胃癌利用能谱 CT 可以进行鉴别, Wang 等^[5]学者的研究结果证实利用组学模型可以进行 T2 期和 T3 期以上胃癌的鉴别, 动脉期的符合率为 75.3%~84.1%, 静脉期的符合率为 61.6%~78.0%。但利用能谱 CT 成像对 T2 和 T3 期胃癌的鉴别诊断尚未见相关报道。

本研究结果显示, T3 期胃癌的静脉期在 40~70 keV 单能量下 CT 值较 T2 期胃癌高, 能量水平越低其间差异越明显, 分析其原因可能是由于低能量 keV 成像硬化伪影较小, 可以提供较好的对比噪声比, 能够加大胃癌和正常胃壁的对比, 便于病灶的显示; 临床研究也证实, 低能量图像可以显示出更微弱的对比剂强化, 这正是因为病灶和背景实质之间的对比噪声比的提高, 单能量图像提供了比传统复合能量 CT 成像更加可靠的 CT 值。因此本研究结果也表明鉴别 T2 和 T3 期胃癌的最大诊断效能是在 40 keV 单能量图像

下。临床最常用的基物质成像图像是碘水图, 因为碘水图可以评估碘的分布, 增加组织对比和放大正常和异常组织间的微弱衰减差别。据李蕊等^[14]研究结果发现, 胃壁受侵的深度不同, 各层的碘浓度亦不相同, 与本研究的结果相一致, 表明碘浓度具有判断胃癌的浸润深度的潜能。同时, 为了消除不同个体之间注入对比剂的总剂量、个体循环差异、病灶累及范围等因素的影响, 本研究以病灶相同层面腹主动脉的碘浓度值

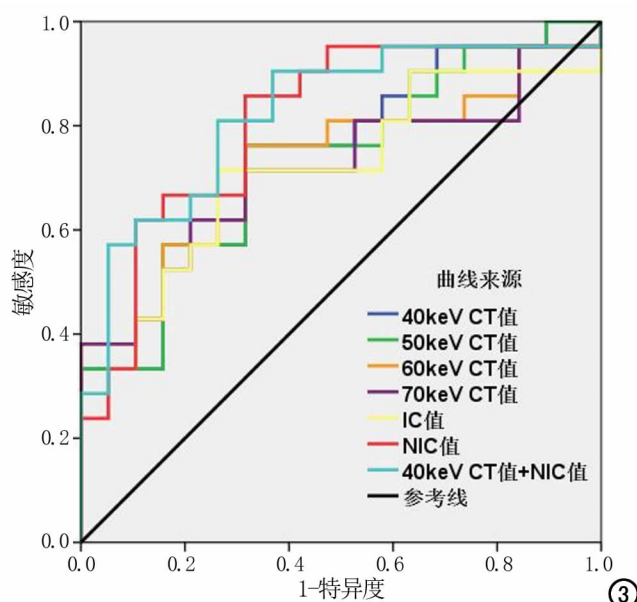


图 3 静脉期 40~70keV 单能量 CT 值、IC 值、NIC 值诊断 T3 期胃癌的 ROC 曲线, 其 AUC 分别为 0.744、0.734、0.729、0.721、0.714、0.807, 40keV 单能量 CT 值联合 NIC 值诊断 T3 期胃癌的 AUC 为 0.822。

作为参考,获得了 NIC,结果表明 NIC 的 AUC 均高于 IC。T3 期胃癌和 T2 期胃癌可以在静脉期进行鉴别诊断,分析其原因,可能是由于动脉期的 NIC 主要反映毛细血管密度和血供情况,静脉期的 NIC 主要反映血管内和血管外血供的流动和对比剂的滞留情况,说明胃癌在增强扫描时静脉期强化更为明显^[25],与本文的研究结果一致。病理基础可能是由于胃癌的肿瘤细胞主要是腺体的异型增生。虽然肿瘤细胞是以动脉供血为主,但是肿瘤细胞结构往往比较紊乱,毛细血管网也非常复杂,局部血流较正常组织缓慢,对比剂通过的时间也会较长,所以动脉期强化不明显,而静脉期时对对比剂已经大量进入,此时强化较明显。与 Wang 等^[5]学者利用组学模型得出的结果不太一致,分析原因可能是:病例数、研究方法和仪器的不同,同时本研究病例数较少,统计结果不具有代表性,因此需要大样本进一步证实。同时联合静脉期的 40 keV 单能量 CT 值和 NIC 值可以进一步提高诊断效能和敏感度。

T3 期胃癌的静脉期 40~70 keV 单能量的 CT 值、IC 值、NIC 值均高于 T2 期胃癌,静脉期最佳单能量 CT 值和 NIC 联合可以获得更高的诊断效能,提示能谱 CT 成像多定量参数可以进行术前的精确分期,具有一定临床应用价值。

参考文献:

- [1] Zhang X, Song Y, Song N, et al. Rankl expression predicts poor prognosis in gastric cancer patients: results from a retrospective and single-center analysis[J]. Braz J Med Biol Res, 2018, 51(3): e6265.
- [2] Kang Y, Li S, Ge Q, et al. Extent of serosal changes predicts peritoneal recurrence and poor prognosis after curative surgery for gastric cancer[J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94(42): e1750.
- [3] Malaj A, Bilaj F, Shahini A, et al. CT/MRI accuracy in detecting and determining preoperative stage of gastric adenocarcinoma in

- Albania[J]. Contemp Oncol (Pozn), 2017, 21(2): 168-173.
- [4] Juca PC, Lourenco L, Kesley R, et al. Comparison of survival and prognostic factors in patients with gastric adenocarcinoma in T2 and T3[J]. Rev Col Bras Cir, 2012, 39(5): 377-384.
- [5] Wang Y, Liu W, Yu Y, et al. Prediction of the depth of tumor invasion in gastric cancer: potential role of CT radiomics[J]. Acad Radiol, 2020, 27(8): 1077-1084.
- [6] Fukagawa T, Katai H, Mizusawa J, et al. A prospective multi-institutional validity study to evaluate the accuracy of clinical diagnosis of pathological stage III gastric cancer (JCOG1302A)[J]. Gastric Cancer, 2018, 21(1): 68-73.
- [7] Pan Z, Pang L, Ding B, et al. Gastric cancer staging with dual energy spectral CT imaging[J]. PLoS One, 2013, 8(2): e53651.
- [8] Borggreve A, Goense L, Brenkman H, et al. Imaging strategies in the management of gastric cancer: current role and future potential of MRI[J]. Br J Radiol, 2019, 92(1097): 20181044.
- [9] Kim J, Chung W, Lee H, et al. Usefulness of histologic differences and perivascular infiltration for preoperative T staging of advanced gastric cancer using computed tomography[J]. Jpn J Radiol, 2019, 37(12): 817-825.
- [10] 邢静静, 柴亚如, 高剑波, 等. 能谱 CT 在鉴别 T3 及 T4a 期胃癌中的应用价值[J]. 中华胃肠外科杂志, 2016, 19(5): 580-584.
- [11] Yang L, Shi G, Zhou T, et al. Quantification of the iodine content of perigastric adipose tissue by dual-energy CT: A novel method for preoperative diagnosis of T4-stage gastric cancer[J]. PLoS One, 2015, 10(9): e0136871.
- [12] Li C, Shi C, Zhang H, et al. Computer-aided diagnosis for preoperative invasion depth of gastric cancer with dual-energy spectral CT imaging[J]. Acad Radiol, 2015, 22(2): 149-157.
- [13] 袁为标, 陆大军, 崔磊, 等. 双源双能量 CT 碘值测定对诊断胃癌术前 T 分期的应用价值分析[J]. CT 理论与应用研究, 2019, 3: 347-354.
- [14] 李蕊. 双源 CT 在评估胃癌术前 T 分期中的价值及新虚拟单能量成像对早期胃癌图像质量的影响 [D]. 郑州: 郑州大学, 2016.

(收稿日期: 2021-03-02 修回日期: 2021-06-07)