

论著

The Value of Energy Spectrum CT in Evaluating Lymph Node Metastasis, Vasculogenesis and Clinical Prognosis in Patients with Advanced Gastric Cancer*

WANG Wei-bo¹, LIANG Chang-hua^{2,*}, CUI Qing-zhou¹, CHEN Peng¹, WANG Zhun-zheng³.

1. Department of Imaging Diagnosis, Luohe Central Hospital, Luohe 462005, Henan Province, China

2. Department of Imaging, The First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical College, Xinxiang 453100, Henan Province, China

3. Department Pathology, Luohe Central Hospital, Luohe 462005, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the evaluation value of energy spectrum CT in lymph node metastasis, vasculogenesis and clinical prognosis of patients with advanced gastric cancer, so as to provide real imaging evidence for non-invasive evaluation and prognosis prediction of patients with gastric cancer. **Methods** 86 patients with clinically advanced gastric cancer admitted to our hospital from January 2019 to July 2021 were selected. All patients were examined with energy spectrum CT within one week before operation. According to the pathological results as the gold standard, the patients were divided into lymph node metastasis group (36 cases), non lymph node metastasis group (50 cases), vasculogenesis group (42 cases) and non vasculogenesis group (44 cases). All patients were followed up for one year and were divided into death group (16 cases) and survival group (70 cases) according to their survival conditions; The differences of various parameters of energy spectrum CT between lymph node metastasis group and non lymph node metastasis group, between vasculogenesis group and non vasculogenesis group, and between death group and survival group were compared respectively. The diagnostic efficacy and clinical prognostic evaluation value of energy spectrum CT for lymph node metastasis and vasculogenesis of patients with advanced gastric cancer were compared by drawing the working characteristic curve of subjects and calculating the curve. **Results** In patients with advanced gastric cancer, the iodine concentration in arterial phase, the iodine concentration in portal phase, and the slope of energy spectrum curve in arterial phase in lymph node metastasis group, vasculogenesis group, and death group were significantly higher than those in non lymph node metastasis group, non vasculogenesis group, and survival group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Compared with the single diagnosis of iodine concentration in arterial phase, portal phase and slope of energy spectrum curve in arterial phase, the combined diagnosis has the highest diagnostic efficacy in predicting lymph node metastasis, vasculogenesis and death, and the difference is statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The quantitative parameters of energy spectrum CT have a certain value in differential diagnosis of lymph node metastasis and vasculogenesis in patients with advanced gastric cancer, and can effectively predict the survival prognosis of patients, which is helpful to provide real imaging evidence for guiding the selection of clinical treatment plans.

Keywords: Energy Spectrum CT; Progress Period; Gastric Cancer; Lymph Node Metastasis; Vasculogenesis; Clinical Prognosis; Appraisal Value

胃癌是全世界最常见的癌症之一，也是癌症相关死亡的重要原因之一^[1]。目前国内对胃癌的早期筛查未广泛开展，临床工作中大部分为进展期胃癌^[2]。进展期胃癌容易发生转移，肿瘤细胞沿着淋巴管转移以及直接侵犯周围正常组织和器官，而无论进展期胃癌组织是否突破浆膜层，均易出现淋巴结转移^[3-4]。此外，进展期胃癌的肿瘤细胞产生许多物质诱导血管生成，不仅为肿瘤的发展提供了营养物质，还为肿瘤细胞的转移提供通道^[5]。因此，淋巴结转移、血管生成是影响患者治疗和预后的重要危险因素。能谱CT作为一种安全可靠的新发展的成像技术，其通过高低千伏的瞬时转换，可以得到不同能量下的单能量图像，从而可以获得物质衰减曲线以及物质分离的数据，不同的物质在不同单能量条件下获得不同的信息，并且可以提供多个参数，能够更准确的帮助临床确定淋巴结的性质以及血管生成情况^[6]。因此，本研究主要探讨能谱CT对进展期胃癌患者淋巴结转移、血管生成及临床预后的评估价值，以期为胃癌的无创评估及预后评价提供真实的影像学证据，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2019年1月至2021年7月本院收治的86例进展期胃癌患者的临床资料，所有患者均行手术治疗，且于术前一周内行能谱CT检查。其中男性46例，女性40例，年龄范围39-78岁，平均(59.42±13.26)岁。

纳入标准：符合《中华医学学会胃癌临床诊疗指南(2021版)》中进展期胃癌诊断标准^[7]；患者行手术治疗且经病理证实。排除标准：临床资料不完善；存在其他恶性肿瘤病史；存在手术禁忌症；存在碘对比剂过敏史；严重心肝肾功能不全。本研究经本院伦理委员会审核并通过。所有患者检查前均签署书面知情同意书。以病理结果为金标准，根据淋巴结是否转移将所有患者分为淋巴结转移组(36例)和非淋巴结转移组(50例)，根据

能谱CT对进展期胃癌患者淋巴结转移、血管生成及临床预后的评估价值研究*

王巍博¹ 梁长华^{2,*} 崔庆周¹陈 鹏¹ 王准证³

1.漯河市中心医院影像诊断科

(河南 漯河 462005)

2.新乡医学院第一附属医院影像科

(河南 新乡 453100)

3.漯河市中心医院病理科 (河南 漯河 462005)

【摘要】目的 探讨能谱CT对于进展期胃癌患者淋巴结转移、血管生成及临床预后的评估价值，以期为胃癌的无创评估和预测患者预后提供真实的影像学证据。**方法** 选择2019年1月-2021年7月本院收治的86例临床进展期胃癌患者，所有患者于术前一周内行能谱CT检查。以病理结果为金标准，分为淋巴结转移组(36例)和非淋巴结转移组(50例)、血管生成组(42例)和非血管生成组(44例)，对所有患者进行1年的随访并根据其生存情况分为死亡组(16例)和生存组(70例)；分别比较淋巴结转移组与非淋巴结转移组之间、血管生成组与非血管生成组之间、死亡组与生存组之间能谱CT各参数的差异，通过绘制受试者工作特征曲线并计算曲线下比较能谱CT对进展期胃癌患者淋巴结转移、血管生成的诊断效能以及临床预后评估价值。**结果** 进展期胃癌患者淋巴结转移组、血管生成组、死亡组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率均分别显著高于非淋巴结转移组、非血管生成组、生存组，且差异具有统计学意义($P<0.05$)。与动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率单独诊断相比较，联合诊断对淋巴结转移、血管生成以及死亡预测的诊断效能最高，且差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 能谱CT定量参数对进展期胃癌患者的淋巴结转移、血管生成有一定的鉴别诊断价值，而且可以有效预测患者的生存预后情况，有助于为指导临床治疗方案的选择提供真实的影像学证据。

【关键词】 能谱CT；进展期；胃癌；淋巴结转移；血管生成；临床预后；评估价值

【中图分类号】 R735.2; R730.44

【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(LHGJ20210832)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.08.044

【第一作者】 王巍博，男，主治医师，主要研究方向：胸腹部肿瘤的综合影像诊断。E-mail: wangweibo19871002@163.com

【通讯作者】 梁长华，男，主任医师，主要研究方向：胸腹部肿瘤的综合影像诊断。E-mail: liangchanghua8099@163.com

脉管是否生成将所有患者分为脉管生成组(42例)和非脉管生成组(44例);并对所有患者进行1年的随访后根据其生存情况分为死亡组(16例)和生存组(70例)。

1.2 仪器与方法 选择GE Revolution CT扫描机。检查前需进行肠道准备,嘱患者禁食禁饮8小时,并在CT扫描前半小时内饮用500-800mL温水,保持胃腔呈充盈状态;患者仰卧位,头先进,扫描范围为膈顶至耻骨联合水平;采用能谱扫描模式,管电压80kV/140kV快速自动切换,管电流405mA,迭代重建50%,螺距0.992:1,转速0.5s/rot,探测器宽度80mm,扫描层厚、间距均为5mm,重建层厚0.625mm。以高压注射器经右侧肘正中静脉依次注射生理盐水16mL、碘海醇(350mgI/mL)50 mL及生理盐水20mL,速率4.0mL/s。采用对比剂智能追踪软件(smart prep)确定扫描延迟时间,ROI放置于腹主动脉内进行监测,触发阈值设置为130HU,动脉期扫描后30s进行门静脉期扫描。将DATA数据传输至GE AW 4.7工作站,利用GSI观察与分析系统(GSI Viewer)软件进行图像分析处理。由两名5年以上工作经验的放射科医师在最佳单能量图像上对肿瘤组织以及周围淋巴结进行观察并记录,意见不统一时协商一致。能谱参数:(1)分别在动脉期、门脉期的碘基图上找到肿瘤组织以及周围淋巴结的最大层面,于

病灶实性成分处放置感兴趣区(ROI),尽量避免囊性、钙化区域,依次测量肿瘤组织以及周围最大淋巴结的碘浓度。(2)计算动脉期能谱曲线斜率,能谱曲线斜率(λ HU) = $(Hu_{40\text{keV}} - Hu_{100\text{keV}}) / 60$ 。以上参数测量三次后取平均值为最终结果。

1.3 统计分析 使用SPSS 22.0统计学软件进行统计分析,计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本t检验;计数资料采用n(%)表示,组间采用卡方检验或确切概率法(单格期望值小于5)比较;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。通过绘制受试者工作特征(ROC)曲线,并计算ROC曲线下面积(AUC)评估能谱CT对进展期胃癌患者淋巴结转移、脉管生成的诊断效能以及临床预后的评估价值。

2 结 果

2.1 进展期胃癌患者淋巴结转移组与非转移组能谱CT参数比较及其诊断效能分析 进展期胃癌患者淋巴结转移组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率显著高于非淋巴结转移组,且差异具有统计学意义($P < 0.05$),如表1所示。与动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率单独诊断相比较,联合诊断对淋巴结转移的诊断效能最高,且差异具有统计学意义($P < 0.05$),如表2、图1。

表1 进展期胃癌患者淋巴结转移组与非转移组能谱CT参数比较

能谱参数	淋巴结转移组(n=36)	非淋巴结转移组(n=50)	t	P
动脉期碘浓度($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	16.02 ± 1.43	14.37 ± 1.52	5.096	0.000
门脉期碘浓度($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	20.99 ± 1.67	19.37 ± 1.52	4.606	0.000
动脉期能谱曲线斜率	1.62 ± 0.10	1.51 ± 0.08	6.091	0.000

表2 能谱CT对进展期胃癌患者淋巴结转移的诊断效能分析

能谱参数	AUC	最佳截断阈值	P	约登指数	敏感度	特异度
动脉期碘浓度	0.788	$14.68 \times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$	0.000	0.538	0.778	0.760
门脉期碘浓度	0.760	$19.02 \times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$	0.000	0.573	0.833	0.740
动脉期能谱曲线斜率	0.824	1.57	0.000	0.507	0.667	0.840
联合诊断	0.906	-	0.000	0.723	0.873	0.850

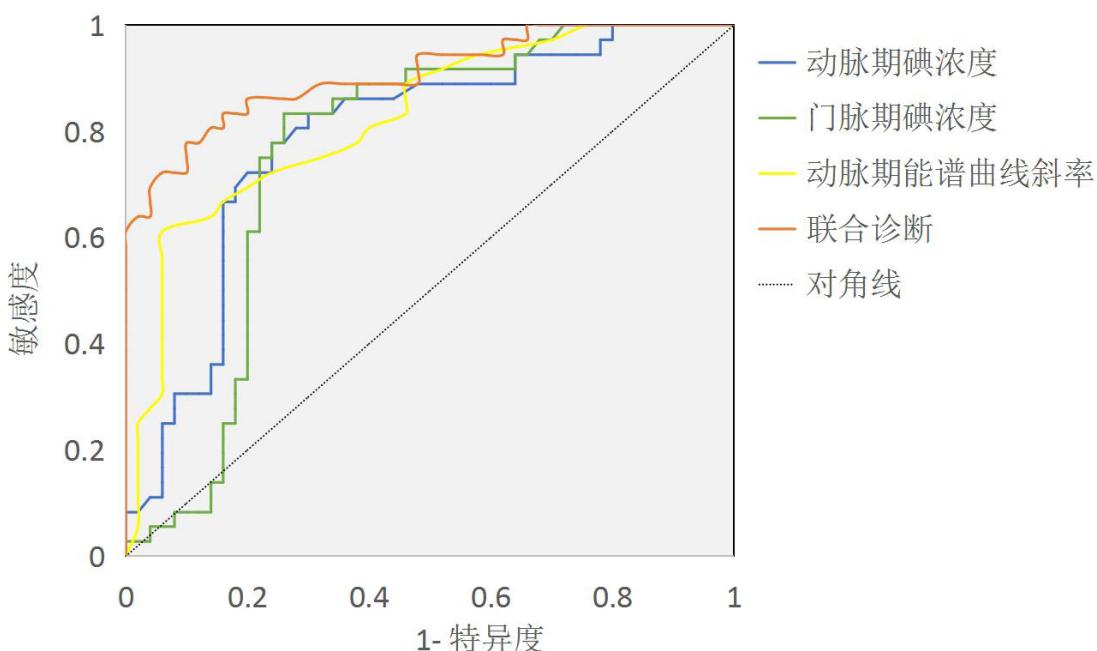


图1 能谱CT参数诊断进展期胃癌患者淋巴结转移的ROC曲线分析

2.2 进展期胃癌患者脉管生成组与非脉管生成组能谱CT参数比较及其诊断效能分析 进展期胃癌患者脉管生成组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率显著高于非脉管生成组，且差异具有统计学意义($P<0.05$)，如表3所示。与动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率单独诊断相比较，联合诊断对脉管生成的诊断效能最高，且差异具有统计学意义($P<0.05$)，如表4、图2。

2.3 进展期胃癌患者死亡组与生存组能谱CT参数比较及其预测价值分析 进展期胃癌患者死亡组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率显著高于生存组，且差异具有统计学意义($P<0.05$)，如表5所示。与动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率单独诊断相比较，联合诊断对死亡的预测价值最高，且差异具有统计学意义($P<0.05$)，如表6、图3。

2.4 典型病例图(见图4A-图4C)

表3 进展期胃癌患者脉管生成组与非脉管生成组能谱CT参数比较

能谱参数	脉管生成组(n=42)	非脉管生成组(n=44)	t	P
动脉期碘浓度($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	15.71±1.54	14.43±1.59	3.752	0.000
门脉期碘浓度($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	20.68±1.87	19.07±2.10	3.745	0.000
动脉期能谱曲线斜率	1.61±0.09	1.50±0.07	5.539	0.000

表4 能谱CT对进展期胃癌患者脉管生成的诊断效能分析

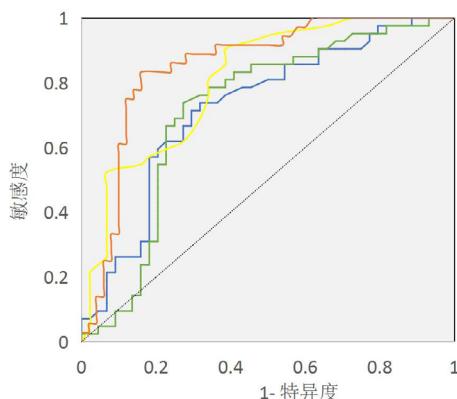
能谱参数	AUC	最佳截断阈值	P	约登指数	敏感度	特异度
动脉期碘浓度	0.724	$14.43 \times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$	0.000	0.420	0.738	0.682
门脉期碘浓度	0.717	$19.02 \times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$	0.000	0.465	0.738	0.727
动脉期能谱曲线斜率	0.809	1.56	0.000	0.379	0.548	0.831
联合诊断	0.853	-	0.000	0.638	0.778	0.860

表5 进展期胃癌患者死亡组与生存组能谱CT参数比较

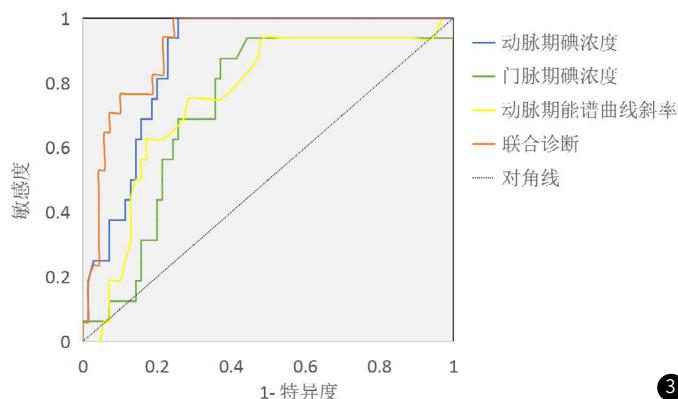
能谱参数	死亡组(n=16)	生存组(n=70)	t	P
动脉期碘浓度($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	16.91±0.91	14.63±1.53	5.702	0.000
门脉期碘浓度($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	21.27±1.78	19.53±2.09	3.060	0.003
动脉期能谱曲线斜率	1.63±0.08	1.54±0.09	3.411	0.001

表6 能谱CT对进展期胃癌患者死亡的预测价值分析

能谱参数	AUC	最佳截断阈值	P	约登指数	敏感度	特异度
动脉期碘浓度	0.826	$15.84 \times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$	0.000	0.584	0.813	0.771
门脉期碘浓度	0.727	$19.60 \times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$	0.000	0.504	0.875	0.629
动脉期能谱曲线斜率	0.753	1.58	0.000	0.417	0.688	0.729
联合诊断	0.894	-	0.000	0.724	0.941	0.783



2



3

图2 能谱CT参数诊断进展期胃癌患者脉管生成的ROC曲线分析

图3 能谱CT参数对进展期胃癌患者死亡预测的ROC曲线分析



图4A-图4C 进展期胃癌能谱CT影像资料及病理图片

注：患者男，47岁，进展期胃腺癌，淋巴结转移。图4A 动脉期70 keV单能量图像显示胃小弯（星号）局灶性增厚和胃小弯附近的肿大淋巴结（箭头）；图4B 患者门脉期碘（水）基物质图，淋巴结碘浓度为 $17.49 \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ ；图4C 病理图片（HE染色， $\times 100$ ）。

3 讨论

目前胃癌在我国的发病率较高，主要以进展期为主，其5年生存率较低，对人民健康产生了严重威胁^[8]。其中，淋巴结转移、脉管生成是进展期胃癌患者预后不佳的重要危险因素^[9-10]。随着CT成像技术的不断发展，能谱CT成像能够生成新的基物质图像，并对物质成分进行分离^[11]。相较于传统CT成像，能谱CT可以通过一次扫描可以同时获得多个能谱参数，不仅可以获得不同KeV条件下的单能量图像，而且还可以获得优于传统CT的基物质图像，对病变组织进行多参数定量分析。因此，本研究主要探讨能谱CT对进展期胃癌淋巴结转移、脉管生成的预测价值及临床预后的评估价值研究。

本研究结果显示，进展期胃癌患者淋巴结转移组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度显著高于非淋巴结转移组($P<0.05$)，分析碘浓度不同的主要原因可能与肿瘤组织血管供应情况有关，进展期胃癌组织侵犯正常淋巴结组织后，局部血管腔狭窄，容易出现缺血坏死等表现，导致该处受侵犯组织的碘浓度高于未侵犯者，因此，发生淋巴结转移的动脉期及门脉期的碘浓度相对升高，进一步说明能谱CT定量参数碘浓度可以反映淋巴结组织内碘摄取的差异，进一步提示肿瘤组织较高的侵袭性^[12]。此外，由于不同物质的组织密度不同，因此在不同的单光子能量下的吸收系数也有所不同，能够得到相应的特征性的吸收曲线，即能谱曲线^[13]。本研究中转移淋巴结的能谱曲线斜率显著高于非转移淋巴结，分析其主要原因是由于肿瘤肿瘤组织侵犯病灶周围正常淋巴结组织，其淋巴结结构发生改变，从而取代正常淋巴结细胞^[14]，此时受侵犯的淋巴结的X线衰减较非转移淋巴结更明显，因此，谱曲线斜率相对较高；与安岁萌等^[15]研究结果较一致，说明能谱曲线能够准确区分淋巴结是否发生转移。本研究显示进展期胃癌患者脉管生成组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率显著高于非脉管生成组($P<0.05$)，分析其主要原因是进展期胃癌组织中存在大量的间质纤维结构，不仅支撑肿瘤细胞，而且还存在大量的新生血管，阻碍了造影剂的廓清^[16]，因此，动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线显著升高，与李真真等^[17]研究结果较一致，说明能谱CT定量参数可以准确反映进展期胃癌患者的脉管生成情况。由于进展期胃癌主要是指癌组织侵犯深度超过黏膜下层的胃癌，患者预后较差，死亡率高^[18]。本研究发现，进展期胃癌患者死亡组中动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率显著高于生存组($P<0.05$)，说明能谱CT定量参数碘浓度、能谱曲线斜率对进展期胃癌患者的预后评估具有重要预测价值。

此外，本研究通过绘制ROC曲线发现，动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率对进展期胃癌患者淋巴结转移、脉管生成及死亡预测的AUC值均大于0.7，说明能谱CT参数对进展期胃癌患者淋巴结转移、脉管生成具有一定的诊断效能，且对患者死亡预测具有一定价值。进一步分析发现，与动脉期碘浓度、门脉期碘浓度、动脉期能谱曲线斜率单独诊断相比较，联合诊断对淋巴结转移的诊断效能最高($P<0.05$)，其AUC值均大于0.8，说明能谱CT碘浓度及能谱曲线斜率有助于鉴别进展期胃癌患者淋巴结转移、脉管生成，同时可以进一步预测患者的预后生存情况。

本研究存在一定局限性：(1)本研究样本量较小，有待扩大样本量进一步分层研究；(2)本研究未对进展期胃癌患者中所有的淋巴结进行测量，仅对最大淋巴结进行研究，今后将对同一患者中的多个淋巴结进行继续研究。

综上所述，能谱CT定量参数中的动脉期碘浓度、门脉期碘浓度以及动脉期能谱曲线斜率对进展期胃癌患者的淋巴结转移、脉管生成有一定的鉴别诊断价值，而且可以有效预测患者的生存预后情况。

参考文献

- 杜云辉,方里新,屈中玉,等.胃癌患者外周血NLR水平、预后营养指数与临床病理特征的关系[J].罕少疾病杂志,2022,29(11):67-69.
- 中国抗癌协会胃癌专业委员会,中国抗癌协会肿瘤胃肠病学专业委员会.胃癌根治术标本的规范化外科处理中国专家共识(2022版)[J].中华胃肠外科杂志,2022,25(2):93-103.
- 中国抗癌协会胃癌专业委员会.局部进展期胃癌规范化淋巴结清扫范围中国专家共识(2022版)[J].中华胃肠外科杂志,2022,25(4):277-283.
- Ilson DH. Advances in the treatment of gastric cancer: 2020-2021[J]. Curr Opin Gastroenterol. 2021, 37(6): 615-618.
- 刘霞,高立永,张弛,等.胃癌组织中基质金属蛋白酶2蛋白表达及微血管密度与患者临床病理特征的关系[J].肿瘤研究与临床,2020,32(6):400-404.
- 付以彬,李晨光,窦文广,等.低剂量能谱CT结合ASIR重建对肺结节良恶性的鉴别诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(4):65-66,75.
- 中华医学学会肿瘤学分会,中华医学杂志社.中华医学学会胃癌临床诊疗指南(2021版)[J].中华医学杂志,2022,102(16):1169-1189.
- 中国抗癌协会胃癌专业委员会.胃癌诊治难点中国专家共识(2020版)[J].中国实用外科杂志,2020,40(8):869-904.
- WANG YUE, LIU WEI, YU YANG, et al. CT radiomics nomogram for the preoperative prediction of lymph node metastasis in gastric cancer[J]. European radiology, 2020, 30(2): 976-986.
- Zhang L, Zheng F, Peng Z, et al. A Feasible Method of Angiogenesis Assessment in Gastric Cancer Using 3D Microvessel Density[J]. Stem Cells Int. 2018, 2018: 7813729.
- 李长健,朱广辉.能谱CT多参数成像在胃腺癌分化程度中的应用价值[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(8):133-135,162.
- 游佳,李颖慧,吴泽航,等.能谱CT动静脉期碘含量差值对胃癌淋巴结转移的预测价值[J].国际医学放射学杂志,2021,44(4):408-414.
- 李长健,朱广辉.能谱CT在胃癌诊断应用中的新进展[J].医学综述,2020,26(6):1209-1213.
- 何佳颖,杨美菊.三维CT在肺部混合磨玻璃结节浸润性评估中的价值[J].罕少疾病杂志,2023,30(6):30-32.
- 安岁萌,魏升,袁漳辰,等.双源CT多定量参数对胃癌的诊断价值及与HER2的相关性[J].现代肿瘤医学,2020,28(15):2697-2701.
- 任铁柱,邓靓丽,李昇霖,等.能谱CT多参数成像在术前评估胃癌脉管及神经侵犯状态中的应用价值[J].中华医学杂志,2022,102(23):1741-1746.
- 李真真,耿云平,尤国庆,等.双能CT影像组学指标对进展期胃癌脉管生成及临床预后的诊断评估价值分析[J].实用癌症杂志,2022,37(3):467-470.
- 徐泽宽,王森,汪未知.胃癌的综合治疗[J].中华消化外科杂志,2022,21(3):335-341.

(收稿日期: 2022-10-25)
(校对编辑: 姚丽娜)