

## ✧腹部影像学

## Dynamic volume perfusion CT imaging for detecting and evaluating pathological type of early gastric cancer

PENG Jincheng<sup>1</sup>, MING Bing<sup>1,2\*</sup>, YANG Lin<sup>1</sup>, ZHANG Shiyong<sup>2</sup>, ZOU Qing<sup>2</sup>,  
LAN Xilin<sup>2</sup>, YU Xi<sup>2</sup>, LIU Ting<sup>2</sup>, SONG Sisi<sup>2</sup>, HUANG Ni<sup>2</sup>

(1. School of Medical Imaging, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, China;

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

**[Abstract]** **Objective** To observe the value of dynamic volume perfusion CT (DVPCT) imaging for detecting and evaluating pathological type of early gastric cancer. **Methods** Data of 127 patients with early gastric cancer confirmed by pathology were retrospectively analyzed. The patients were divided into enhanced CT group ( $n=67$ ) and DVPCT group ( $n=60$ ) according to preoperative examination methods. Clinical and CT data were compared between groups, and tumor enhancement, peak phase and peak time in both portal vein phase and venous phase were compared between patients with early gastric signet ring cell carcinoma (SRCC) and early gastric adenocarcinoma in DVPCT group. Then receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn, the areas under the curves (AUC) were calculated to evaluate the efficacy of time-density curve (TDC) of DVPCT images for differentiating early SRCC and early adenocarcinoma. **Results** The detection rate of tumor, dose-length product and effective dose in DVPCT group were all higher than those in enhanced CT group (all  $P<0.05$ ). No significant difference of patients' age, gender, pathological type, tumor location nor the maximum tumor size was found between groups (all  $P>0.05$ ). Among 52 patients (52/60, 86.67%) with early gastric cancer detected with DVPCT, 12 cases were found with SRCC, 39 cases with adenocarcinomas and 1 case with mucinous adenocarcinoma. Significant difference of tumor enhancement, peak phase and peak time in both portal vein phase and venous phase were found between patients with SRCC or adenocarcinoma. Taken 37.3 s as the optimal cut-off value of peak time, the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, accuracy and AUC was 83.33%, 84.62%, 62.50%, 94.29%, 84.31% and 0.895, respectively. **Conclusion** DVPCT had better detecting ability for early gastric cancer than conventional enhanced CT, which could be used to effectively differentiating early gastric SRCC and early gastric adenocarcinoma according to TCD.

**[Keywords]** stomach neoplasms; carcinoma, signet ring cell; adenocarcinoma; tomography, X-ray computed

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.03.014

## CT 动态容积灌注成像检出早期胃癌并评估其病理分型

彭金成<sup>1</sup>, 明兵<sup>1,2\*</sup>, 杨林<sup>1</sup>, 张仕勇<sup>2</sup>, 邹庆<sup>2</sup>, 兰茜琳<sup>2</sup>, 俞溪<sup>2</sup>, 刘婷<sup>2</sup>, 宋思思<sup>2</sup>, 黄霓<sup>2</sup>

(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** 观察 CT 动态容积灌注(DVPCT)成像检出早期胃癌并鉴别其病理分型的价值。 **方法** 回顾性分析 127 例经病理证实的早期胃癌患者, 根据术前检查方式分为增强 CT 组( $n=67$ )或 DVPCT 组( $n=60$ ); 比较组间一般资料、CT 资料, 以及 DVPCT 组内胃印戒细胞癌(SRCC)与胃腺癌的强化程度、门静脉期与延迟期峰值期相及峰值时间; 绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 计算曲线下面积, 评估 DVPCT 时间-密度曲线(TDC)鉴别早期 SRCC 与腺癌的效能。 **结果** DVPCT 组肿

[第一作者] 彭金成(1998—), 男, 四川德阳人, 在读硕士。研究方向: 腹部影像学。E-mail: pengjc7773@163.com

[通信作者] 明兵, 川北医学院医学影像学院, 637000; 德阳市人民医院放射科, 618000。E-mail: mingbing.mb@163.com

[收稿日期] 2023-12-03 [修回日期] 2024-01-25

瘤检出率、剂量长度乘积及有效剂量均高于增强 CT 组( $P$  均 $<0.05$ )；2 组患者年龄、性别、病理分型、肿瘤位置及肿瘤最大径差异均无统计学意义( $P$  均 $>0.05$ )。52 例(52/60, 86.67%)经 DVPCT 检出早期胃癌的患者中, SRCC 12 例、腺癌 39 例、黏液腺癌 1 例；其中, 早期胃 SRCC 与早期胃腺癌患者肿瘤强化程度、门静脉期及延迟期峰值期相及峰值时间差异均有统计学意义( $P$  均 $<0.05$ )。以峰值时间 37.3 s 为最佳截断值, DVPCT TDC 鉴别早期胃 SRCC 与早期胃腺癌的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率及曲线下面积分别为 83.33%、84.62%、62.50%、94.29%、84.31% 及 0.895。

**结论** DVPCT 检出早期胃癌效果优于常规增强 CT；TDC 可有效鉴别早期胃 SRCC 与早期胃腺癌。

**【关键词】** 胃肿瘤；癌，印戒细胞；腺癌；体层摄影术，X 线计算机

**【中图分类号】** R735.2；R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-3289(2024)03-0387-05

胃癌发病率及死亡率均较高，晚期易出现淋巴结转移及远处转移；而如能早期明确诊断、及时治疗，患者 5 年生存率可超过 97%<sup>[1-2]</sup>。印戒细胞癌(signet-ring cell carcinoma, SRCC)及腺癌均为胃癌常见病理分型。SRCC 恶性程度较高，但有学者<sup>[3]</sup>认为胃早期 SRCC 预后不逊于早期腺癌。故及早发现早期胃癌并明确其病理类型对于制定诊疗决策、改善预后至关重要。目前主要通过胃镜诊断早期胃癌，漏、误诊率达 25%~53%<sup>[4]</sup>。增强 CT 为术前基本影像学检查，但肿瘤检出率不高、评估病理分型能力有限。CT 动态容积灌注成像(dynamic volume perfusion CT, DVPCT)可一站式获取胃病灶最佳对比期、时间密度曲线(time-density curve, TDC)等多维度影像学特征。本研究观察 DVPCT 成像检出早期胃癌并鉴别其病理分型的价值。

## 1 资料与方法

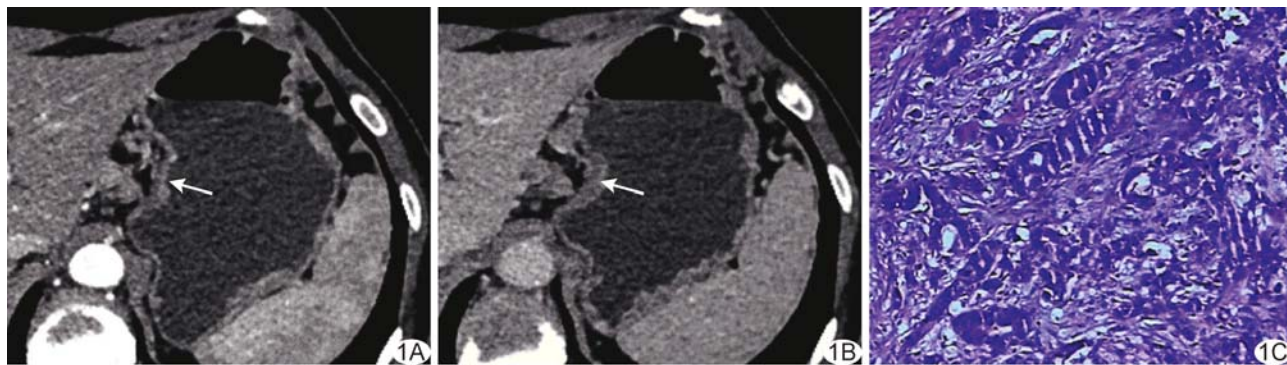
**1.1 研究对象** 回顾性分析 2017 年 8 月—2022 年 11 月 127 例德阳市人民医院经术后病理证实的早期胃癌患者，男 97 例、女 30 例，年龄 43~79 岁、平均(61.9±9.4)岁；根据术前检查方式将其分为增强 CT 组( $n=67$ )或 DVPCT 组( $n=60$ )；增强 CT 组男 47 例、女 20 例，年龄 43~77 岁、平均(62.0±9.4)岁；DVPCT 组男 50 例、女 10 例，年龄 44~79 岁、平均

(61.8±9.5)岁。排除标准：① CT 检查与手术间隔 $>6$  周；②胃充盈不佳；③图像质量不佳；④资料不完整。本研究经院伦理委员会批准(2024-04-019-k01)，检查前患者均签署知情同意书。

**1.2 仪器与方法** 采用 Siemens Somatom Force CT 仪行腹部扫描，范围自肝顶至双肾下极。检查前嘱患者禁食 6~8 h，并于接受扫描前 10~15 min 饮温水 800~1 000 ml。

**1.2.1 增强 CT** 采用 CARE 模式自动调整管电压(参考值 110 kV)及管电流(参考值 90 mAs)；以流速 3.0 ml/s 团注对比剂碘美普尔(400 mgI/ml)80 ml，以膈顶处主动脉 CT 值达 100 HU 后自动延迟 8 s 触发动脉期扫描，分别于其后 39、49 s 行门静脉期及延迟期扫描；以层厚及层间距均为 1 mm 重建图像。

**1.2.2 DVPCT** 采用 DynMulti4D 模式，根据体质指数(body mass index, BMI)调整参数，对 BMI $\leq 25.0$  kg/m<sup>2</sup>者设管电压 70 kV、管电流 100 mAs，对 BMI $>25.0$  kg/m<sup>2</sup>者设 80 kV、60 mAs，转速 0.32 s，Z 轴覆盖范围 17.6 或 22.4 cm；经肘静脉以流速 5.0 ml/s 团注对比剂碘美普尔(400 mgI/ml)80 ml，触发时间 2 s，共扫描 27 次(4.5 s $\times$ 3、1.5 s $\times$ 12、3 s $\times$ 3、6.0 s $\times$ 6 及 9.0 s $\times$ 3)，总扫描时间 96.96 s。采用高级模型迭代重建图像，层厚及层间距均为 1 mm。见图 1~3。



**图 1** 患者女，47 岁，胃体中分化腺癌 A、B. 轴位增强 CT 动脉期(A)及门静脉期(B)图示胃体小弯侧病灶强化与胃黏膜无明显差异；C. 病理图示腺管状结构，细胞核深染，异型性明显(HE,  $\times 200$ ) (箭示病灶)



图2 患者男,64岁,胃体高分化腺癌 A、B.轴位 DVPCT 病灶最佳对比期(A)及门静脉期(B)图示胃体小弯侧病灶强化与胃黏膜存在显著差异; C.病理图示部分腺管状或筛状结构,细胞核深染,异型性明显(HE,×200) (箭示病灶)

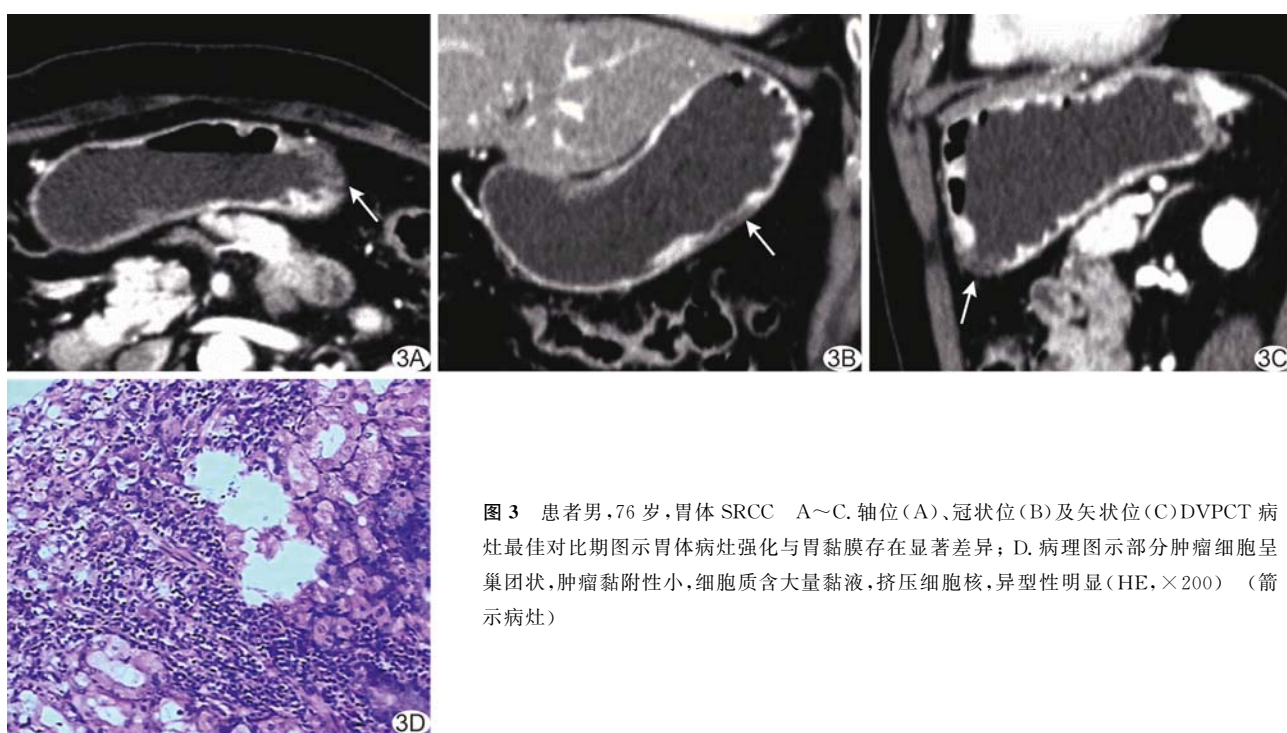


图3 患者男,76岁,胃体 SRCC A~C.轴位(A)、冠状位(B)及矢状位(C)DVPCT 病灶最佳对比期图示胃体病灶强化与胃黏膜存在显著差异; D.病理图示部分肿瘤细胞呈巢团状,肿瘤黏附性小,细胞质含大量黏液,挤压细胞核,异型性明显(HE,×200) (箭示病灶)

1.3 图像分析 将增强 CT 图像上传至图像存储与传输系统 (picture archiving and communication systems, PACS) 行多平面重组 (multiplanar reformation, MPR)。将 DVPCT 图像传输至 Syngo. via 后处理工作站,于动态血管成像模式下行呼吸校正及降噪;分别于腹腔干开口层面的腹主动脉、门静脉主干、病灶及胃黏膜中勾画 ROI 并生成相应 TDC,获取动脉期、病灶最佳对比期、门静脉期及延迟期图像,并传至 PACS。由 2 名具有 5 年以上腹部影像学诊断经验的放射科医师独立阅片,意见不一致时经协商决定。记录 2 组肿瘤检出情况(阳性/阴性)、位置、最大径、剂量长度乘积 (dose-length product, DLP),以及

DVPCT 组肿瘤强化程度(高于/低于胃黏膜)、门静脉期与延迟期峰值期相及峰值时间;计算有效剂量 (effective dose, ED): $ED=0.015 \times DLP$ 。见图 4。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计分析软件。以  $\bar{x} \pm s$  表示符合正态分布的计量资料,行  $t$  检验;以中位数(上下四分位数)表示不符合正态分布的计量资料,行秩和检验。以  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确概率法比较计数资料。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),分析 DVPCT TDC 鉴别早期胃 SRCC 与早期胃腺癌的效能。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

DVPCT 组肿瘤检出率、DLP 及 ED 均高于增强 CT 组 ( $P$  均  $<0.05$ ); 组间患者年龄、性别、病理分型、肿瘤位置及肿瘤最大径差异均无统计学意义 ( $P$  均  $>0.05$ )。见表 1。

52 例经 DVPCT 检出的早期胃癌中, SRCC 12 例, 腺癌 39 例, 黏液腺癌 1 例; 其中, 早期胃 SRCC 与腺癌肿瘤强化程度、门静脉期及延迟期峰值期相及峰值时间差异均有统计学意义 ( $P$  均  $<0.05$ )。见表 2。

ROC 曲线显示, 以 37.3 s 为峰值时间的最佳截断值, DVPCT TDC 鉴别早期胃 SRCC 与早期胃腺癌的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率及 AUC 分别为 83.33%、84.62%、62.50%、94.29%、84.31% 及 0.895。

3 讨论

动脉期增强 CT 显示胃黏膜线较清晰, 有助于检出早期胃癌, 尤其对增厚不明显的癌灶具有重要提示意义<sup>[5]</sup>; 但由于个体差异及不同注射方案, 胃黏膜峰值强化时间不一致, 多基于操作者经验设置扫描时间等, 捕捉扫描期相易不准确, 使早期胃癌与邻近胃黏膜对比度不足而增加漏诊风险。DVPCT 可通过持续扫描目标脏器而同时获得脏器与其内病灶的 TDC, 据以重建病灶最佳对比期等多期增强图像, 有助于避免个体循环差异导致的病灶强化对比不佳; 且相比 64 层常规增强 CT, 基于第三代双源 CT 上腹部 DVPCT 的 ED 较低<sup>[6-7]</sup>。

本研究增强 CT 组对于早期胃癌的检出率为 62.69% (42/67), 与既往研究<sup>[8]</sup> 相符; 而

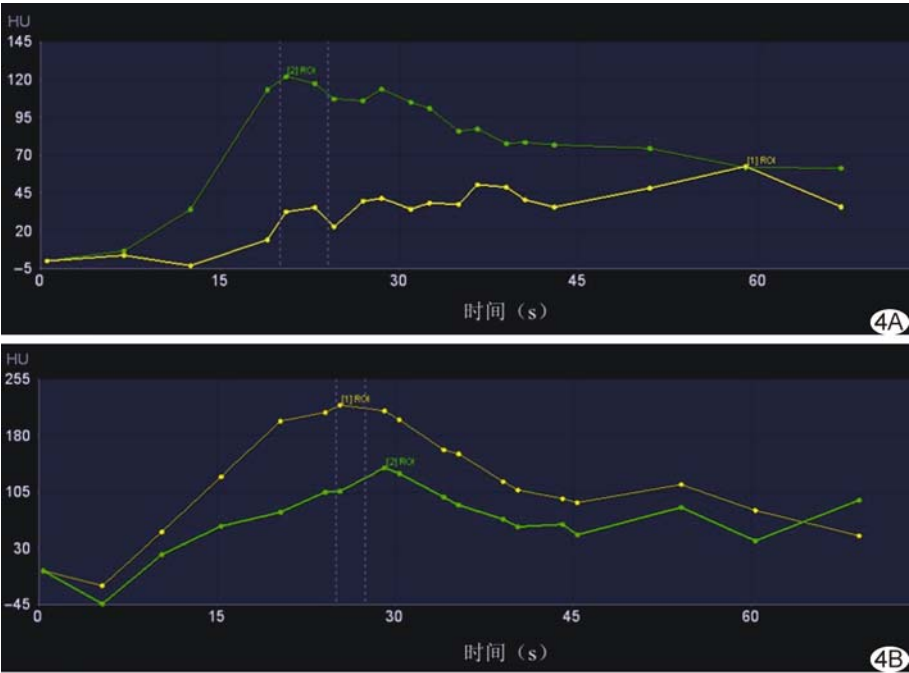


图 4 DVPCT TDC 图 A. 患者男, 76 岁, 胃体 SRCC; B. 患者男, 64 岁, 胃体高分化腺癌 (黄色代表胃癌灶、绿色代表正常胃黏膜)

表 1 接受增强 CT 或 DVPCT 检查的早期胃癌患者一般资料及肿瘤 CT 表现比较

| 组别                    | 年龄(岁)    | 性别(例) |    | 病理分型(例) |      |      |
|-----------------------|----------|-------|----|---------|------|------|
|                       |          | 男     | 女  | 腺癌      | SRCC | 黏液腺癌 |
| 增强 CT 组<br>(n=67)     | 62.0±9.4 | 47    | 20 | 50      | 15   | 2    |
| DVPCT 组<br>(n=60)     | 61.8±9.5 | 50    | 10 | 44      | 15   | 1    |
| t/χ <sup>2</sup> /Z 值 | 0.148    | 3.050 |    | —       |      |      |
| P 值                   | 0.883    | 0.081 |    | 0.934*  |      |      |

| 组别                    | 肿瘤(例) |    | 肿瘤位置(例) |    |    | 肿瘤最大径<br>(cm)   | DLP<br>(mGy·cm) | ED<br>(mSv) |
|-----------------------|-------|----|---------|----|----|-----------------|-----------------|-------------|
|                       | 阳性    | 阴性 | 胃底贲门    | 胃体 | 胃窦 |                 |                 |             |
| 增强 CT 组<br>(n=67)     | 42    | 25 | 6       | 17 | 44 | 2.30(2.00,3.00) | 419.70±169.03   | 6.30±2.54   |
| DVPCT 组<br>(n=60)     | 52    | 8  | 7       | 13 | 40 | 2.30(1.65,3.00) | 632.28±57.07    | 9.48±0.86   |
| t/χ <sup>2</sup> /Z 值 | 9.464 |    | 0.416   |    |    | 0.499           | 9.622           | 9.622       |
| P 值                   | 0.002 |    | 0.812   |    |    | 0.618           | <0.001          | <0.001      |

注: \* : 采用 Fisher 精确概率法

表 2 DVPCT 组内早期胃 SRCC 与腺癌 DVPCT 表现比较

| 病理分型                | 强化程度(例) |       | 峰值期相(例) |     | 峰值时间(s)             |
|---------------------|---------|-------|---------|-----|---------------------|
|                     | 高于胃黏膜   | 低于胃黏膜 | 门静脉期    | 延迟期 |                     |
| SRCC(n=12)          | 4       | 8     | 3       | 9   | 43.50(39.28, 45.58) |
| 腺癌(n=39)            | 28      | 11    | 33      | 6   | 29.10(25.40, 33.80) |
| χ <sup>2</sup> /Z 值 | 4.278   |       | 12.968  |     | 4.111               |
| P 值                 | 0.039   |       | <0.001  |     | <0.001              |

DVPCT 组检出率为 86.67% (52/60), 明显高于增强 CT 组 ( $P < 0.01$ ), 提示 DVPCT 重建的病灶最佳对比期图像可使病灶与邻近胃黏膜强化差异最大化, 有效提高对胃壁增厚不明显病灶的检出率。

局限于黏膜层的早期胃 SRCC 获诊率较低, 其淋巴结转移发生率远低于低-中分化腺癌, 但肿瘤侵入黏膜下层后迅速发生扩散、转移<sup>[9]</sup>, 使得早期诊断对于胃 SRCC 至关重要。既往研究<sup>[10-11]</sup>认为早期胃 SRCC 以轻-中度强化为主, 晚期多明显强化。本研究中, 早期胃 SRCC 强化程度多低于胃黏膜 (8/12, 66.67%), 支持 CHEN 等<sup>[10]</sup>观点; 可能早期 SRCC 纤维组织含量较少、肿瘤细胞胞质分泌黏液而表现为轻-中度强化, 随病情进展, 其内未成熟纤维组织、新生血管含量增加而呈明显强化。本研究经 DVPCT 检出的 12 例 SRCC 中, 延迟期所见强化灶显著多于门静脉期, 与既往研究<sup>[12]</sup>结果一致; 考虑与 SRCC 内部成分为纤维组织取代, 导致细胞通透性减低、对比剂滞留有关, 提示延迟期强化有助于诊断胃 SRCC。此外, 本研究 DVPCT 组中, 早期胃 SRCC 峰值时间明显晚于早期胃腺癌, 以 37.3 s 为最佳截断值, 其鉴别早期胃 SRCC 与早期胃腺癌的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率及 AUC 分别为 83.33%、84.62%、62.50%、94.29%、84.31% 及 0.895, 具有较高鉴别效能。

综上所述, DVPCT 检出早期胃癌效果优于常规增强 CT, 且可根据所获 TDC 有效鉴别早期胃 SRCC 与早期胃腺癌。但本研究为单中心回顾性分析, 样本量有限, 缺少针对详细 CT 诊断征象鉴别病理分型的研究, 有待后续扩大样本量进一步深入观察。

利益冲突: 全体作者声明无利益冲突。

作者贡献: 彭金成研究设计和实施、数据和统计分析、查阅文献、撰写文章; 明兵指导、审阅和修改文章、经费支持; 杨林、邹庆审阅和修改文章; 张仕勇图像分析、审阅和修改文章; 兰茜琳、宋思思、黄霓图像分析和处理; 俞溪、刘婷查阅文献、图像处理、数据分析。

## [参考文献]

- [1] 李靖, 王艺, 魏莹莹, 等. 能谱 CT 术前诊断胃腺癌周围神经侵犯[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(12): 1843-1847.
- [2] 郑云艳, 蓝燕芬, 马明平, 等. 术前双能量 CT 定量参数预测临床 I ~ II 期胃腺癌侵袭性病理特征[J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(1): 56-60.
- [3] KAO Y C, FANG W L, WANG R F, et al. Clinicopathological differences in signet ring cell adenocarcinoma between early and advanced gastric cancer[J]. Gastric Cancer, 2019, 22(2): 255-263.
- [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] 谭玲玉, 王玉婷, 刘松, 等. 增强 CT 动脉期时相对胃黏膜线显示效果的研究[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(5): 836-839.
- [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, 54(5): 423-429.
- [7] 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.
- [8] PARK H S, LEE J M, KIM S H, et al. Three-dimensional MDCT for preoperative local staging of gastric cancer using gas and water distention methods: A retrospective cohort study[J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(6): 1316-1323.
- [9] WANG Y, LI Y, WANG B, et al. Early onset, development and histological features of gastric signet-ring cell carcinoma [J]. Front Oncol, 2023, 13: 1166549.
- [10] CHEN J, CAI R, REN G, et al. Differences in clinicopathological characteristics and computed tomography findings between signet ring cell carcinoma and nonsignet ring cell carcinoma in early and advanced gastric cancer[J]. Cancer Med, 2018, 7(4): 1160-1169.
- [11] 周金金, 关文华, 强军, 等. 胃印戒细胞癌的增强 CT 诊断与鉴别诊断[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(6): 972-975.
- [12] 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.