

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2024.23.004  
文章编号: 1005-8982 (2024) 23-0020-07

影像诊断学专题·论著

## 术前能谱CT扫描参数联合肿瘤标志物 对胃癌患者预后评估价值的研究\*

张帅帅, 杨永东

(榆林市第一医院 影像科, 陕西 榆林 718000)

**摘要:** **目的** 探讨术前能谱CT扫描参数联合肿瘤标志物对胃癌患者预后评估的价值。**方法** 选取2020年12月—2022年6月榆林市第一医院收治的159例胃癌患者。所有患者行胃癌切除术, 术后随访2年。因治疗方案改变脱落5例, 病情变化脱落3例, 没有完成随访脱落5例, 最终纳入146例。41例肿瘤复发、肿瘤转移、死亡患者为预后不良组, 其余105例为预后良好组。收集所有患者的临床资料; 所有患者术前接受能谱CT扫描, 记录动脉期和静脉期的碘浓度(IC)及标准化碘基值(nIC); 检测术前血清肿瘤标志物癌胚抗原(CEA)和肿瘤特异性生长因子(TSGF)水平。采用多因素一般Logistic回归模型分析预后的影响因素, 建立列线图预测模型并进行验证。**结果** 预后不良组患者的CT平扫值、动脉期和静脉期IC、动脉期和静脉期nIC均高于预后良好组( $P < 0.05$ )。多因素一般Logistic回归分析结果表明, CT平扫值[OR = 2.073(95% CI: 1.006, 4.272)]、动脉期IC[OR = 3.156(95% CI: 1.476, 6.706)]、静脉期IC[OR = 3.069(95% CI: 1.494, 6.303)]、动脉期nIC[OR = 2.304(95% CI: 1.076, 4.933)]、静脉期nIC[OR = 2.016(95% CI: 1.014, 4.011)]、CEA水平[OR = 4.338(95% CI: 1.852, 10.162)]和TSGF水平[OR = 2.222(95% CI: 1.103, 4.475)]均是影响患者预后不良的危险因素( $P < 0.05$ )。校准曲线的平均绝对误差为0.027, 表明模型的预测准确度高, 预测误差小。**结论** 胃癌患者术前行能谱CT扫描和肿瘤标志物水平检测有助于评估预后情况。

**关键词:** 胃癌根治术; 肿瘤标志物; 能谱CT扫描; 预后不良

**中图分类号:** R735.2

**文献标识码:** A

## Study on the preoperative dual-energy CT scan parameters combined with tumor markers for prognostic assessment in gastric cancer patients\*

Zhang Shuai-shuai, Yang Yong-dong

(Department of Imaging, Yulin First Hospital, Yulin, Shaanxi 718000, China)

**Abstract: Objective** To explore the applicational value of preoperative dual-energy CT scan parameters combined with tumor markers levels in assessing the prognosis of patients with gastric cancer. **Methods** The study included 159 gastric cancer patients treated at our institution from December 2020 to June 2022, all of whom underwent gastrectomy. A two-year follow-up was conducted post-surgery, 5 were dropped due to changes in treatment plans, 3 due to disease progression, and 5 due to incomplete follow-up. Ultimately, 146 cases were included for statistical analysis. 41 patients experiencing recurrence, metastasis, or death classified into the poor prognosis group, while other 105 patients were classified as the good prognosis group. Patient demographics were collected, and all patients underwent a preoperative dual-energy CT scan, recording parameters such as CT plain

收稿日期: 2024-08-09

\* 基金项目: 陕西省重点研发计划项目(No: 2021SF-135)

[通信作者] 杨永东, E-mail: 18891529057@163.com; Tel: 18891529057

scan value, arterial phase iodine concentration (arterial IC), venous phase iodine concentration (venous IC), arterial phase normalized iodine value (arterial nIC), and venous phase normalized iodine value (venous nCI). Preoperative serum levels of carcinoembryonic antigen (CEA) and tumor-specific growth factor (TSGF) were also measured. Logistic regression analysis was used to explore the relationship between dual-energy CT scan parameters, tumor markers levels, and patient prognosis, and a nomogram prediction model was established. **Results** Comparisons of plain CT values, arterial and venous phase IC, arterial nIC, and venous nIC between groups with good and poor prognosis, were statistically significant ( $P < 0.05$ ); patients in the poor prognosis group had higher values in all these measures. Multivariable analysis indicated that plain CT value [ $\hat{OR} = 2.073$  (95% CI: 1.006, 4.272)], arterial phase IC [ $\hat{OR} = 3.156$  (95% CI: 1.476, 6.706)], venous phase IC [ $\hat{OR} = 3.069$  (95% CI: 1.494, 6.303)], arterial phase nIC [ $\hat{OR} = 2.304$  (95% CI: 1.076, 4.933)], venous phase nIC [ $\hat{OR} = 2.016$  (95% CI: 1.014, 4.011)], CEA level [ $\hat{OR} = 4.338$  (95% CI: 1.852, 10.162)], and TSGF level [ $\hat{OR} = 2.222$  (95% CI: 1.103, 4.475)] were risk factors for poor prognosis ( $P < 0.05$ ). The calibration curve showed a mean absolute error of 0.027, indicating high predictive accuracy and low prediction error of the model. **Conclusion** Preoperative dual-energy CT scanning and tumor markers level assessment are valuable for prognostic evaluation in gastric cancer patients.

**Keywords:** gastric cancer resection; tumor markers; dual-energy CT scanning; poor prognosis

胃癌的早期诊断及预后评估对治疗效果有重要影响<sup>[1]</sup>, 手术是治疗胃癌的首选方法<sup>[2]</sup>, 但术后的复发与转移是影响患者长期预后的主要因素<sup>[3]</sup>。在这一背景下, 影像学技术, 特别是能谱计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 已成为胃癌诊断和预后中不可或缺的工具<sup>[4]</sup>。能谱 CT 能提供肿瘤的详细血管供应情况及组织成分的信息, 其参数对判断肿瘤的恶性程度和侵袭性具有潜在价值。肿瘤标志物是肿瘤组织自身产生或机体对肿瘤反应产生, 可反映肿瘤存在和生长的一类生化物质。其随肿瘤变化可在组织、体液及排出物中表现出质或量的改变, 通常与肿瘤的发生、发展或治疗响应相关<sup>[5]</sup>。因此, 这种联合应用可以更全面地反映肿瘤的生物行为, 可进一步增强预后评估的准确性。然而, 其精确的应用范围、最佳参数选择和长期预后评估的效果仍需进一步的研究和验证。本研究通过分析能谱 CT 扫描参数与肿瘤标志物在胃癌预后评估中的应用价值, 旨在为临床提供更科学和有效的预后信息。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2020 年 12 月—2022 年 6 月榆林市第一医院收治的 159 例胃癌患者, 所有患者行胃癌切除术。术后对所有患者进行为期 2 年的随访, 因治疗方案改变脱落 5 例, 病情变化脱落 3 例, 没有完成随访脱落 5 例, 最终纳入 146 例。41 例复发、转移、死亡患

者设为预后不良组, 其余 105 例为预后良好组。纳入标准: ①符合《中国临床肿瘤学会 (CSCO) 原发性胃癌诊疗指南 (2017.V1)》<sup>[6]</sup> 中胃癌的诊断标准, 并通过影像学检查和病理检查确诊; ②符合胃癌根治术指征; ③未发生远处转移; ④初次确诊且术前未接受化疗、放疗或免疫抑制治疗。排除标准: ①合并其他部位恶性肿瘤; ②存在血液系统疾病或免疫系统疾病; ③存在心脏、肾脏等重要器官功能障碍; ④对比剂过敏。本研究经医院医学伦理委员会批准, 患者及家属均签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 一般资料收集** 通过临床病历收集系统和调查问卷采集所有患者的性别、年龄、体质量指数 (body mass index, BMI)、既往疾病史、病理信息、胃切除范围、术后化疗方式。患者入院 24 h 内采集其外周静脉血, 3 000 r/min 离心 10 min, 取上清液, 检测白细胞计数、血小板压积、红细胞压积、肌酐、血钙、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、三酰甘油 (triglycerides, TG)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、白蛋白等生化指标。

**1.2.2 影像学检查方法** 所有患者术前均接受能谱 CT 检查, 禁食 12 h 后, 使用美国 GE 公司生产的 256 Revolution CT 自膈顶至耻骨联合上缘进行全腹扫描。检查前 10 min 进行屏气呼吸训练, 并服用 800 mL 温开水以优化图像质量。使用肘前静脉通

路,以 4.0 mL/s 速率注射 2.0 mL/kg 非离子型碘佛醇对比剂。采用 Bolus Tracking 技术,在腹主动脉 CT 值达到 100 HU 时,分别在 10 s 和 50 s 后进行动脉期和静脉期扫描。感兴趣区域面积  $\geq 68 \text{ mm}^2$ , 避开边缘及病变区,记录动脉期和静脉期的碘浓度 (iodine concentration, IC) 及标准化碘基值 (normalized iodine concentration, nIC)。

**1.2.3 肿瘤标志物检测** 采集患者术前空腹外周静脉血,采用酶联免疫吸附试验检测癌胚抗原 (carcinoembryonic antigen, CEA) 和肿瘤特异性生长因子 (tumor-specific growth factor, TSGF) 水平。试剂盒均购自上海逸峰生物科技有限公司。

**1.2.4 随访** 通过住院、门诊及电话等方式对所有患者进行为期 2 年的随访。要求患者每 3 个月复查 1 次。将患者出现肿瘤复发、肿瘤转移、新病灶、死亡等情况定义为预后不良,其他患者为预后良好。

**1.3 统计学方法**

数据分析采用 SPSS 26.0 和 R4.0 统计软件。计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,比较用  $t$  检验;计数资料以构成比 (%) 表示,比较采用  $\chi^2$  检验;影响因素的分析采用多因素一般 Logistic 回归模型;构建列线图预测模型,通过校正曲线评估列线图模型的预测效能,Bootstrap 重复采样 1 000 次进行内部验证。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 两组患者基本资料比较**

146 例预后不良占比为 28.08% (41/146)。预后不良组与预后良好组患者一般资料比较,差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 1。

**2.2 两组患者能谱 CT 扫描参数比较**

两组患者的 CT 平扫值、动脉和静脉期 IC、动脉期 nIC 和静脉 nIC 的比较,经  $t$  检验,差异均有统

表 1 两组患者基本资料比较

| 组别             | n   | 男/女/例 | 年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ ) | BMI/(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ ) | 高血压 例(%)  | 糖尿病 例(%)  | 肿瘤直径/(cm, $\bar{x} \pm s$ ) |
|----------------|-----|-------|--------------------------|--|-----------|-----------|-----------------------------|
| 预后不良组          | 41  | 25/19 | 64.80 $\pm$ 7.64         | 23.31 $\pm$ 3.35                           | 19(46.34) | 12(29.27) | 6.59 $\pm$ 1.19             |
| 预后良好组          | 105 | 54/51 | 62.67 $\pm$ 7.41         | 23.47 $\pm$ 3.58                           | 45(42.86) | 29(27.62) | 6.38 $\pm$ 1.10             |
| $\chi^2 / t$ 值 |     | 0.362 | 1.547                    | 0.247                                      | 0.145     | 0.04      | 1.013                       |
| P 值            |     | 0.548 | 0.124                    | 0.805                                      | 0.703     | 0.842     | 0.313                       |

| 组别             | 病理类型/例    |           |           | TNM 分期/例  |           |           | 分化程度/例    |           |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | 管状腺癌      | 黏液腺癌      | 印戒细胞癌     | I 期       | II 期      | III 期     | 低分化       | 中高分化      |
| 预后不良组          | 9(36.59)  | 14(36.59) | 18(36.59) | 15(36.59) | 19(46.34) | 7(17.07)  | 14(34.15) | 27(65.85) |
| 预后良好组          | 28(40.95) | 35(40.95) | 42(40.95) | 43(40.95) | 50(47.62) | 12(11.43) | 31(29.92) | 74(70.48) |
| $\chi^2 / t$ 值 |           | 0.374     |           |           | 0.874     |           |           | 0.295     |
| P 值            |           | 0.830     |           |           | 0.646     |           |           | 0.587     |

| 组别             | 切除范围(全胃/部分)/例 | 手术时间/(min, $\bar{x} \pm s$ ) | 术中出血量/(mL, $\bar{x} \pm s$ ) | 术后辅助化疗(SOX/FOLFOX)/例 | 白细胞计数/( $\times 10^9/L$ , $\bar{x} \pm s$ ) | 血小板压积/(%, $\bar{x} \pm s$ ) | 红细胞压积/(%, $\bar{x} \pm s$ ) |
|----------------|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| 预后不良组          | 16/25         | 92.47 $\pm$ 10.82            | 125.24 $\pm$ 15.62           | 17/24                | 14.15 $\pm$ 2.69                            | 0.22 $\pm$ 0.07             | 42.38 $\pm$ 4.72            |
| 预后良好组          | 45/60         | 92.15 $\pm$ 10.50            | 124.78 $\pm$ 15.49           | 51/54                | 14.10 $\pm$ 2.42                            | 0.23 $\pm$ 0.08             | 42.77 $\pm$ 4.89            |
| $\chi^2 / t$ 值 | 0.178         | 0.164                        | 0.161                        | 0.599                | 0.109                                       | 0.702                       | 0.437                       |
| P 值            | 0.673         | 0.870                        | 0.872                        | 0.439                | 0.914                                       | 0.484                       | 0.663                       |

| 组别             | 血钙/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | 肌酐/( $\mu\text{mol/L}$ , $\bar{x} \pm s$ ) | TC/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | TG/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | LDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | HDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | 白蛋白/(g/L, $\bar{x} \pm s$ ) |
|----------------|-------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 预后不良组          | 2.34 $\pm$ 0.50               | 66.51 $\pm$ 6.45                           | 5.34 $\pm$ 0.95               | 3.18 $\pm$ 0.74               | 3.07 $\pm$ 0.69                  | 1.17 $\pm$ 0.35                  | 45.56 $\pm$ 4.85            |
| 预后良好组          | 2.39 $\pm$ 0.52               | 66.69 $\pm$ 6.62                           | 5.26 $\pm$ 0.84               | 3.12 $\pm$ 0.69               | 2.99 $\pm$ 0.51                  | 1.19 $\pm$ 0.38                  | 46.39 $\pm$ 5.62            |
| $\chi^2 / t$ 值 | 0.528                         | 0.149                                      | 0.498                         | 0.463                         | 0.768                            | 0.292                            | 0.832                       |
| P 值            | 0.598                         | 0.882                                      | 0.619                         | 0.644                         | 0.444                            | 0.771                            | 0.407                       |

计学意义 ( $P < 0.05$ ); 预后不良组患者的 CT 平扫值、动脉和静脉期 IC、动脉期和静脉 nIC 均高于预后良好组。见表 2。

表 2 两组患者能谱 CT 扫描参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | n   | CT平扫值/(HU)       | 动脉期IC/( $\times 100 \mu\text{g/mL}$ ) | 静脉期IC/( $\times 100 \mu\text{g/mL}$ ) | 动脉期nIC          | 静脉期nIC          |
|-------|-----|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| 预后良好组 | 105 | 60.05 $\pm$ 7.13 | 14.14 $\pm$ 2.48                      | 21.45 $\pm$ 3.01                      | 0.15 $\pm$ 0.04 | 0.45 $\pm$ 0.16 |
| 预后不良组 | 41  | 65.07 $\pm$ 7.35 | 16.56 $\pm$ 2.73                      | 24.72 $\pm$ 3.38                      | 0.18 $\pm$ 0.06 | 0.59 $\pm$ 0.22 |
| t 值   |     | 3.739            | 4.934                                 | 5.411                                 | 2.952           | 3.707           |
| P 值   |     | 0.000            | 0.000                                 | 0.000                                 | 0.001           | 0.000           |

### 2.3 两组患者肿瘤标志物水平比较

两组患者 CEA 和 TSGF 的比较, 经  $t$  检验, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 预后不良组患者的 CEA 和 TSGF 均高于预后良好组。见表 3。

### 2.4 能谱 CT 扫描参数、肿瘤标志物水平与预后的关系

以患者预后是否不良 (否 = 0, 是 = 1) 为因变量, 以 CT 平扫值、动脉 IC 和静、脉期 IC、动脉期 nIC、静脉 nIC、CEA、TSGF 为自变量 (赋值均为实测值), 进行多因素一般 Logistic 回归分析, 结果显示: CT 平扫值 [ $\hat{OR} = 2.073$  (95% CI: 1.006, 4.272)], 动脉期 IC [ $\hat{OR} = 3.156$  (95% CI: 1.476, 6.706)], 静脉期 IC [ $\hat{OR} = 3.069$  (95% CI: 1.494, 6.303)], 动脉期 nIC [ $\hat{OR} = 2.304$  (95% CI: 1.076, 4.933)], 静脉期 nIC [ $\hat{OR} = 2.016$  (95% CI: 1.014, 4.011)], CEA 水平 [ $\hat{OR} = 4.338$  (95% CI: 1.852, 10.162)] 和 TSGF 水平 [ $\hat{OR} = 2.222$  (95% CI: 1.103, 4.475)] 均是影响患者预后不良的危险因素 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 3 两组患者肿瘤标志物水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | n   | CEA/(ng/mL)     | TSGF/(u/mL)      |
|-------|-----|-----------------|------------------|
| 预后良好组 | 105 | 3.43 $\pm$ 0.69 | 60.12 $\pm$ 7.42 |
| 预后不良组 | 41  | 4.29 $\pm$ 0.95 | 68.26 $\pm$ 7.85 |
| t 值   |     | 5.274           | 5.716            |
| P 值   |     | 0.000           | 0.000            |

### 2.5 预后不良风险因素预测模型及验证

根据多因素分析结果建立列线图模型, 结果显示 CT 平扫值 ( $P = 0.048$ )、动脉 ( $P = 0.003$ ) 和静脉期 IC ( $P = 0.002$ )、动脉期 ( $P = 0.032$ ) 和静脉 nIC ( $P = 0.046$ )、CEA ( $P = 0.001$ )、TSGF 值 ( $P = 0.025$ ) 越高的患者, 预后不良的风险越高, 见图 1。

校准曲线接近理想的诊断试验特性曲线, 反映了模型的预测概率与观察到的预后不良风险具有较高的一致性。曲线的平均绝对误差为 0.027, 表明模型的预测准确度高, 预测误差小, 见图 2。

表 4 胃癌根治术患者预后不良的多因素一般 Logistic 回归分析参数

| 自变量    | b     | $S_b$ | Wald $\chi^2$ | P 值   | $\hat{OR}$ | 95% CI |        |
|--------|-------|-------|---------------|-------|------------|--------|--------|
|        |       |       |               |       |            | 下限     | 上限     |
| CT平扫值  | 0.729 | 0.369 | 3.901         | 0.048 | 2.073      | 1.006  | 4.272  |
| 动脉期IC  | 1.146 | 0.386 | 8.813         | 0.003 | 3.156      | 1.476  | 6.706  |
| 静脉期IC  | 1.121 | 0.367 | 9.319         | 0.002 | 3.069      | 1.494  | 6.303  |
| 动脉期nIC | 0.835 | 0.388 | 4.616         | 0.032 | 2.304      | 1.076  | 4.933  |
| 静脉期nIC | 0.701 | 0.351 | 3.993         | 0.046 | 2.016      | 1.014  | 4.011  |
| CEA    | 1.468 | 0.434 | 11.421        | 0.001 | 4.338      | 1.852  | 10.162 |
| TSGF   | 0.798 | 0.357 | 4.995         | 0.025 | 2.222      | 1.103  | 4.475  |

### 2.6 预测模型外部验证

另选取 2020 年 12 月—2022 年 6 月榆林市第一医院收治的 101 例胃癌患者进行外部验证。根据

术后 2 年的随访结果分为预后良好组 76 例和预后不良组 25 例。预后良好组与预后不良组患者的 CT 平扫值、动脉和静脉期 IC、动脉期 nIC、静脉

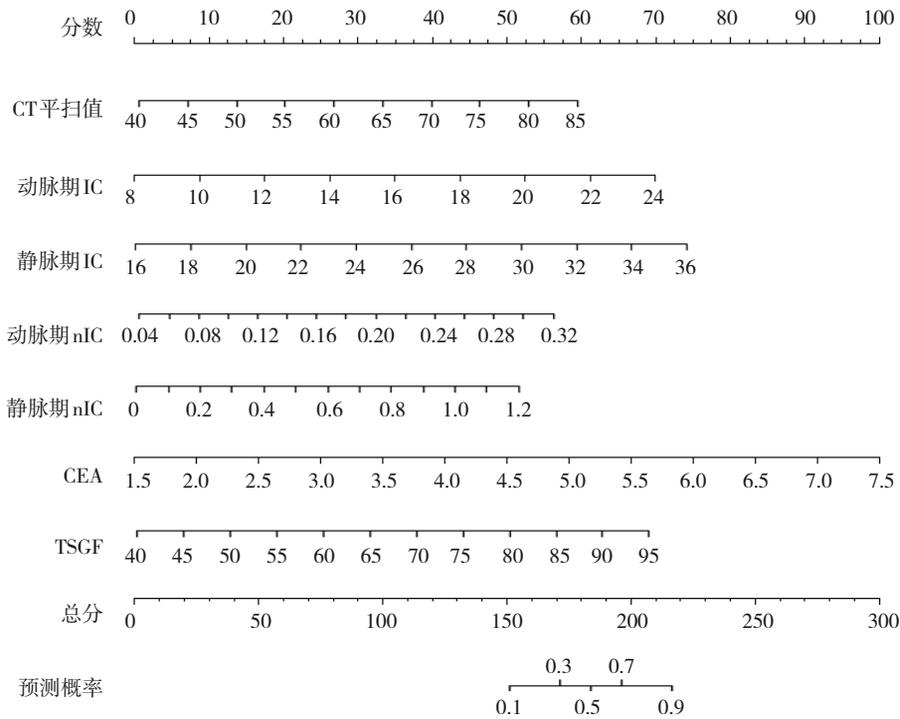


图 1 预后不良风险因素预测模型

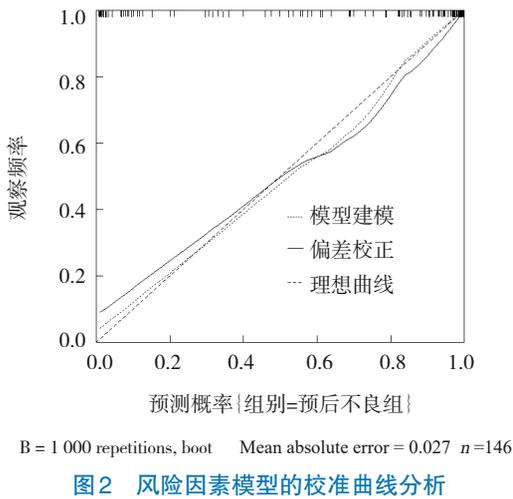


图 2 风险因素模型的校准曲线分析

nIC、CEA 和 TSGF 的比较,经  $t$  检验,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ );预后不良组患者的 CT 平扫值、动脉和静脉期 IC、动脉期和静脉 nIC、CEA 和 TSGF

均高于预后良好组。校准曲线的平均绝对误差为 0.036,表明模型的预测准确度高,预测误差小。见图 3 和表 5。

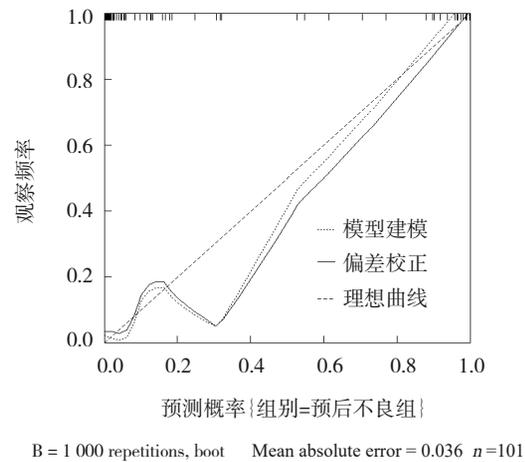


图 3 风险因素模型的校准曲线外部验证

表 5 两组患者能谱 CT 扫描参数和肿瘤标志物水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | $n$ | CT平扫值/<br>(HU)   | 动脉期IC/<br>( $\times 100 \mu\text{g/mL}$ ) | 静脉期IC/<br>( $\times 100 \mu\text{g/mL}$ ) | 动脉期nIC          | 静脉期nIC          | CEA/<br>(ng/mL) | TSGF/<br>(u/mL)  |
|-------|-----|------------------|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 预后良好组 | 76  | 59.81 $\pm$ 7.03 | 14.02 $\pm$ 2.24                          | 20.90 $\pm$ 2.69                          | 0.14 $\pm$ 0.05 | 0.42 $\pm$ 0.18 | 3.29 $\pm$ 0.64 | 61.47 $\pm$ 7.35 |
| 预后不良组 | 25  | 65.11 $\pm$ 7.48 | 16.69 $\pm$ 2.69                          | 24.47 $\pm$ 3.42                          | 0.18 $\pm$ 0.07 | 0.60 $\pm$ 0.27 | 4.12 $\pm$ 0.88 | 68.99 $\pm$ 7.96 |
| $t$ 值 |     | 3.219            | 4.913                                     | 5.369                                     | 3.125           | 3.800           | 5.101           | 4.347            |
| $P$ 值 |     | 0.002            | 0.000                                     | 0.000                                     | 0.000           | 0.000           | 0.000           | 0.000            |

### 3 讨论

胃癌根治术可彻底清除肿瘤组织并防止癌症的进一步发展<sup>[7]</sup>,但术后复发和转移等预后不良情况会严重影响患者的生存率和生活质量<sup>[8]</sup>。因此,早期预测和准确评估术后预后具有重要的临床意义。在现代医学中,影像学技术在胃癌的评估中起到了关键作用,能够提供关于肿瘤血供、组织结构和可能的转移路径的详细信息<sup>[9]</sup>。能谱 CT 能够通过对比碘浓度的不同阶段提供更精确的肿瘤特征分析<sup>[10]</sup>,但单一的影像学方法仍存在局限性,可能无法全面揭示肿瘤的生物行为和微观结构变化。而肿瘤标志物能够反映肿瘤的存在和活性,对胃癌的早期发现和监测治疗效果至关重要<sup>[11]</sup>。联合使用能谱 CT 和肿瘤标志物检测,能更全面地评估肿瘤的生物特性及其对治疗的反应<sup>[12]</sup>,从而优化患者的管理方案。

本研究结果显示,预后不良组患者的 CT 平扫值、动脉和静脉期 IC、动脉期和静脉 nIC 均高于预后良好组。这些参数的提升反映了肿瘤的血管密度和血流动态的变化,是能谱 CT 扫描的关键指标<sup>[13]</sup>。根据 YUAN 等<sup>[10]</sup>的研究,能谱 CT 通过采集和分析不同能量水平下的 X 射线吸收数据,能够区分并量化组织中的碘含量,从而提供关于肿瘤血管化和组织特性的详细信息。PAN 等<sup>[14]</sup>也指出,高碘浓度通常与肿瘤的高血供相关,表明肿瘤具有更多的活跃血管和较高的代谢活性,这些特征往往与恶性程度高、侵袭性强和较差的预后相关。因为肿瘤细胞因缺氧或营养不足而分泌的促血管生成因子,会刺激周围正常组织的血管增生,并向肿瘤区域增加血流,以支持其快速增长和代谢需求<sup>[15]</sup>。同时,高血供增加了对比剂的到达和积聚,肿瘤区域在能谱 CT 中呈现出高碘浓度,使这些区域的影像更突出。BAI 等<sup>[16]</sup>则在研究中表明,高血供不仅支持肿瘤的生长和生存,而且促进了肿瘤远处转移。因此,预后不良患者的术前能谱 CT 参数高于预后良好患者可能是由于这些患者的肿瘤更具有侵袭性,有更强的生长和扩散潜力<sup>[17]</sup>。肿瘤标志物在胃癌的诊断和预后评估中扮演着重要角色,因为其在肿瘤细胞增殖、侵袭和转移时表达增加,能够反映肿瘤的生物行为 and 疾病进

展<sup>[18-19]</sup>。本研究结果表明,预后不良组患者术前 CEA 和 TSGF 水平均高于预后良好组。CEA 原本在胚胎期的消化道组织中表达,成人正常组织的表达量较低<sup>[20]</sup>。根据 GULEKEN 等<sup>[21]</sup>的研究结果,CEA 在某些癌症,尤其是结肠癌和胃癌中,其表达量会显著上升。而 TSGF 是一种与肿瘤生长和发展密切相关的生长因子,其在多种肿瘤中的表达增加与肿瘤细胞的增殖、侵袭和血管生成活动有关<sup>[22]</sup>。高水平的 TSGF 不仅提示肿瘤的活跃性和进展速度,而且反映了肿瘤的侵袭深度和转移潜力<sup>[23]</sup>。术前,预后不良组患者的 CEA 和 TSGF 水平高于预后良好组,可能是因为这些患者的肿瘤更大、侵袭力强或有更明显的微环境改变,如促进血管新生和局部免疫抑制,这些都是肿瘤恶化和转移的促进因素。因此,这些标志物的升高不仅反映了肿瘤的生物行为 and 临床进展,也为早期识别高风险患者、制订个性化的治疗计划,以及预后评估提供了重要信息。多因素一般 Logistic 回归分析结果也显示,能谱 CT 扫描参数和肿瘤标志物均是影响患者预后情况的危险因素,且 CT 平扫值、动脉和静脉期 IC、动脉期和静脉 nIC、CEA、TSGF 值越高的患者,预后不良的风险越高。也说明肿瘤标志物与影像学检测结合,有助于增强对胃癌患者病情的了解和预后的准确性。因为影像学技术提供了肿瘤的结构和解剖信息,而肿瘤标志物则提供了关于肿瘤活性和生物学特性的分子水平信息<sup>[24]</sup>。这种多模态方法可以帮助医生更精确地评估肿瘤的局部扩展、远处转移的可能性,以及治疗后的响应。

综上所述,能谱 CT 扫描参数、肿瘤标志物均与肿瘤的侵袭性和恶性程度密切相关,可作为预后不良的预测因素。然而,本研究也存在一些局限性,如样本量相对较小,且研究的是单一中心数据,可能影响结果的普遍适用性。今后的研究应扩大样本量并进行多中心、多地区协作研究,以增加研究的代表性和结果的外推性。此外,应考虑引入更多种类的生物标志物和影像学参数,采用多模态诊断策略来提高预后预测的准确性。还需进一步探讨这些生物标志物在不同分子亚型和临床分期胃癌患者中的差异性表现,以期开发出更精准的个体化治疗方案。

## 参 考 文 献 :

- [1] LIGATO I, DOTTORI L, SBARIGIA C, et al. Systematic review and meta-analysis: Risk of gastric cancer in patients with first-degree relatives with gastric cancer[J]. *Aliment Pharmacol Ther*, 2024, 59(5): 606-615.
- [2] 丰陈, 仇晓娟, 邢凡, 等. 深度肌松低腹压与深度肌松高腹压用于腹腔镜下胃癌根治术的临床效果比较[J]. *河北医科大学学报*, 2022, 43(8): 950-955.
- [3] 韩文峰, 李诗鹏, 魏航之, 等. 术前外周血中性粒细胞与淋巴细胞比值对老年胃癌根治术预后的预测价值[J]. *中华消化外科杂志*, 2020, 19(12): 1305-1312.
- [4] DENG J, ZHANG W, XU M, et al. Value of spectral CT parameters in predicting the efficacy of neoadjuvant chemotherapy for gastric cancer[J]. *Clin Radiol*, 2024, 79(1): 51-59.
- [5] PANG C H, MA Y B, SHI W Y, et al. Prognostic significance of serum tumor markers in various pathologic subtypes of gastric cancer[J]. *J Gastrointest Surg*, 2024, 28(5): 694-702.
- [6] 中国临床肿瘤学会指南工作委员会. 中国临床肿瘤学会(CSCO)原发性胃癌诊疗指南(2017.V1)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 26-29.
- [7] TU R H, LIN M, LIN J X, et al. Laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer: long-term outcome in a teaching center[J]. *Asian J Surg*, 2024, 47(1): 459-465.
- [8] 蒋大平, 徐华平, 方华进, 等. 影响胃癌根治术后患者预后效果的相关因素分析[J]. *中国现代医学杂志*, 2020, 30(4): 39-43.
- [9] 任铁柱, 邓靓娜, 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.
- [10] YUAN X, QUAN X, CHE X L, et al. Preoperative prediction of the lymphovascular tumor thrombus of colorectal cancer with the iodine concentrations from dual-energy spectral CT[J]. *BMC Med Imaging*, 2023, 23(1): 103.
- [11] GUO L, WANG Q, CHEN K, et al. Prognostic value of combination of inflammatory and tumor markers in resectable gastric cancer[J]. *J Gastrointest Surg*, 2021, 25(10): 2470-2483.
- [12] 陈琼英, 赵雪峰, 韩福刚. 胃癌能谱CT表现与肿瘤标志物CEA、CYFRA21-1浓度的相关性[J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(13): 3148-3151.
- [13] REN T Z, ZHANG W J, LI S L, et al. Combination of clinical and spectral-CT parameters for predicting lymphovascular and perineural invasion in gastric cancer[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2022, 103(12): 584-593.
- [14] PAN C H, DAI F, SHENG L L, et al. Clinical application of spectral CT perfusion scanning in evaluating the blood supply source of portal vein tumor thrombus in hepatocellular carcinoma[J]. *Front Oncol*, 2024, 13: 1348679.
- [15] LI Z P, NING F, WANG C D, et al. Normalization of the tumor microvasculature based on targeting and modulation of the tumor microenvironment[J]. *Nanoscale*, 2021, 13(41): 17254-17271.
- [16] BAI J A, SONG J H, ZHANG Y, et al. Transcatheter arterial embolization in patients with neuroendocrine neoplasms related to liver metastasis with different blood supplies[J]. *Cancer Med*, 2023, 12(18): 18578-18587.
- [17] 陈小华, 柴亚如, 任柯, 等. 能谱CT对根治性胃癌患者预后的判断价值[J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38(2): 245-249.
- [18] LIN J P, LIN J X, MA Y B, et al. Prognostic significance of pre- and post-operative tumour markers for patients with gastric cancer[J]. *Br J Cancer*, 2020, 123(3): 418-425.
- [19] 林琳, 孙开裕, 谭文凯, 等. 术前血常规联合血清肿瘤标志物在胃癌腹膜转移中的检测及临床意义[J]. *中华实验外科杂志*, 2022, 39(2): 227-230.
- [20] SILVEIRA M J, MARTINS C, CRUZ T, et al. scFv biofunctionalized nanoparticles to effective and safe targeting of CEA-expressing colorectal cancer cells[J]. *J Nanobiotechnology*, 2023, 21(1): 357.
- [21] GULEKEN Z, BULUT H, GÜLTEKIN G İ, et al. Assessment of structural protein expression by FTIR and biochemical assays as biomarkers of metabolites response in gastric and colon cancer[J]. *Talanta*, 2021, 231: 122353.
- [22] NAIR B, KURIAKOSE A, BABY B, et al. Tumor-specific growth factor (TSGF): a futuristic tumor biomarker in early diagnosis of cancer[J]. *Adv Pharm Bull*, 2023, 13(3): 483-488.
- [23] XU X Q, WANG W G, TIAN B G, et al. The predicting role of serum tumor-specific growth factor for prognosis of esophageal squamous cell carcinoma[J]. *BMC Cancer*, 2023, 23(1): 1067.
- [24] 彭明, 周芳, 肖新华, 等. 术前能谱CT动静脉期碘含量差值联合血清肿瘤标志物、外周血NLR对胃癌患者淋巴结转移的预测价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(9): 154-157.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 张帅帅, 杨永东. 术前能谱CT扫描参数联合肿瘤标志物对胃癌患者预后评估价值的研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(23): 20-26.

**Cite this article as:** ZHANG S S, YANG Y D. Study on the preoperative dual-energy CT scan parameters combined with tumor markers for prognostic assessment in gastric cancer patients[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2024, 34(23): 20-26.