

The Value of CT Texture Analysis in Staging Gastric Cancer Diagnosis*

论 著

LIU Pei-yao, WANG Bu-zai*, ZHAO Chun, GAO Huan-xia, WANG Hong-xia, SHI Dong-ming, LIU Wen-yue, MA Chao, MENG Lu.

Department of Imaging, the People's Hospital of Wuhai Inner Mongolia, Wuhai 016000, Inner Mongolia, China

CT纹理分析在胃癌分期诊断中的应用价值*

刘沛瑶 王补在* 赵春
高换霞 王红霞 史东明
刘文玥 马超 孟璐
内蒙古乌海市人民医院影像科
(内蒙古 乌海 016000)

【摘要】目的 探讨胃癌增强CT纹理参数与胃癌病理T分期之间的联系。**方法** 回顾性分析内蒙古乌海市人民医院确诊为胃癌的77例患者,利用纹理分析软件测量提取动脉期与静脉期CT图像的纹理参数,比较两个期相中早期胃癌与进展期胃癌的均值、峰度、偏度、自相关,采用受试者工作曲线(ROC)评价CT纹理参数对T分期的评估效能。**结果** 动脉期两组间均值、峰度、偏度、自相关的中位数差异均具有统计学意义($P < 0.01$),其中早癌组的均值大于进展癌组,峰度、偏度及自相关均小于进展癌组。静脉期早癌组峰度、偏度、自相关的中位数均小于进展癌组($P < 0.05$);两组间均值的差异不具有统计学意义($P > 0.05$)。动脉期纹理参数峰度、偏度、自相关、均值的AUC分别为0.692、0.696、0.638、0.356,这四个指标的联合诊断AUC为0.783($P < 0.05$)。静脉期纹理参数峰度、偏度、自相关的AUC分别为0.639、0.648、0.642,三个指标的联合诊断AUC为0.737($P < 0.05$)。**结论** CT纹理参数可评估胃癌T分期,用于胃癌治疗前分期的辅助诊断。

【关键词】 CT纹理分析; 胃癌; T分期**【中图分类号】** R735.2**【文献标识码】** A**【基金项目】** 内蒙古自治区自然科学基金科技创新引导项目(早期胃癌的筛查诊断技术研究)**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.040

ABSTRACT

Objective To explore the relationship between enhanced CT texture parameters and the pathological T staging of gastric cancer. **Methods** A retrospective analysis of 77 patients diagnosed with gastric cancer in the People's Hospital of Wuhai Inner Mongolia was conducted. Texture analysis software was used to measure and extract texture parameters of arterial and venous phase CT images, and to compare the mean, kurtosis, skewness, and autocorrelation between early and advanced gastric cancer in the two phases. The assessment efficacy of CT texture parameters for T staging was evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** The median differences in mean, kurtosis, skewness, and autocorrelation between the two groups in the arterial phase were statistically significant ($P < 0.01$), with the early cancer group having a higher mean and lower kurtosis, skewness, and autocorrelation than the advanced cancer group. In the venous phase, the median kurtosis, skewness, and autocorrelation of the early cancer group were lower than those of the advanced cancer group, with significant differences ($P < 0.05$); the difference in mean between the two groups was not statistically significant ($P > 0.05$). The AUCs of the arterial phase texture parameters kurtosis, skewness, autocorrelation, and mean were 0.692, 0.696, 0.638, and 0.356, respectively, and the combined diagnostic AUC of these four indicators was 0.783 ($P < 0.05$). The AUCs of the venous phase texture parameters kurtosis, skewness, and autocorrelation were 0.639, 0.648, and 0.642, respectively, and the combined diagnostic AUC of these three indicators was 0.730 ($P < 0.05$). **Conclusion** CT texture parameters can be used to assess the T staging of gastric cancer and assist in preoperative staging diagnosis.

Keywords: CT Texture Analysis; Gastric Cancer; Pathological T Staging

全球胃癌的发病率居高不下,根据世界卫生组织提供的最新统计^[1],每年约有百万人被确诊为胃癌,而亚洲地区则占据了其中的绝大多数,高达78%。胃癌的存活率普遍较低,5年存活率通常不超过30%^[2]。因此,及时的早期诊断对于改善患者的生存状况和生活质量极为关键。但胃癌的初期症状通常不明显,导致许多患者确诊时已处于疾病晚期,这极大地降低了治疗的成功率。因此,开发一种能够精确、迅速地识别早期胃癌的检测方法,对于临床实践具有极其重要的价值^[3]。CT成像技术能够清晰地展示胃壁的厚度、肿瘤的大小和具体位置等关键信息,这有助于医生对胃癌进行准确的分期和预后评估。然而CT扫描主要侧重于肿瘤的形态学特征,对于早期胃癌的诊断能力仍有待提高。CT纹理分析(CTTA)是一种影像组学图像后处理技术,它通过定量分析CT图像中的像素灰度分布模式,从而提供有关组织结构异质性的信息,揭示肿瘤内部的微观结构特征,具有识别恶性肿瘤生物学特性的潜力^[4],可能在术前对恶性肿瘤进行T分期的诊断中提供帮助^[5]。CT纹理分析已经被初步应用于多种肿瘤的无创性体外评估,包括肺癌、淋巴瘤、食管癌和结肠癌等^[6]。本研究的目的探索胃癌增强CT图像的纹理参数与病理T分期之间的相关性,通过量化分析胃癌的分期,旨在为临床制定术前治疗方案提供更多依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2018年9月至2024年3月于内蒙古乌海市人民医院确诊为胃癌的患者237例。

纳入条件:(1)所有受试者在手术前均接受CT增强扫描;(2)在进行CT检查之前,未有接受放疗、化疗、靶向药物或其他抗肿瘤治疗的记录;(3)经病理学检查确诊为胃癌。排除条件:(1)患有心脏、肝脏、肾脏等关键器官严重疾病者;(2)对碘基对比剂有过敏反应者;(3)由于呼吸运动或胃肠道蠕动导致的图像伪影,CT扫描图像质量不佳者。(4)因胃腔充盈不佳、胃壁蠕动、或病变非常小而导致显示不清者。(5)因扫描期相导致增强图像中病变对比度差者。最终纳入77例。

1.2 临床分期及分组

以术后病理为金标准,采用2016年UICC/AJCC胃癌的TNM分期标准(第8版)^[7]进行T分期:T1 肿瘤侵犯固有层、黏膜肌层或黏膜下层;T2 肿瘤浸润至固有肌层;T3 肿瘤穿透浆膜下结缔组织而未侵犯腹膜或邻近结构;T4 肿瘤侵犯浆膜或邻近结构。根据早期胃癌的定义^[8]即癌组织仅局限于黏膜层及黏膜下层,不论是否有区域性淋巴结转移,将患者分别分为早期胃癌组(T1)31人,其中男23例,女8例,年龄54~86岁,平均年龄约66±13岁;进展期胃癌组(T2-T4)46人,其中男35例,女11例,年龄45~87岁,平均年龄67±11岁,T2期2例,T3期17例,T4期27例。两组患者的性别年龄差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

【第一作者】刘沛瑶,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: lpy15147410239@qq.com

【通讯作者】王补在,男,主任医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: wangbuzia2009@sina.com

1.3 检查方法 设备采用 Philips 256 排 iCT, 管电压 120kV, 管电流150~300mA, 扫描层厚5mm, 重建层厚 1mm, 矩阵为 512×512, 扫描野为 350-400mm, 重建方式采用标准算法, 窗宽 400Hu, 窗位 40Hu。受检者需要在检查前至少6至8小时内禁食, 并饮用大约600至1000毫升的水来确保胃内充盈。此外, 受检者将接受屏气指导, 以确保在扫描过程中保持稳定的呼吸。检查时, 受检者将采取仰卧位, 确保扫描区域能够覆盖上腹或全腹。使用自动双筒高压注射器通过肘前静脉快速注射非离子型碘对比剂碘佛醇, 剂量范围在100至120毫升之间(每毫升含碘350毫克)。注射速度设定为每秒3.5毫升。动脉期的扫描采用触发式扫描技术, 利用对比剂追踪法, 将触发点定位在腹腔干区域的腹主

动脉内, 阈值设置为160HU。达到触发点后, 系统将自动延迟10秒开始采集动脉期图像。完成动脉期扫描后, 再延迟25秒进行静脉期的图像采集。

1.4 图像勾画及纹理分析 将所有增强CT图像以DICOM格式导出后, 导入ITK-SNAP软件, 分别在动脉期、静脉期图像对胃癌肿瘤进行手动逐层画, 沿病灶轮廓内进行勾画(图1~2), 避免将病灶周围脂肪组织、腹腔内空气或水勾画入内, 确保所勾画的内容全部为病变部分, 动脉期及静脉期勾画的位置与范围要基本一致, 同时需两位资深诊断医师共同审核认可。用pyradiomics软件进行纹理分析后提取纹理参数, 包括: 均值Mean、峰度Kurtosis、偏度Skewness、自相关Autocorrelation。

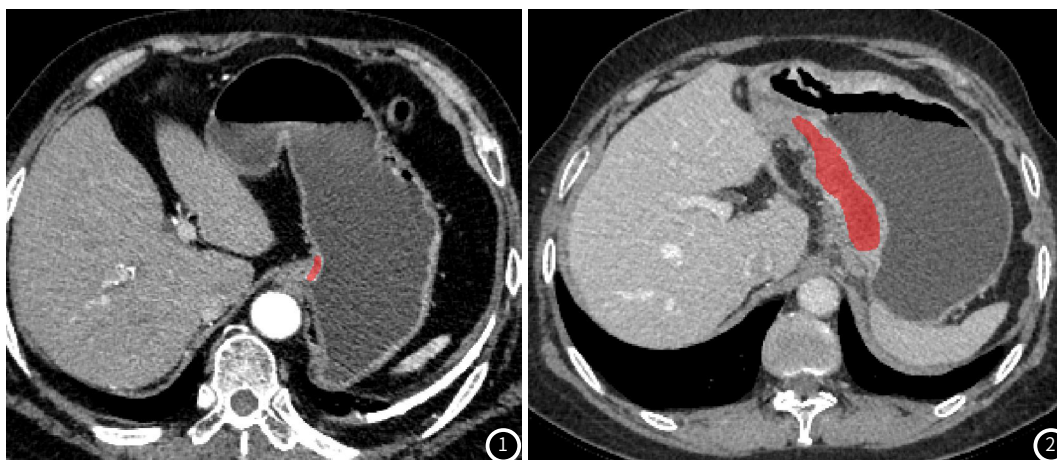


图1 早期胃癌的勾画。图2 近展期胃癌的勾画。

1.5 统计学分析 采用SPSS软件(26.0版本)处理分析数据, Shapiro-Wilk检验法检验计量资料是否符合正态分布, 正态分布数据以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 非正态分布数据以中位数(上、下四分位数)表示。计量资料若同时满足正态分布和方差齐性, 采用两独立样本t检验进行两组比较, 否则采用 Mann-Whitney检验比较两组间纹理参数的差异。对差异有统计学意义的纹理参数进一步绘制受试者操作特征(ROC)曲线, 计算曲线下面积(AUC)、敏感度、特异度, 评价各纹理参数的鉴别诊断效能及最佳诊断阈值。AUC>0.5、P<0.05时认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 动脉期两组患者CT纹理参数比较 动脉期两组间均值、峰度、偏度、自相关的中位数差异均具有统计学意义(P<0.01), 其中早癌组的均值大于进展癌组, 峰度、偏度及自相关均小于进展癌组。(表1)

2.2 静脉期两组患者CT纹理参数比较 静脉期早癌组峰度、偏度、自相关的中位数均小于进展癌组, 差异具有统计学意义(P<0.05); 两组间均值的差异不具有统计学意义(P>0.05)。(表2)

表1 动脉期早癌组与进展癌组CT纹理参数比较

纹理参数	早癌(n=31)	进展癌(n=46)	z 值	P
均值	72.742(64.137,101.188)	60.749(54.601,84.033)	-2.109	0.035*
峰度	2.845(2.588,3.186)	3.192(2.932,3.601)	-2.801	0.005**
偏度	-0.200(-0.418,0.074)	0.122(-0.060,0.269)	-2.866	0.004**
自相关	11.731(9.345,17.727)	15.731(10.666,20.563)	-2.012	0.044*

注: *P<0.05, **P<0.01。

2.3 ROC曲线分析有统计学差异的纹理参数对评估胃癌分期的诊断效能 动脉期纹理参数峰度、偏度、自相关、均值的AUC分别为0.692、0.696、0.638、0.356, (其中均值AUC0.356不符合实际情况, 应为1-0.356=0.644), 诊断效能一般; 这四个指标的联合诊断AUC为0.783, 具有统计学意义, 诊断效能良好。(表3、图3)

静脉期纹理参数峰度、偏度、自相关的AUC分别为0.639、0.648、0.642, 诊断效能一般; 这三个指标的联合诊断AUC为0.730, 具有统计学意义, 诊断效能良好。(表3、图4)

表2 静脉期早癌组与进展癌组CT纹理参数比较

纹理参数	早癌(n=31)	进展癌(n=46)	检验值	P
均值	79.770±23.333	74.149±20.421	1.124 ^a	0.265
峰度	2.851(2.591,3.168)	3.133(2.879,3.383)	-2.068 ^b	0.039*
偏度	-0.202(-0.434,0.039)	-0.028(-0.198,0.222)	-2.200 ^b	0.028*
自相关	11.745(9.465,17.463)	15.830(11.981,21.712)	-2.119 ^b	0.034*

注: (a:t值; b:Z值) *P<0.05, **P<0.01。

表3 纹理参数对评估胃癌分期的诊断效能

纹理参数	动脉期			静脉期		
	AUC	P	95% CI	AUC	P	95% CI
联合诊断	0.783	0.000	0.669 ~ 0.897	0.730	0.001	0.625 ~ 0.849
峰度	0.692	0.005	0.562 ~ 0.822	0.639	0.039	0.507 ~ 0.771
偏度	0.696	0.004	0.567 ~ 0.826	0.648	0.028	0.516 ~ 0.780
自相关	0.638	0.044	0.510 ~ 0.766	0.642	0.034	0.515 ~ 0.770
均值	0.356	0.035	0.228 ~ 0.483	-	-	-

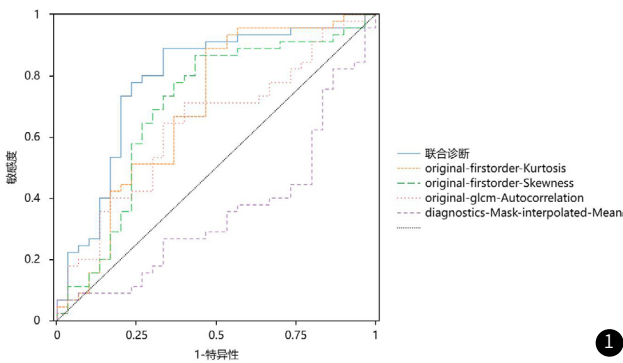


图3 动脉期纹理参数对评估胃癌分期的诊断效能。

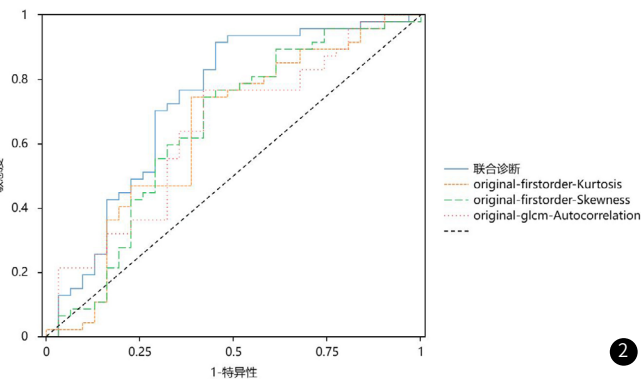


图4 静脉期纹理参数对评估胃癌分期的诊断效能。

3 讨论

中国在胃癌的发病率和死亡率方面都位居全球前列。根据世界卫生组织在2020年的统计数据，中国新确诊的胃癌病例达到了47.8万例，占全球总数的43.9%，而因胃癌导致的死亡病例则高达37.3万例，占全球总数的48.5%^[9]。这一数据表明，几乎每分钟就有一个中国人因胃癌而失去生命。内镜活检在胃癌的诊断中扮演着关键角色，它通过直接观察胃黏膜并从可疑区域取样，配合病理学分析来确诊癌细胞的存在。然而，内镜活检的准确性受限于取样的精确度，通常只能获得胃壁的一小部分组织，这可能导致取样误差，并且无法全面评估肿瘤的侵袭深度和扩散范围^[10]。由于胃癌在早期阶段通常不会引起显著症状，并且国内公众对于定期胃镜检查的重要性认识不足，这导致我国早期胃癌的发现和诊断率相对较低。目前，CT扫描在胃癌的分期中扮演着至关重要的角色，能够评估肿瘤的体积、浸润程度、是否侵犯邻近器官以及淋巴结和远处转移的情况，这有助于确定肿瘤的临床分期，并为手术方案的制定和预后评估提供重要信息^[11]。然而，CT扫描的分辨率存在一定的局限性，可能无法检测到早期胃癌的微小病变以及早期淋巴结转移，存在漏诊的风险。定量纹理特征参数因其客观性和高度的可重复性，不依赖于放射科医生的主观解读，这使得它们能够更自然地融入到影像诊断的工作流程中，有助于提供更一致和精确的诊断结果，从而增强影像学检查在临床诊断中的价值。

影像组学(Radiomics)是近年在医学影像领域兴起的一个研究方向，它通过从影像数据图像中高容量提取定量特征，深入挖掘和理解影像数据中的信息，提供更全面、更深入的疾病表型描述，处理流程通常包括图像的采集、预处理、特征提取、特征选择以及建模分析等步骤^[12]。特征提取阶段特别关注于图像的纹理分析，纹理分析^[13]是评估图像中模式和结构的方法，通过分析图像中像素灰度级的分布和变化情况，提取出肉眼无法识别的纹理特征，如对比度、均匀性、熵等，这些纹理特征能够捕捉图像内组织结构的微妙变化，反映肿瘤的异质性、微环境改变^[14]，从而提供肿瘤的生长模式、侵袭性和转移潜力等信息，为肿瘤的分期、辅助制定治疗计划以及监测治疗效果提供了重要的参考依据。如在肝癌研究中，运用影像组学和纹理分析可以从CT影像中提取肿瘤组织和周围肝脏组织的纹理特征，通过机器学习模型建立肝硬化和肝癌的区分判别准则^[15]；在脑肿瘤研究中，纹理分析可以用于分析肿瘤内部的灰度变化，以评估肿瘤的恶性程度和治疗效果^[16]。

胃癌的发生是一个复杂的多阶段过程，早期胃癌通常起始

于胃黏膜上皮细胞的基因变异，这些变异可能由遗传因素、慢性炎症、不健康的饮食习惯等因素引起，随着时间的推移，这些变异细胞可能会形成异型增生，进一步发展成肿瘤^[17]。进展期胃癌细胞通常累积了更多的基因突变和染色体异常，肿瘤微环境更加复杂，包括丰富的血管生成、炎症细胞浸润、以及细胞外基质重塑，这些改变为肿瘤提供了营养和氧气，支持其快速增长，并促进了肿瘤的侵袭和转移^[18-19]。本研究结果显示，早期胃癌与进展期胃癌在峰度、偏度、自相关、均值方面差异明显，初步说明增强CT纹理参数对胃癌分期具有一定的评估价值。

峰度和偏度是衡量数据分布形态的统计量，它们在影像组学中用于量化组织的异质性，峰度描述了组织密度分布的集中程度，而偏度描述了分布的对称性^[20]。根据目前的研究，峰度越高说明组织结构越致密^[21]，偏度越高则提示病灶内的不对称性越高^[22]，S.Du等^[23]发现晚期宫颈癌的偏度、峰度较早期宫颈癌高($P<0.05$)。本研究中早期胃癌的峰度和偏度都较低，与上述研究结论一致，反映了早期肿瘤细胞的排列相对有序，组织密度变化较小，这可能与早期胃癌细胞分化相对较好有关。而进展期胃癌的高峰度和高偏度反映了肿瘤内部结构的显著异质性^[24]，与肿瘤内进一步产生的坏死区域、炎症反应和间质变化有关，进展期癌组织快速无序增长，较早期癌组织结构致密，因此峰度增大；进展期肿瘤内不断出现多种在基因表达、形态和功能上存在差异的细胞群，增加了肿瘤组织内部结构的不对称性，因此偏度增大。本研究中，动脉期增强CT的峰度和偏度的曲线下面积均大于0.65，提示以上参数均有助于评价胃癌分期。自相关是纹理精细度和粗糙度的度量，反映了图像的一致性，自相关越大表明图像中的纹理粗糙且不均匀，有学者研究发现晚期直肠癌较早期直肠癌自相关值偏高^[25-26]，T3-4期的胃癌较T1-2期有更高的自相关^[27]，本研究中早期胃癌的自相关小于进展期胃癌，符合上述理论与研究。这三个指标在静脉期的联合诊断AUC为0.730，诊断效能良好，当截点为0.463时的灵敏度91.5%，特异度54.8%。

此次研究中动脉期与静脉期的峰度、偏度、自相关在胃癌动、静脉期的差异表现出了一致性，且均有统计学意义；早癌的均值大于进展期癌，但仅在动脉期有统计学意义。均值代表了像素强度的平均水平，进展期胃癌由于病变内的异质性特征，使得影像上的均值变低，而早期胃癌可能因为体积小，在同样造影剂浓度的情况下，动脉期的强化程度更高、更均匀，所以均值大。这四个指标在动脉期的联合诊断AUC为0.783，诊断效能良好，当截点为0.556时的灵敏度88.9%，特异度66.7%。

综上所述, 本研究表明单一的纹理特征在胃癌分期诊断中的效果有限。然而, 结合多种具有区分度的胃癌纹理特征, 可以显著提高分期诊断的准确性。CT纹理参数的分析可以作为胃癌治疗前分期的辅助工具, 从而为制定个性化的治疗方案提供依据, 通过综合考虑多个纹理特征, 可以更全面地理解肿瘤的异质性和生物学行为, 这对于胃癌的临床管理具有重要意义。本研究不足之处在于T2期的样本量较小, 无法证实其与早期癌症的差别, 应扩大T2样本量进一步对照。

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] Riquelme A, Abnet CC, Goodman KJ, et al. Recommendations for gastric cancer prevention and control in the Americas [J]. *Lancet Reg Health Am*, 2023 Oct 6; 27: 100608.
- [3] 中华医学会肿瘤学分会早诊早治学组. 胃癌早诊早治中国专家共识(2023版) [J]. *中华消化外科杂志*, 2024, 23(1): 23-36.
- [4] Ganeshan B, Skogen K, Pressney I, et al. Tumour heterogeneity in oesophageal cancer assessed by CT texture analysis: preliminary evidence of an association with tumour metabolism, stage, and survival [J]. *Clin Radiol*, 2012, 67(2): 157-164.
- [5] An H, Bhatia Inderjeet, Cao F, et al. CT texture analysis in predicting treatment response and survival in patients with hepatocellular carcinoma treated with transarterial chemoembolization using random forest models [J]. *BMC Cancer*, 2023, 23(1): 201.
- [6] 刘慧, 王小宜, 龙学颖. 基于CT图像纹理分析肿瘤异质性的研究进展及应用 [J]. *国际医学放射学杂志*, 2016, 39(5): 543-548.
- [7] 陕飞, 李子禹, 张连海, 等. 国际抗癌联盟及美国肿瘤联合会胃癌TNM分期系统(第8版)简介及解读 [J]. *中国实用外科杂志*, 2017, 37(1): 15-17.
- [8] 赫捷, 陈万青, 李兆申, 等. 中国胃癌筛查与早诊早治指南(2022, 北京) [J]. *中华消化外科杂志*, 2022, 21(7): 827-851.
- [9] Halloran Chris. Faculty opinions recommendation of global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [DS]. *Hl Connect*, 2022.
- [10] Uedo N, Yao K. Endoluminal diagnosis of early gastric cancer and its precursors: bridging the gap between endoscopy and pathology [J]. *Adv Exp Med Biol*, 2016, 908: 293-316.
- [11] 王力, 刘小英. 多层螺旋CT在胃癌分期诊断中的临床价值及影像学表现分析 [J]. *影像研究与医学应用*, 2023, 7(11): 176-178.
- [12] Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: Images Are More than Pictures, They Are Data. *Radiology*, 2016 Feb; 278(2): 563-577.
- [13] 马莉, 范影乐. 纹理图像分析 [M]. 科学出版社, 2009.
- [14] William Rogers, Sithin Thulasi Seetha, Turkey A G Refaee, et al. Radiomics: from qualitative to quantitative imaging [J]. *The British Journal of Radiology*, 2020, 93(1108): 20190948.
- [15] Wei J, Jiang H, Gu D, et al. Radiomics in liver diseases: Current progress and future opportunities [J]. *Liver Int*, 2020, 40(9): 2050-2063.
- [16] 李宇飞, 秦川月, 王宏勤. 影像组学在脑恶性肿瘤中的应用及研究进展 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(5): 171-173.
- [17] Hudler P. Molecular mechanisms of gastric cancer development [J]. 2012.
- [18] Hanahan D, Weinberg RA. Hallmarks of cancer: the next generation [J]. *Cell*, 2011, 144(5): 646-74.
- [19] Erkan M, Reiser-Erkan C, Michalski CW, et al. Tumor microenvironment and progression of pancreatic cancer [J]. *Exp Oncol*, 2010, 32(3): 128-31.
- [20] 李梦双, 刘耀赛, 董丽娜, 等. MRI纹理分析在II级和III级脑胶质瘤鉴别诊断中的应用价值研究 [J]. *浙江医学*, 2020, 42(6): 580-582.
- [21] 戚轩, 何永胜, 王武陵, 等. IVIM参数直方图分析在宫颈鳞癌病理分级及临床分期中的应用价值 [J]. *医学影像学杂志*, 2022, 32(5): 817-822.
- [22] 陈波, 姜涛, 张磊. CT增强扫描联合CT纹理参数评估结肠癌患者临床分期的价值 [J]. *河南医学研究*, 2023, 32(23): 4368-4371.
- [23] Du S, Sun H, Gao S. Relationship between (18)F-FDG PET metabolic parameters and MRI intravoxel incoherent motion (IVIM) histogram parameters and their correlations with clinicopathological features of cervical cancer: evidence from integrated PET/MRI [J]. *Clinical Radiology*, 2019, 74(3): 178-186.
- [24] Gerlinger M, Rowan AJ, Horswell S, et al. Intratumor heterogeneity and branched evolution revealed by multiregion sequencing [J]. *N Engl J Med*, 2012, 366(10): 883-892.
- [25] 谢亚宁, 温德惠, 王立坤, 等. 超声纹理分析在直肠癌T分期中的诊断价值 [J]. *实用医学杂志*, 2023, 39(18): 2401-2404
- [26] 张益兰, 史讯, 张慧丽, 等. MRI纹理分析对直肠癌术前T分期诊断及与肿瘤分化程度关系 [J]. *影像科学与光化学*, 2022, 40(2): 296-300.
- [27] 熊瑶. CT纹理分析在评价胃癌TN分期及分化程度的应用研究 [D]. 宁夏医科大学, 2019.

(收稿日期: 2024-08-06)
(校对编辑: 翁佳鸿)