

综述

基于CT影像组学在胃癌与胃淋巴瘤鉴别诊断中的研究进展

胡佳慧 陈晓东 罗泽斌*
广东医科大学附属第一医院放射科
(广东 湛江 524001)

【摘要】近年来，影像组学在胃肿瘤中的研究日渐广泛，已成功应用于胃部恶性肿瘤的诊断及鉴别诊断等多个方面，且相关研究的数量逐年增多。笔者通过回顾相关文献发现，大部分基于CT影像组学对胃癌与胃淋巴瘤的鉴别诊断效能优于单一的临床模型或是单一的影像组学模型，而单一的影像组学模型又优于单一的临床模型，但在研究的方法上存在差异。笔者就不同类型CT的多种研究方法，对基于CT影像组学在胃癌与胃淋巴瘤鉴别诊断中的研究现状进行综述。

【关键词】胃癌；胃淋巴瘤；
电子计算机断层扫描；机器学习；
影像组学
【中图分类号】R573
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.066

Research Progress in Differential Diagnosis of Gastric Cancer and Gastric Lymphoma Based on CT Imaging

HU Jia-hui, CHEN Xiao-dong, LUO Ze-bin*.
Department of Radiology, Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524001, Guangdong Province, China

ABSTRACT
In recent years, radiomics has been widely used in the study of Gastric tumors, and has been successfully applied to the diagnosis and differential diagnosis of Gastric malignant tumors, and the number of related studies is increasing year by year. By reviewing the relevant literature, the author found that most of the CT-based radiomics in the differential diagnosis of Gastric Cancer and Gastric Lymphoma is better than a single clinical model or a single radiomics model, and a single radiomics model is better than a single clinical model, but there are differences in the research methods. This article reviews the research status of CT-based radiomics in the differential diagnosis of gastric cancer and gastric lymphoma based on various research methods of different types of CT.
Keywords: Gastric Cancer; Gastric Lymphoma; LECTRON Computed Tomography; Machine Learning; Radiomics

1 概述
1.1 胃癌、胃淋巴瘤概述 胃癌是最常见的胃恶性肿瘤，其次是胃淋巴瘤^[1]。胃癌(gastric cancer,GC)是胃上皮源性恶性肿瘤，胃癌是世界第五大常见恶性肿瘤，每年新增近100万病例^[2]。2020年我国最新数据显示胃癌的发病率和死亡率均位居第三^[3]，其中胃腺癌的发病率和死亡率均居我国消化道恶性肿瘤之首^[4-5]，平均每10万人中有16人死亡^[6]，严重威胁人类健康。
原发性胃淋巴瘤(primary gastric lymphoma, PGL)是一组起源于胃的淋巴组织增生性疾病，超过98%为非霍奇金淋巴瘤^[7]。PGL占胃肠道淋巴瘤的55%~65%^[8]，占所有结外淋巴瘤的30%~40%，是最常见的结外淋巴瘤^[9]。PGL包括许多不同的组织学类型，以弥漫性大B细胞淋巴瘤(diffuse large B-cell lymphoma, DLBCL)最为常见，其次是粘膜相关淋巴组织(mucosa associated lymphoid tissue, MALT)淋巴瘤，少数DLBCL可由高级别MALT淋巴瘤转化演变而来。2024年美国国家综合癌症网络(national comprehensive cancer network, NCCN)最新指南对粘膜相关淋巴组织这一术语做出更新，过去，术语MALT淋巴瘤被用来描述边缘区淋巴瘤(marginal zone lymphoma, MZL)中最常见的结外边缘区淋巴瘤(extranodal marginal zone lymphoma, EMZL)这一类型，现在，EMZL是首选术语，故本研究中胃粘膜相关淋巴组织淋巴瘤均称为胃EMZL。
GC和PGL患者临床表现相似，以上消化道不适常见，不具有特异性，然而二者在临床治疗和预后方面差异显著^[10-13]。对于具有潜在可治愈的GC患者而言，手术切除依然是首选的治疗手段，对于部分病理分型较差的患者，其整体预后情况依然较差。PGL是组织学异质性肿瘤，不同的组织学分型具有不同的生物学行为 and 治疗方法，例如可选择化疗、抗幽门螺杆菌(helicobacter pylori, HP)和放疗等，多数患者预后较好，生存率较高，而手术治疗并非PGL常规治疗的一部分，并不能提高患者的总生存率。由此，为了避免患者进行不必要的临床治疗，在治疗前准确鉴别二者具有重要意义^[14-15]。
计算机断层扫描(computed tomography, CT)可以反映胃肿瘤的供血、毛细血管密度和新生血管功能异常，在显示瘤周组织受侵及远处转移方面优势显著，是评估胃肿瘤的首选检查方法^[16]，也是胃肿瘤定性诊断及鉴别诊断应用最广泛的成像技术^[17-18]。临床工作中，诊断者主观运用常规CT评估强化模式、病变等特征鉴别二者仍存在争议^[19]，PGL患者CT可表现为胃壁明显增厚、胃腔狭窄以及淋巴结的转移等，但这些都是PGL的提示特征而不是特异性的，这些征象亦可在胃低分化腺癌CT表现中出现^[20]，临床工作中易发生误诊，这也是PGL延误诊断的原因之一。GC和PGL临床及传统CT表现相似，容易引起混淆，给实际鉴别带来很大困难，二者的诊断主要依赖于胃镜检查^[21-22]。内窥镜活检是在治疗前确定胃肿瘤诊断的“金标准”，是一种可靠的诊断方法。然而，内镜活检在操作过程中存在无法规避的采样误差^[23]，且由于瘤内异质性，活检取材不足以代表完整的肿瘤^[24-26]。并且采样范围十分有限，很难评估粘膜下的病变^[27-28]，常常导致PGL常规活检成功率低，出现假阴性检查结果^[29]。寻找一种合适的检测方法来鉴别GC和PGL仍是一个有待解决的问题^[30-31]，临床实践中在传统影像学检查的基础上也需要一种适用的辅助方法对二者进行鉴别^[32]。
计算机硬件技术的不断进步与大型数据库的构建完善，新兴的影像组学研究有望成为推动影像领域发展的一个重要里程碑^[33]。与传统的基于放射科医生经验的宏观范围分析不同，影像组学是从图像中提取大量的定量特征，并构造特征来表征病变^[34]。影像

【第一作者】胡佳慧，女，在读硕士研究生，主要研究方向：腹部影像学深度学习。E-mail: 951077346@qq.com
【通讯作者】罗泽斌，男，主任医师，主要研究方向：腹部影像学。E-mail: gdmcfjsjd@qq.com

组学作为一种医学成像领域的定量分析方法,其核心在于利用高级数学分析工具,拓展并增强临床医生可获取并利用的既有数据集。迄今为止,基于CT的影像组学技术已逐步应用于胃肿瘤鉴别诊断的研究实践中。

1.2 影像组学概述 影像组学的概念是基于一个假设,即医学图像包含特定疾病过程的信息,这些信息无法通过人眼对生成的图像进行分析来获取^[35],然而,通过数学手段提取信号强度的空间布局及像素间的关联性,可以利用影像组学技术对图像信息进行量化处理,例如图像强度、形状或纹理等信息。利用从磁共振成像、CT和正电子发射断层扫描等中提取的影像信息的潜在附加值,对不同模态的医学图像进行影像组学分析而非单独评估每种模态,从而实现跨模态综合分析。因此,应用影像组学的目的并非在于实现诊断流程的完全自动化,而是作为对现有诊断手段的一种补充性数据支持,以增强诊断的准确性和可靠性,旨在减少放射影像中心医生在图像解读过程中可能产生的主观误差。

影像组学的工作流程一般如下:首要步骤是获取高质量且经过标准化的图像,这是确保研究能够获取精确数据的基础条件。其次,感兴趣区域的描述是研究中至关重要的环节,它规定了所研究影像组学特征的具体范围。通过手动、半自动或全自动分割方法勾画感兴趣区域(region of interest, ROI)或感兴趣体积(volume of region of interest, VOI)。然后是特征提取、筛选,从先前定义的感兴趣区域提取定量成像特征,通常包括强度分布、不同强度级别之间的空间关系、纹理异质性模式、形状特征以及瘤周特征等。通过评估特征的数据显著性、可重复性和独立性筛选出与研究结果之间相关性较高的特征,并将其纳入预测模型中,以提供精确的风险评估效能。

2 CT影像组学在胃癌与胃淋巴瘤鉴别诊断中的应用

2.1 基于常规螺旋CT的影像组学研究 目前,运用影像组学对二者进行鉴别诊断的研究相对较少。纹理分析(texture analysis, TA)为肿瘤异质性的成像评估提供了方法,并间接揭示了肿瘤微环境的信息^[36]。CT纹理分析方法通过对CT图像内部像素强度分布及其相关性深度挖掘,揭示肉眼无法识别的细微差异,弥补传统CT成像技术的局限性。Ba-Ssalamah^[37]回顾性对胃腺癌47例动脉期图像和48例静脉期图像进行分析,探讨增强CT图像纹理分析在胃腺癌、淋巴瘤和胃肠道间质瘤鉴别中的可行性,结果基于动脉期纹理特征(特别共生矩阵特征)对胃腺癌和胃淋巴瘤、胃肠道间质瘤和胃淋巴瘤的鉴别非常成功,误诊率分别为3.1%和0%,这可能与这些不同肿瘤的微血管密度不同有关,但是并没有纹理特征可以成功鉴别这三种肿瘤。Tolga Zeydanli^[38]发现定量CT纹理分析参数可以有效鉴别胃腺癌和胃淋巴瘤,其回顾性分析125例胃腺癌、12例胃淋巴瘤和26例胃肠道间质瘤(共163例)患者的CT静脉期图像,在计算的19个纹理特征中,发现10个在胃腺癌和胃淋巴瘤之间差异具有统计学意义($P<0.05$),获得了较高的敏感度(98%)和特异度(75%)。Feng等^[39]回顾性分析了438例组织病理学诊断为Borrmann IV型GC和PGL的患者,探究通过迁移学习放射组学诺模图(TLRN)术前二者进行鉴别的可行性,该研究通过迁移学习放射病理学网络提取定量迁移学习特征,并构建标签(TLRS)。通过多因素Logistic回归,综合TLRS、高增强浆膜征建立TLRN,该模型优于其他模型(其AUC分别为0.958、0.867和0.921),TLRN有助于术前区分PGL和Borrmann IV型GC。同样的,Deng^[40]发现基于静脉期CT图像的影像组学标签能够有效较准确地鉴别二者。

2.2 基于正电子发射成像技术(PET)的影像组学研究 TA可以使用标准医学图像量化肿瘤内异质性。Sun等^[41]回顾性研究并评估PET-TA在GC($n=45$)和PGL($n=34$)鉴别诊断中的应用,该研究分析了灰度共生矩的SUV、一阶和二阶纹理特征,结果显示纹理特征InertiaGLCM在GC中显著低于PGL,差异具有统计学意义($P<0.001$),与肿瘤最大标准化摄取值(maximum of standardized uptake value, SUV_{max})和 SUV_{mean} 相比,是区分胃淋巴瘤和胃癌的效能最高的纹理特征(AUC分别为0.714、0.649和0.666)。该研究还指出低度恶性胃淋巴瘤的 SUV_{mean} 显著低于高

度恶性胃淋巴瘤(分别为3.30、11.80和2.40、7.50, $P<0.05$),而低度恶性胃淋巴瘤和胃癌之间的SUV和一级灰度强度特征没有显著差异,特征EntropyGLCM12在区分低级别胃淋巴瘤和胃癌间具有一定的可行性($AUC=0.770, P<0.05$),结果表明基于PET的纹理分析可提高对胃肿瘤的鉴别诊断,特别是在摄取氟脱氧葡萄糖程度相近的肿瘤中。

2.3 基于CT功能成像的影像组学研究 计算机断层扫描灌注成像(CT perfusion imaging, CTPI)可以提供肿瘤的组织灌注学特征,是一种值得探索的功能成像方式^[42-45]。有几项研究报告指出,GC开展的CTP研究具备可行性,通过CTP数据获取的灌注参数,能够揭示肿瘤血管分布状况及血管生成的相关信息^[46-49]。Zeng^[50]发现淋巴瘤组的淋巴结在平扫、动脉期及静脉期的CT值相较于转移性淋巴瘤组,均表现出更高的CT值变化(即与平扫CT值的差值)。此外,胃淋巴瘤组在动静脉期的碘浓度差异、碘覆盖量以及碘浓度的标准化比值均高于转移性淋巴瘤组,在单能量图像上,淋巴瘤组的CT值也高于转移性淋巴瘤组。Ghai等^[51]研究发现原发性淋巴瘤的时间-密度曲线峰值比转移性淋巴结者更高、达峰时间更短。Fan等^[52]研究指出,胃淋巴瘤的时间-密度曲线大多数表现为缓升缓降型,不同于GC的速升缓降型。

3 局限性与展望

过去从实验医学发展起来的医学研究,为今天提供了循证医学,并通向未来的精准医学。精准医学也可以认为是数据医学,即以大数据为指导的个体化诊疗,影像组学是一种基于大数据的后处理技术,可以提取许多肉眼无法识别的细微特征,挖掘图像的深层信息并客观地估计灰度分布的不均匀性,影像组学作为量化病变异质性的工具,满足精准医学的发展要求^[53]。目前,影像组学已显示出其在胃肿瘤诊断及鉴别诊断、预后和风险预测方面的潜力,但该领域仍面临着一些挑战。鉴于当前知识架构与临床实际需求间存在的差异,影像组学相关研究多不具备足够的临床实用性,影像组学研究的可重复性常常受到阻碍,这主要归因于标准化缺失、开放源代码稀缺以及数据资源有限等因素。此外,缺乏适当的验证以及由此导致的假阳性结果风险也阻碍了临床实践的转化^[54]。

图像生物标志物标准化倡议^[55]是标准化放射学工作流程的有力倡议。在整个影像组学工作流程中,已经确定了影响特征值的多个因素,包括扫描机器和患者的随机变化、图像采集和重建置、ROI分割和图像预处理。一些研究建议消除不稳定特征,校正影响因素,或协调数据集,以提高影像组学的稳健性。最近公布的指南和清单旨在提高未来影像组学研究的质量,但透明度被认为是再现性的最重要因素。在研究开始前,评估其临床相关性和潜在影响至关重要,通过扩大数据集并引入外部验证集,可以增强研究证据的力度。同时,并将其与已建立的方法相结合,将有助于推动该领域走向临床应用。

参考文献

- BRANDS F, MÖNIG S P, RAAB M. Treatment and prognosis of gastric lymphoma [J]. The European Journal of Surgery = Acta chirurgica, 1997, 163 (11): 803-813.
- SMYTH E C, NILSSON M, GRABSCHE H I, et al. Gastric cancer [J/OL]. Lancet (London, England), 2020, 396 (10251): 635-648.
- 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局; 胃癌诊疗指南(2022年版) [J]. 中华消化外科杂志, 2022 (9): 1137-1164.
- YAN S Y, HU Y, FAN J G, et al. Clinicopathologic significance of HER-2/neu protein expression and gene amplification in gastric carcinoma [J/OL]. World Journal of Gastroenterology, 2011, 17 (11): 1501-1506.
- WONG B C Y, LAM S K, WONG W M, et al. Helicobacter pylori eradication to prevent gastric cancer in a high-risk region of China: a randomized controlled trial [J/OL]. JAMA, 2004, 291 (2): 187-194.
- QIU H, CAO S, XU R. Cancer incidence, mortality, and burden in China: a time-trend analysis and comparison with the United States and United Kingdom based on the global epidemiological data released in 2020 [J/OL]. Cancer Communications (London, England), 2021, 41 (10): 1037-1048.
- CHOI D, LIM H K, LEE S J, et al. Gastric mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma: helical CT findings and pathologic correlation [J/OL]. AJR.

- American Journal of Roentgenology, 2002, 178(5): 1117-1122.
- [8] JUÁREZ-SALCEDO L M, SOKOL L, CHAVEZ J C, et al. Primary gastric lymphoma, epidemiology, clinical diagnosis, and treatment [J/OL]. Cancer Control : Journal of the Moffitt Cancer Center, 2018, 25(1): 1073274818778256.
- [9] GHIMIRE P, WU G Y, ZHU L. Primary gastrointestinal lymphoma [J/OL]. World Journal of Gastroenterology, 2011, 17(6): 697-707.
- [10] IKOMA N, BADGWELL B D, MANSFIELD P F. Multimodality treatment of gastric lymphoma [J/OL]. The Surgical Clinics of North America, 2017, 97(2): 405-420.
- [11] ISHIKAWA E, NAKAMURA M, SHIMADA K, et al. Prognostic impact of PD-L1 expression in primary gastric and intestinal diffuse large B-cell lymphoma [J/OL]. Journal of Gastroenterology, 2020, 55(1): 39-50.
- [12] LOTT P C, CARVAJAL-CARMONA L G. Resolving gastric cancer aetiology: an update in genetic predisposition [J/OL]. The lancet. Gastroenterology & Hepatology, 2018, 3(12): 874-883.
- [13] MARTÍN-RICHARD M, CARMONA-BAYONAS A, CUSTODIO A B, et al. SEOM clinical guideline for the diagnosis and treatment of gastric cancer (GC) and gastroesophageal junction adenocarcinoma (GEJA) (2019) [J/OL]. Clinical & translational Oncology : Official Publication of the Federation of Spanish Oncology Societies and of the National Cancer Institute of Mexico, 2020, 22(2): 236-244.
- [14] 杨阳, 唐立. MSCT三期增强扫描对胃淋巴瘤、胃间质瘤与进展期胃癌的鉴别诊断 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(10): 120-123.
- [15] 葛绪波. MSCT及X线钡餐造影对浸润型胃淋巴瘤和浸润型胃癌的诊断价值 [J]. 罕少疾病杂志, 2015, 22(3): 41-42, 53.
- [16] CHEN A H, CHAN W H, LEE Y H, et al. Routine chest CT for staging of gastric cancer [J/OL]. The British Journal of Surgery, 2019, 106(9): 1197-1203.
- [17] LIU S, SHI H, JI C, et al. Preoperative CT texture analysis of gastric cancer: correlations with postoperative TNM staging [J/OL]. Clinical Radiology, 2018, 73(8): 756.e1-756.e9.
- [18] LI R, LI J, WANG X, et al. Detection of gastric cancer and its histological type based on iodine concentration in spectral CT [J/OL]. Cancer Imaging : The Official Publication of the International Cancer Imaging Society, 2018, 18(1): 42.
- [19] MA Z, FANG M, HUANG Y, et al. CT-based radiomics signature for differentiating Borrmann type IV gastric cancer from primary gastric lymphoma [J/OL]. European Journal of Radiology, 2017, 91: 142-147.
- [20] 陈宇, 石木兰, 郭向东. CT在胃原发非霍奇金淋巴瘤与胃低分化腺癌鉴别诊断中的应用价值 [J]. 临床放射学杂志, 2003, 22(3): 203-206.
- [21] YAN H H N, SIU H C, LAW S, et al. A comprehensive human gastric cancer organoid biobank captures tumor subtype heterogeneity and enables therapeutic screening [J/OL]. Cell Stem Cell, 2018, 23(6): 882-897.e11.
- [22] WANG Y, LIU W, YU Y, et al. CT radiomics nomogram for the preoperative prediction of lymph node metastasis in gastric cancer [J/OL]. European Radiology, 2020, 30(2): 976-986.
- [23] SASAKI T, KOIZUMI W, HIGUCHI K, et al. [Therapeutic strategy for type 4 gastric cancer from the clinical oncologist standpoint] [J]. Gan To Kagaku Ryoho. Cancer & chemotherapy, 2007, 34(7): 988-992.
- [24] NAGTEGAAL I D, ODZE R D, KLIMSTRA D, et al. The 2019 WHO classification of tumours of the digestive system [J/OL]. Histopathology, 2020, 76(2): 182-188.
- [25] HU B, EL HAJJ N, SITTTLER S, et al. Gastric cancer: classification, histology and application of molecular pathology [J/OL]. Journal of Gastrointestinal Oncology, 2012, 3(3): 251-261.
- [26] KOMATSU S, ICHIKAWA D, MIYAMAE M, et al. Discrepancies in the histologic type between biopsy and resected specimens: a cautionary note for mixed-type gastric carcinoma [J/OL]. World Journal of Gastroenterology, 2015, 21(15): 4673-4679.
- [27] XU G, ZHANG W, LV Y, et al. Risk factors for under-diagnosis of gastric intraepithelial neoplasia and early gastric carcinoma in endoscopic forceps biopsy in comparison with endoscopic submucosal dissection in Chinese patients [J/OL]. Surgical Endoscopy, 2016, 30(7): 2716-2722.
- [28] NOH C K, JUNG M W, SHIN S J, et al. Analysis of endoscopic features for histologic discrepancies between biopsy and endoscopic submucosal dissection in gastric neoplasms: 10-year results [J/OL]. Digestive and Liver Disease : Official Journal of the Italian Society of Gastroenterology and the Italian Association for the Study of the Liver, 2019, 51(1): 79-85.
- [29] 苟国娥. 白光内镜联合增强CT在原发性胃淋巴瘤和进展期胃癌鉴别诊断中的价值分析 [J/OL]. 2022.
- [30] BORGGREVE A S, GOENSE L, BRENNKMAN H J F, et al. Imaging strategies in the management of gastric cancer: current role and future potential of MRI [J/OL]. The British Journal of Radiology, 2019, 92(1097): 20181044.
- [31] SHI S, YANG Z Z, LIU S, et al. PIWI1 promotes gastric cancer via a piRNA-independent mechanism [J/OL]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2020, 117(36): 22390-22401.
- [32] 关国定, 郭盈利, 郭麦军, 等. MSCT三期增强扫描对胃间质瘤的诊断及与胃癌的鉴别诊断价值分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(7): 151-153.
- [33] LUBNER M G, SMITH A D, SANDRASEGARAN K, et al. CT texture analysis: definitions, applications, biologic correlates, and challenges [J/OL]. Radiographics : A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc, 2017, 37(5): 1483-1503.
- [34] LIU X, LI Y, QIAN Z, et al. A radiomic signature as a non-invasive predictor of progression-free survival in patients with lower-grade gliomas [J/OL]. NeuroImage. Clinical, 2018, 20: 1070-1077.
- [35] TOMASZEWSKI M R, GILLIES R J. The biological meaning of radiomic features [J/OL]. Radiology, 2021, 298(3): 505-516.
- [36] GANESHAN B, GOH V, MANDEVILLE H C, et al. Non-small cell lung cancer: histopathologic correlates for texture parameters at CT [J/OL]. Radiology, 2013, 266(1): 326-336.
- [37] BA-SSALAMAH A, MUIN D, SCHERNTHANER R, et al. Texture-based classification of different gastric tumors at contrast-enhanced CT [J/OL]. European Journal of Radiology, 2013, 82(10): e537-e543.
- [38] ZEYDANLI T, KILIC H K. Performance of quantitative CT texture analysis in differentiation of gastric tumors [J/OL]. Japanese Journal of Radiology, 2022, 40(1): 56-65.
- [39] FENG B, HUANG L, LIU Y, et al. A transfer learning radiomics nomogram for preoperative prediction of borrmann type IV gastric cancer from primary gastric lymphoma [J/OL]. Frontiers in Oncology, 2021, 11: 802205.
- [40] DENG J, TAN Y, GU Q, et al. [Application of CT-based radiomics in differentiating primary gastric lymphoma from Borrmann type IV gastric cancer] [J/OL]. Zhong Nan Da Xue Xue Bao. Yi Xue Ban = Journal of Central South University. Medical sciences, 2019, 44(3): 257-263.
- [41] SUN Y W, JI C F, WANG H, et al. Differentiating gastric cancer and gastric lymphoma using texture analysis (TA) of positron emission tomography (PET) [J/OL]. Chinese Medical Journal, 2020, 134(4): 439-447.
- [42] CHEN T W, YANG Z G, LI Y, et al. Quantitative assessment of first-pass perfusion of oesophageal squamous cell carcinoma using 64-section MDCT: initial observation [J/OL]. Clinical Radiology, 2009, 64(1): 38-45.
- [43] MEIJERINK M R, VAN WAESBERGHE J H T M, VAN DER WEIDE L, et al. Total-liver-volume perfusion CT using 3-D image fusion to improve detection and characterization of liver metastases [J/OL]. European Radiology, 2008, 18(10): 2345-2354.
- [44] YI C A, LEE K S, KIM E A, et al. Solitary pulmonary nodules: dynamic enhanced multi-detector row CT study and comparison with vascular endothelial growth factor and microvessel density [J/OL]. Radiology, 2004, 233(1): 191-199.
- [45] MILES K A, GRIFFITHS M R. Perfusion CT: a worthwhile enhancement? [J/OL]. The British Journal of Radiology, 2003, 76(904): 220-231.
- [46] YAO J, YANG Z Gang, CHEN T Wu, et al. Perfusion changes in gastric adenocarcinoma: evaluation with 64-section MDCT [J/OL]. Abdominal Imaging, 2010, 35(2): 195-202.
- [47] ZHANG H, PAN Z, DU L, et al. Advanced gastric cancer and perfusion imaging using a multidetector row computed tomography: correlation with prognostic determinants [J/OL]. Korean Journal of Radiology, 2008, 9(2): 119-127.
- [48] YAO J, YANG Z gang, CHEN H jiao, et al. Gastric adenocarcinoma: can perfusion CT help to noninvasively evaluate tumor angiogenesis? [J/OL]. Abdominal Imaging, 2011, 36(1): 15-21.
- [49] SATOH A, SHUTO K, OKAZUMI S, et al. Role of perfusion CT in assessing tumor blood flow and malignancy level of gastric cancer [J/OL]. Digestive Surgery, 2010, 27(4): 253-260.
- [50] 曾炳亮, 桂绍高. 双源CT能谱成像技术在淋巴瘤与转移性淋巴瘤鉴别诊断中的应用研究 [J/OL]. 江西医药, 2015(3): 195-198.
- [51] GHAI S, PATTISON J, GHAI S, et al. Primary gastrointestinal lymphoma: spectrum of imaging findings with pathologic correlation [J/OL]. Radiographics : A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc, 2007, 27(5): 1371-1388.
- [52] 范卫君, 张亮, 吕衍春, 等. 进展期胃癌与胃淋巴瘤CT灌注对比研究 [J/OL]. 中华生物医学工程杂志, 2008, 14(4): 306-308.
- [53] VAN TIMMEREN J E, LEIJENAAAR R T H, VAN ELMPOT W, et al. Feature selection methodology for longitudinal cone-beam CT radiomics [J/OL]. Acta Oncologica (Stockholm, Sweden), 2017, 56(11): 1537-1543.
- [54] CHALKIDOU A, O' DOHERTY M J, MARSDEN P K. False discovery rates in PET and CT studies with texture features: a systematic review [J/OL]. PloS One, 2015, 10(5): e0124165.
- [55] VALLIÈRES M, ZWANENBURG A, BADIC B, et al. Responsible radiomics research for faster clinical translation [J/OL]. Journal of Nuclear Medicine : Official Publication, Society of Nuclear Medicine, 2018, 59(2): 189-193.

(收稿日期: 2023-12-08)

(校对编辑: 韩敏求)