



DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.03.005

<http://xbyxb.csu.edu.cn/xbwk/fileup/PDF/201903257.pdf>

CT影像组学对原发性胃淋巴瘤与Borrmann IV型胃癌的鉴别诊断价值

邓娇, 谭一雄, 顾潜彪, 容鹏飞, 王维, 刘晟

(中南大学湘雅三医院放射科, 长沙 410013)

[摘要] **目的:** 探讨基于CT图像的影像组学标签鉴别原发性胃淋巴瘤与Borrmann IV型胃癌的可行性。**方法:** 回顾性分析2009年1月至2017年4月在中南大学湘雅三医院经病理证实为原发性胃淋巴瘤或Borrmann IV型胃癌且术前进行过腹部CT增强扫描的71例患者, 其中原发性胃淋巴瘤患者28例, Borrmann IV型胃癌患者43例。采用基于Matlab 2017a软件的特征提取算法提取影像组学特征, 并利用logistic回归模型进行特征筛选以建立CT影像组学标签。通过纳入胃周脂肪浸润、胃壁柔软性、腹部淋巴结及周围脏器转移、腹水、黏膜白线征和病灶厚度等征象, 构建CT征象诊断模型。应用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估影像组学标签和CT征象诊断模型的性能。**结果:** 从每个患者CT扫描的肿瘤区域中提取32个三维特征, 通过降维发现2个特征是最重要的鉴别诊断因子并建立了影像组学标签; CT征象诊断模型由腹水、胃周脂肪浸润、胃壁柔软性及黏膜白线征组成。影像组学标签和CT征象诊断模型的曲线下面积(area under curve, AUC)分别为0.964和0.867; 准确性分别为94.4%和80.2%; 敏感性分别为93.0%和74.4%; 特异性分别为96.4%和89.3%。经Delong检验, 影像组学标签的诊断效能高于CT征象诊断模型($P<0.001$)。**结论:** 基于CT图像的影像组学标签能够较准确地鉴别Borrmann IV型胃癌与原发性胃淋巴瘤, 为临床辅助诊断提供有利的手段。

[关键词] Borrmann IV型胃癌; 原发性胃淋巴瘤; 影像组学; CT征象

Application of CT-based radiomics in differentiating primary gastric lymphoma from Borrmann type IV gastric cancer

DENG Jiao, TAN Yixiong, GU Qianbiao, RONG Pengfei, WANG Wei, LIU Sheng

(Department of Radiology, Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410013, China)

ABSTRACT

Objective: To explore the feasibility of CT-based image radiomics signature in identification of primary gastric lymphoma and Borrmann type IV gastric cancer.

Methods: A retrospective analysis of 71 patients with primary gastric lymphoma or Borrmann type IV gastric cancer confirmed by pathology in our Hospital from January 2009 to April 2017 was

收稿日期(Date of reception): 2018-08-28

第一作者(First author): 邓娇, Email: 708832225@qq.com, ORCID: 0000-0002-9942-3198

通信作者(Corresponding author): 刘晟, Email: 423185238@qq.com, ORCID: 0000-0003-4523-0101

performed. There were 28 patients with primary gastric lymphoma and 43 patients with Borrmann type IV gastric cancer. The feature extraction algorithm based on Matlab 2017a software was used to extract the features of image, and the logistic regression model was used to screen the features to establish radiomics signature. The CT sign diagnosis model was established, which included the periplasmic fat infiltration, softness of the stomach wall, abdominal lymph node and peripheral organ metastasis, ascites, mucosal white line sign and lesion thickness. The classification of the two models was evaluated by receiver operating characteristic curve.

Results: A total of 32 3D features were extracted from CT image for each patients. Two features were found to be the most important differential diagnosis factors, and the radiomics signature was established. The CT sign diagnosis model consisted of ascites, periplasmic fat infiltration, stomach wall softness and mucosal white line. For the radiomics signature and the CT subjective finding model, the AUCs were 0.964 and 0.867 with the accuracy at 94.4% and 80.2%, the sensitivity at 93.0% and 74.4%, the specificity at 96.4% and 89.3%, respectively. After Delong test, the diagnostic efficacy of the radiomics signature was higher than the CT sign diagnosis model ($P < 0.001$).

Conclusion: CT-based image radiomics signature can accurately identify primary gastric lymphoma and Borrmann type IV gastric cancer, and can potentially provide important assistance in clinical diagnosis for the two diseases.

KEY WORDS

Borrmann type IV gastric cancer; primary gastric lymphoma; radiomics; CT signs

胃癌与原发性胃淋巴瘤(primary gastric lymphoma, PGL)是胃部最常见的两种恶性肿瘤^[1-2]。由于两者存在相似的临床及影像学表现^[3-5], 故在临床上极容易被误诊。两者的治疗方法及预后差别较大, 胃癌最佳的治疗方法为手术切除^[6]; 而PGL对放射治疗(以下简称放疗)和化学治疗(以下简称化疗)敏感, 目前常采用化疗或放疗^[7-8], 具有较好的预后。因此, 两者的准确鉴别对于患者后期治疗方案的确立至关重要。传统的影像技术在两者的鉴别诊断中作用有限, 且易受诊断医师主观经验的影响^[9-10]。通常认为内窥镜活组织检查可提供较为准确的诊断。然而, 对于主要位于黏膜下层的病变, 特别是PGL及Borrmann IV胃癌, 因病理活检取材无法至胃壁深部, 在临床上常常被漏诊或误诊^[11-12]。近年来, 越来越多的研究^[13-16]表明影像组学特征在很大程度上与肿瘤生物学行为相关, 初步证实了影像组学在鉴别肿瘤组织及辅助判断肿瘤疗效、预后等方面临床应用的可行性。因此, 本研究旨在建立基于CT图像的影像组学标签, 探讨鉴别PGL与Borrmann IV胃癌的可行性。

1 对象与方法

1.1 病例收集

本研究通过了中南大学湘雅三医院(以下简称我院)医学伦理委员会的批准。回顾性连续收集我院

2009年1月至2017年4月符合以下标准的病例, 并分为PGL组($n=28$)和Borrmann IV型胃癌组($n=43$)。纳入标准: 1)符合诊断标准且病理证实为PGL或Borrmann IV型胃癌的患者; 2)确诊前后有完备的三期增强CT图像; 3)CT检查前均未接受手术及放化疗治疗; 4)病灶显示佳, 图像清楚。排除标准: 1)既往有胃肠道手术病史; 2)既往有胃外淋巴瘤病史; 3)临床及病理资料不全及图像质量欠佳者。其中PGL的诊断基于第4版“WHO造血和淋巴组织肿瘤分类”^[17]。另外, 根据病理学或手术数据的总体形态, 进展期胃癌大体形态分类采用1923年由Borrmann提出的分型方案^[18]。

1.2 CT扫描

所有患者均采用64排螺旋CT扫描机(荷兰Philips, Brilliance 64)进行CT扫描。患者检查前禁食4~6 h, 检查前15 min饮水750~1 000 mL, 上检查床时再饮水250 mL。患者取仰卧位, 行CT平扫后, 采用德国Ulrich XD2060双筒高压注射器以3.0 mL/s的流率经肘前静脉注射对比剂碘海醇(含碘300 mg/mL), 总量为90~100 mL, 分别延迟25, 55, 120 s行动脉期、门静脉期和平衡期三期动态增强扫描。扫描范围自膈顶至双肾下缘, 所有期相均在屏气下完成。所有阶段的扫描参数: 层厚5.0 mm, 管电压120 kV, 管电流200 mA, 探测器宽度64 mm×0.625 mm, 螺距1.375, 视

野(field of view, FOV)360.00 mm×360.00 mm。

1.3 CT征象评估

每位患者的CT征象评估结果由两名分别有6年和4年腹部CT诊断经验的放射科医师在不知病理结果的前提下独立评估并记录。意见有出入的病例,经协商达成一致后记录主观评估结果。需记录的CT征象有:1)胃黏膜白线征,即观察到动脉期及门静脉期病灶近胃腔表面处黏膜皱襞增厚,出现结节状、斑片状、条带状明显强化者,即记为有白线征^[19];2)胃周脂肪浸润,定义为病变周围的胃外表面凹凸不平,周围脂肪间隙模糊不清,可见软组织密度影,则记为胃周脂肪间隙受侵;3)胃壁柔软度,观察到不同扫描期相胃壁形态固定僵硬,近侧胃腔扩张,视为胃壁柔软度差,蠕动性消失;4)转移,发现腹部淋巴结肿大者(以最小径 ≥ 10 mm为诊断指征)或存在其他

脏器转移者,记为转移;5)腹水;6)病变区胃壁厚度。

1.4 感兴趣区的分割

所有图像被匿名化并将原始CT扫描图像以DICOM格式拷贝至个人计算机内存进行后续的肿瘤分割。使用免费软件ITK-SNAP在门静脉期CT图像上逐层进行手动分割(厚度5 mm),并在ROI上进行三维重建获得感兴趣体积(volume of interest, VOI)。选择门静脉期的CT图像进行肿瘤影像组学分析,是因为在门静脉期大多数肿瘤已经显著强化^[20],可显示病变的渗透性并提示病变的纤维含量。所有目标病灶分别由具有4年和6年腹部CT阅片经验的医师独立手动分割。分割范围尽可能大地覆盖胃部病灶,在肿瘤的边界内绘制,同时保持距肿瘤边缘2~3 mm的距离以避免周围的空气或脂肪。手动分割示意图见图1。

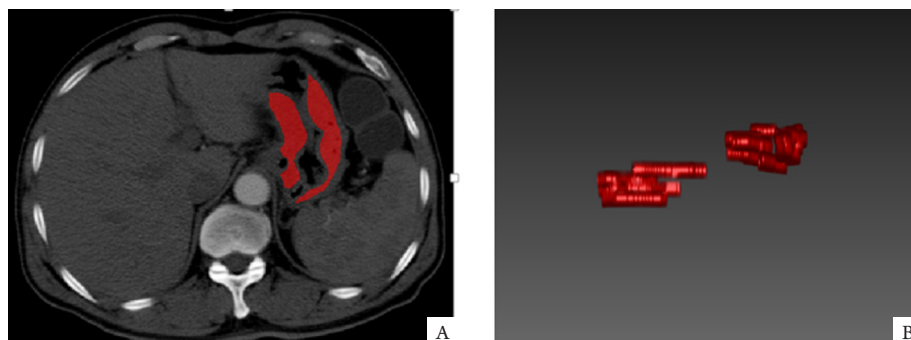


图1 原发性胃淋巴瘤的手动分割示意图

Figure 1 Sketch map of the manual segmentation in primary gastric lymphoma

A: ROI was manually delineated on the same level of CT images during portal vein phase; B: Volume of interest after three-dimensional reconstruction

1.5 纹理特征的提取

通过Matlab 2017a(Mathworks, Nafick, MA, USA)自主编写程序进行特征提取。从每个患者CT扫描的肿瘤区域中提取32个特征。该32个特征包括4个一阶统计特征(均值、方差、偏度、锐利度),9个灰度共生矩阵特征(自相关、对比度、相关性、集群突出、簇阴影、差异性、能量、熵、均匀性),12个灰度梯度共生矩阵特征(最大概率、平方和、总平均值、总方差、总熵值、差分方差、差分熵、信息相关性一、信息相关性二、逆差、反差归一化、反差矩归一化),7个游程矩阵(短游程矩阵、灰度不均匀性、长游程矩阵、游程百分比、游程长度不均匀性、低灰度级游程矩阵、高灰度级游程矩阵)特征。这些特征的定义及数学表达式详见文献[21-22]。

1.6 统计学处理

采用Matlab 2017a和R软件进行统计分析,并用其完成所有的图表制作。

对于符合正态分布及方差齐性假设的数据采用独立样本 t 检验;不符合者,则采用Mann-Whitney U 检验;使用独立样本 t 检验或 χ^2 检验评估两组患者年龄、性别的差异。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)检验影像组学特征参数的组间重复性,本研究认为 $ICC > 0.8$ 提示一致性较好。单因素分析用于检验单一变量或指标在不同分类及不同集合之间的差异,对连续变量采用Mann-Whitney U 检验或 t 检验,两两特征的相关性分析采用Pearson相关分析或Spearman分析,以降低特征参数的冗余度;多因素logistic回归分析用于模型的建立。受试者工作

特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线及曲线下面积(area under curve, AUC)用于评价模型的预测效能,并用Delong检验比较两模型之间效能差异。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

PGL组和Borrmann IV胃癌组的年龄、性别差异均无统计学意义($P > 0.05$, 表1)。

2.2 影像组学特征评估的一致性

在提取的32个特征中,25个特征(ICC为0.799~0.998)在观察者间具有较好的一致性,而其余7个特征ICC为0.247~0.785,一致性较差。

2.3 CT征象诊断模型的建立

胃周脂肪浸润、胃壁柔软度、黏膜白线征及腹水征象在Borrmann IV型胃癌组和PGL组间差异具有统计学意义($P < 0.05$),而胃壁厚度及腹部转移征象在两组间差异无统计学意义($P > 0.05$, 表2),故可在此基础上应用多因素logistic回归建立CT征象诊断模型。

表1 2组的基线人口学特征

Table 1 Baseline demographic characteristics of the 2 groups

组别	n	年龄/岁	性别/[例(%)]	
			男	女
PGL组	28	59.68±14.43	14(50.0)	14(50.0)
Borrmann IV胃癌组	43	56.19±11.66	26(60.5)	17(39.5)
P		0.266	0.385	

表2 PGL组与Borrmann IV型胃癌组的CT征象主观评估比较

Table 2 Comparison of subjective evaluation of CT signs between PGL group and Borrmann type IV gastric cancer group

组别	n	胃周脂肪浸润/[例(%)]		胃壁柔软性/[例(%)]		黏膜白线征/[例(%)]	
		有	无	存在	消失	有	无
PGL组	28	9(32.1)	19(67.9)	23(82.1)	5(17.9)	3(10.7)	25(89.3)
Borrmann IV型胃癌组	43	29(67.4)	14(32.6)	16(37.2)	27(62.8)	26(60.5)	17(39.5)
P		0.004		<0.001		<0.001	

组别	腹水/[例(%)]		腹部转移/[例(%)]		胃壁厚度/mm
	有	无	有	无	
PGL组	0(0)	28(100.0)	14(50.0)	14(50.0)	2.243±1.147
Borrmann IV型胃癌组	16(37.2)	27(62.8)	29(67.4)	14(32.6)	1.902±0.548
P	<0.001		0.142		0.152

2.4 影像组学特征选择及影像组学标签的构建

Borrmann IV型胃癌组和PGL组共有25个特征显示出较好的一致性(ICC>0.8)。通过Mann-Whitney U检验或独立样本t检验和单因素logistic回归分析比较两组之间每个特征参数的组间差异性,结果发现25个特征中有17个特征的组间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。去除高度相关的特征(相关系数大于0.9),共筛选出10个鲁棒的特征,最后应用多因素logistic回归进行降维,经筛选最后只采用两个最重要的特征(即Variance和SRE)进行建模,并计算每个患者的影像组学标签评分(Rad-score),图2直观地显示了每一位患者的Rad-score。Rad-score通过以下计算公式获得:

$$\text{Rad-score} = 1.915 + 14.351 \times \text{Variance} - 24.196 \times \text{SRE}.$$

Rad-score及其特征构成在PGL组及Borrmann IV型胃癌组间差异具有统计学意义($P < 0.001$),PGL组的Rad-score中位数(第1四分位数,第3四分位数)为

-3.209(-3.718, -1.857),而Borrmann IV型胃癌组的为3.017(2.205, 5.202)(表3)。

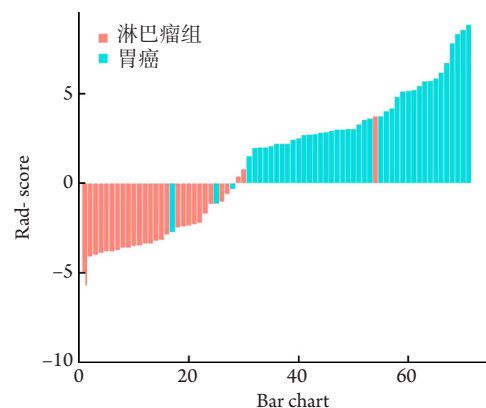


图2 2组患者Rad-score条形图

Figure 2 Rad-score bar chart of patients in the 2 groups

2.5 CT征象诊断模型与影像组学标签的ROC分析

影像组学标签及CT征象诊断模型的准确度分别为94.4%和80.2%，敏感度分别为93.0%和74.4%，特异度分别为96.4%和89.3%，AUC值分别为0.964和0.867。与CT征象诊断模型相比，影像组学标签的准确度、敏感度、特异度及AUC值均明显高于CT征象诊断模型(表4)。使用Delong检验对两个模型之间

的AUC值进行比较，发现两者差异具有统计学意义($P<0.001$)。即影像组学标签与CT征象诊断模型在该两种疾病的鉴别效能上，差异具有统计学意义。图3描述了影像组学标签及CT征象诊断模型的ROC曲线，用于区分Borrmann IV型胃癌和PGL。结果显示影像组学标签具有更高的判别能力。

表3 鉴别PGL与Borrmann IV型胃癌的影像组学标签及其构成特征比较

Table 3 Comparison of radiomics features and their components between PGL and Borrmann type IV gastric cancer

组别	<i>n</i>	Variance	SRE	Rad-score
PGL组	28	0.145(0.073, 0.202)*	0.292(0.223, 0.347)*	-3.209(-3.718, -1.857)*
Borrmann IV 胃癌组	43	0.296(0.223, 0.454)*	0.126(0.101, 0.165)*	3.017(2.205, 5.202)*
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

*M(P_{25} , P_{75})

表4 影像组学标签和CT征象诊断模型的诊断效能

Table 4 Diagnostic efficacy of radiomics signature and CT imaging diagnostic models

模型	临界值	AUC(95% CI)	准确度/%	特异度/%	敏感度/%
影像组学标签	0.754	0.9643(0.9174~1.0000)	94.4	96.4	93.0
CT征象诊断模型	0.633	0.8670(0.7865~0.9478)	80.2	89.3	74.4

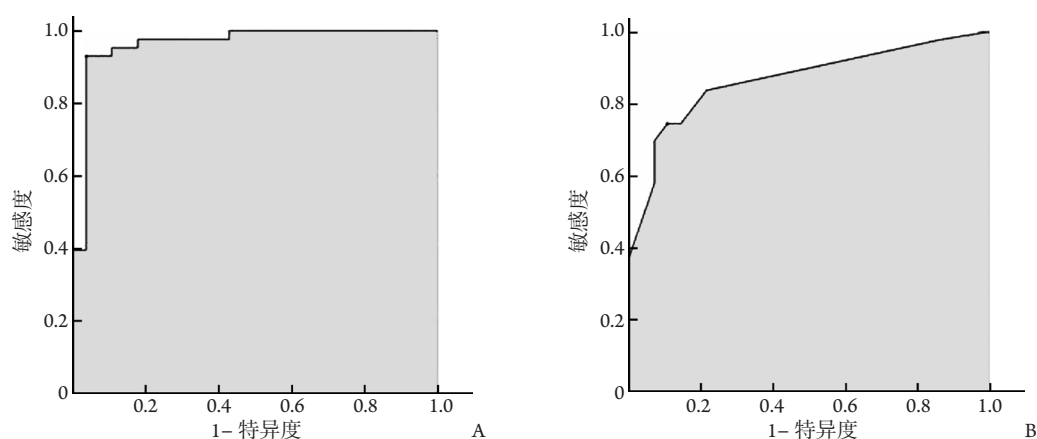


图3 ROC曲线

Figure 3 ROC curves

A: Radiomics signature; B: CT sign diagnosis model

3 讨论

本研究通过建立影像组学标签及CT征象诊断模型进行Borrmann IV型胃癌与PGL的鉴别诊断，发现影

像组学标签具有较好的鉴别诊断效能(AUC=0.96)，敏感度、特异度分别为93.0%和96.4%，提示影像组学标签可成为区分这两种恶性肿瘤潜在的辅助工具。

既往有几项关于影像组学方法应用于胃部肿瘤

鉴别诊断中的研究。Ba-Ssalamah等^[23]应用纹理分析方法在增强CT图像上对胃部多种恶性肿瘤进行分类。他们的研究仅仅基于病灶的单个层面,不能代表肿瘤整体的异质性,而且纳入的研究样本量太小,其中PGL仅纳入8例,且没有纳入Borrmann IV型胃癌。另外, Ma等^[24]应用LASSO-logistic回归模型进行特征的选择及降维,并将最重要的参数与影像组学标签进行联合,构建联合诊断模型,对胃部常见恶性肿瘤进行鉴别,其准确性为87.14%。与上述研究相比,本研究有所改进。首先,本研究的特征提取是基于VOI提取及三维影像组学特征分析,这要比感兴趣区这种单个层面的特征分析更有说服力。因为三维特征能更全面地反映肿瘤的异质性^[25-27],提供更多的肿瘤内部信息。其次,基于病变整体的分割,相比单个层面勾画产生的观察者间差异要小。此外,特征选择根据重复性、效用性及鲁棒性原则进行筛选及降维。本研究的纹理分析参数经过四次特征筛选,首先使用ICC检验参数的组间重复性^[28],然后使用Mann-Whitney U检验和单因素logistic回归检验参数的组间差异性,再采用相关性分析降低特征参数的冗余度,去除高度相关的特征,从而实现稳健的分类性能^[29]。最后应用多因素logistic回归分析进行建模,选择具有优越判别能力的特征参数,并计算了每个患者的Rad-score。

CT征象特征是最常用的诊断和鉴别诊断依据,可在一定程度上反映进展期胃癌和PGL的病理特点。当CT图像上出现胃黏膜表面白线征、胃壁僵硬且强化明显、胃周脂肪间隙模糊、大量腹水、腹部淋巴结肿大及周围脏器转移等征象时,提示为进展期胃癌;而胃壁虽然广泛增厚但管壁柔软,管腔未见明显狭窄,受累胃壁浆膜面完整清晰,无明显外侵征象,则高度提示PGL的可能^[30]。尽管这些CT征象在临床工作中具有一定的提示作用,但对Borrmann IV型胃癌的诊断难度较大,因为此类肿瘤黏膜形态常较完整,且胃壁亦可保持一定柔软性,这些征象与PGL的表现极为相似,因此单从CT征象上对两者进行鉴别诊断较困难;此外,单凭影像资料对放射诊断医师的阅片经验要求高,主观性太强,且观察者间差异大,人为主观错误亦不可避免。本研究也发现CT征象模型的诊断效能低于影像组学标签。

本研究的局限性: 1)研究总样本量偏小,因而样本的选择可能缺乏随机性、代表性。需进一步扩大样本量,以减少这种偏倚。2)所涉及的纹理特征类别仍有待进一步扩大以进行全面和精确的鉴别诊断。3)缺乏外部验证,应收集独立的外部验证数据集,以进一步验证模型性能。4)仅针对门静脉期图像进行纹理特征分析,可能会导致数据信息获取不全

面。5)不清楚其他期相,比如平扫、动脉期及延时期的影像组学分析是否也可以区分Borrmann IV型胃癌与PGL,对此,仍需要进一步的研究。

综上所述,相比传统的影像诊断方法,影像组学可以客观且无创地评估病变和器官的异质性,发现肉眼主观评估以外的信息,并可反映组织微环境的相关信息。基于CT图像的影像组学标签对Borrmann IV型胃癌与PGL的鉴别诊断具有较好的性能,有望成为临床诊断的辅助工具。

利益冲突声明: 作者声称无任何利益冲突。

参考文献

- [1] Global Burden of Disease Cancer Collaboration, Fitzmaurice C, Allen C, et al. Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 32 cancer groups, 1990 to 2015: a systematic analysis for the global burden of disease study[J]. *JAMA Oncol*, 2017, 3(4): 524-548.
- [2] Doglioni C, Ponzoni M, Ferreri AJ, et al. Gastric lymphoma: the histology report[J]. *Dig Liver Dis*, 2011, 43(Suppl 4): S310-S318.
- [3] 胡雯,任萍萍,潘文胜,等.胃淋巴瘤与胃腺癌的临床病理对比研究[J]. *实用肿瘤杂志*, 2014, 29(4): 339-344.
HU Wen, REN Pingping, PAN Wensheng, et al. Comparative study of gastric lymphoma and gastric adenocarcinoma[J]. *Journal of Practical Oncology*, 2014, 29(4): 339-344.
- [4] 周碧,申玉兰,吴春根,等.多排螺旋CT在T3/T4期胃癌与胃淋巴瘤诊断中的应用价值[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2015, 21(6): 543-547.
ZHOU Bi, SHEN Yulan, WU Chungen, et al. The value of MSCT in the differential diagnosis of stage T3/T4 gastric cancer lymphoma[J]. *Chinese Computed Medical Imaging*, 2015, 21(6): 543-547.
- [5] 郑于平.多层螺旋CT动态增强扫描对胃淋巴瘤与进展期胃癌的对比分析[J]. *实用医学影像杂志*, 2015, 16(3): 201-204.
ZHENG Yuping. Comparison of dynamic enhanced scanning of multislice spiral CT between infiltrative gastric cancer and gastric lymphoma[J]. *Journal of Practical Medical Imaging*, 2015, 16(3): 201-204.
- [6] Van CE, Dicato M, Geva R, et al. The diagnosis and management of gastric cancer: expert discussion and recommendations from the 12th ESMO/World Congress on Gastrointestinal Cancer, Barcelona, 2010[J]. *Ann Oncol*, 2011, 22(suppl 5): v1-9.
- [7] Mehmet K, Sener C, Uyeturk U, et al. Treatment modalities in primary gastric lymphoma: The effect of rituximab and surgical treatment[J]. *Contemp Oncol (Pozn)*, 2014, 18(4): 273-278.
- [8] Vitolo U, Seymour JF, Martelli M, et al. Extranodal diffuse large B-cell

- lymphoma (DLBCL) and primary mediastinal B-cell lymphoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up[J]. *Ann Oncol*, 2016, 27(Suppl 5): v91-v102.
- [9] 高志华, 简继华, 任宏伟, 等. 64层螺旋CT对胃癌的诊断价值分析[J]. *重庆医学*, 2013, 42(31): 3779-3780.
GAO Zhihua, JIAN Jihua, REN Hongwei, et al. Diagnostic value analysis of 64 layers spiral CT for gastric carcinoma[J]. *Chongqing Medicine*, 2013, 42(31): 3779-3780.
- [10] Ghai S, Pattison J, Ghai S, et al. Primary gastrointestinal lymphoma: spectrum of imaging findings with pathologic correlation[J]. *Radiographics*, 2007, 27(5): 1371-1388.
- [11] 彭燕, 邹晓平, 许国铭, 等. 内镜超声对皮革胃的诊断价值[J]. *中华消化内镜杂志*, 2004, 21(2): 114-116.
PENG Yan, ZOU Xiaoping, XU Guoming, et al. Endoscopic ultrasonography in diagnosis of linitis plastica[J]. *Chinese Journal of Digestive Endoscopy*, 2004, 21(2): 114-116.
- [12] Kyoungwon J, In PM, Eun KS, et al. Borrmann type IV advanced gastric cancer: Focus on the development of scirrhus gastric cancer[J]. *Clin Endos*, 2016, 49(4): 336-345.
- [13] Liu G, Li W, Li L, et al. The value of CT image-based texture analysis for differentiating renal primary undifferentiated pleomorphic sarcoma from three subtypes of renal cell carcinoma[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2017, 10(9): 13526-13533.
- [14] Zhou Y, He L, Huang Y, et al. CT-based radiomics signature: a potential biomarker for preoperative prediction of early recurrence in hepatocellular carcinoma[J]. *Abdom Radiol*, 2017, 42(6): 1695-1704.
- [15] Huang Y, Liu Z, He L, et al. Radiomics signature: A potential biomarker for the prediction of disease-free survival in early-stage (I or II) non-small cell lung cancer[J]. *Radiology*, 2016, 281(1): 947-957.
- [16] 冷月爽, 王小宜, 廖伟华, 等. 影像组学在胶质瘤临床研究中的应用进展(英文)[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2018, 43(4): 354-359.
LENG Yueshuang, WANG Xiaoyi, LIAO Weihua, et al. Radiomics in gliomas: A promising assistance for glioma clinical research[J]. *Journal of Central South University. Medical Science*, 2018, 43(4): 354-359.
- [17] Tohda S. Overview of lymphoid neoplasms in the fourth edition of the WHO classification[J]. *Rinsho Byori*, 2012, 60(6): 560-564.
- [18] Association JGC. Japanese classification of gastric carcinoma: 3rd English edition[J]. *Gastric Cancer*, 1998, 1(1): 10-24.
- [19] 冯琦, 庄治国, 许建荣. 胃癌MSCT扫描中征象学改变的初步小结[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2007, 13(2): 93-96.
FENG Qi, ZHUANG Zhiguo, XU Jianrong. Preliminary summary of manifestations in MSCT scanning of gastric cancer[J]. *Chinese Computed Medical Imaging*, 2007, 13(2): 93-96.
- [20] Tsurumaru D, Miyasaka M, Nishimuta Y, et al. Differentiation of early gastric cancer with ulceration and resectable advanced gastric cancer using multiphase dynamic multidetector CT[J]. *Eur J Radiol*, 2016, 26(5): 1330-1337.
- [21] Nketiah G, Elschof M, Kim E, et al. T2-weighted MRI-derived textural features reflect prostate cancer aggressiveness: preliminary results[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(7): 3050-3059.
- [22] Wibmer A, Hricak H, Gondo T, et al. Haralick texture analysis of prostate MRI: utility for differentiating non-cancerous prostate from prostate cancer and differentiating prostate cancers with different Gleason scores[J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(10): 2840-2850.
- [23] Ba-Ssalamah A, Muin D, Scherthaner R, et al. Texture-based classification of different gastric tumors at contrast-enhanced CT[J]. *Radiology*, 2013, 82(10): 537-543.
- [24] Ma Z, Fang M, Huang Y, et al. CT-based radiomics signature for differentiating Borrmann type IV gastric cancer from primary gastric lymphoma[J]. *Radiology*, 2017, 91(1): 142-147.
- [25] Fetit AE, Novak J, Peet AC, et al. 3D texture analysis of MR images to improve classification of paediatric brain tumours: a preliminary study[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2014, 202: 213-216.
- [26] Kim TY, Choi HJ, Hwang HG, et al. Three-dimensional texture analysis of renal cell carcinoma cell nuclei for computerized automatic grading[J]. *J Med Syst*, 2010, 34(4): 709-716.
- [27] Song B, Zhang G, Lu H, et al. Volumetric texture features from higher order images for diagnosis of colon lesions via CT colonography[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2014, 9(6): 1021-1031.
- [28] Zhang Y, Oikonomou A, Wong A, et al. Radiomics-based prognosis analysis for non-small cell lung cancer[J]. *Sci Rep*, 2017, 7: 46349.
- [29] Lin X, Yang F, Zhou L, et al. A support vector machine-recursive feature elimination feature selection method based on artificial contrast variables and mutual information.[J]. *J Chromatogr B*, 2012, 910(23): 149-155.
- [30] 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, 12(3): 41-42.
GE Xubo. The differential diagnostic value of MSCT and double contrast barium in the gastric lymphoma and gastric carcinoma[J]. *Journal of Rare and Uncommon Diseases*, 2015, 12(3): 41-42.

(本文编辑 彭敏宁)

本文引用: 邓娇, 谭一雄, 顾潜彪, 容鹏飞, 王维, 刘晟. CT影像组学对原发性胃淋巴瘤与Borrmann IV型胃癌的鉴别诊断价值[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2019, 44(3): 257-263. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.03.005

Cite this article as: DENG Jiao, TAN Yixiong, GU Qianbiao, RONG Pengfei, WANG Wei, LIU Sheng. Application of CT-based radiomics in differentiating primary gastric lymphoma from Borrmann type IV gastric cancer[J]. *Journal of Central South University. Medical Science*, 2019, 44(3): 257-263. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.03.005