

·临床研究·

MSCT影像组学对 Borrmann IV型胃癌与原发性胃淋巴瘤的鉴别诊断价值

陈钦贤¹, 刘 昱², 黄列彬¹, 冯 宝², 薛慧敏¹, 李昌林², 全 勇³, 龙晚生¹

(1. 江门市中心医院放射科, 广东 江门, 529030; 2. 桂林航天工业学院电子信息与自动化学院, 广西 桂林, 541004;
3. 中山市人民医院放射科, 广东 中山, 528403)

摘 要:【目的】探讨CT影像组学模型鉴别 Borrmann IV型胃癌与原发性胃淋巴瘤的价值。【方法】回顾性收集2008年6月至2018年4月经手术或内镜病理确诊的 Borrmann IV型胃癌或原发性胃淋巴瘤的病例共186例, 其中 Borrmann IV型胃癌132例, 原发性胃淋巴瘤54例。采用计算机软件对CT动脉期、静脉期图像提取放射组学特征, 再选择Lasso Logistic回归方法进行特征筛选, 并建立CT影像组学模型, 此外亦筛选CT主观征象构建CT主观征象模型, 并同时利用CT主观征象及组学特征构建联合模型。应用受试者工作特征(ROC)曲线评估CT主观征象模型、组学模型以及联合模型的性能。【结果】浆膜亮线征、浆膜侧不规则结节状外突两个征象进入了CT主观征象模型, 而在组学特征中分别选出9个静脉期特征、8个动脉期特征以及14个动静脉期组合特征与病灶相关, 分别构建相应组学模型。鉴别 Borrmann IV型胃癌与原发性胃淋巴瘤, CT主观征象模型的截断值为0.188时, 曲线下面积(AUC)为0.846, 敏感性为61.9%, 特异性为81.7%, 准确性为76.5%; 组学模型中的动脉期、静脉期以及动静脉期的截断值分别为-0.315、-0.669和-0.858, AUC分别为0.864、0.955和0.890, 敏感性分别为71.4%、95.2%和81.0%, 特异性分别为85.0%、88.3%和80.0%, 准确性分别为81.5%、90.1%和80.3%; 联合模型中的动脉期、静脉期以及动静脉期的截断值分别为0.257、0.556和0.497, AUC分别为0.883、0.956和0.918, 敏感性分别为71.4%、90.5%和71.4%, 特异性分别为85.0%、93.3%和90.0%, 准确性分别为81.5%、92.6%和85.2%。经统计检验, 模型诊断效能: 联合模型>组学模型>CT主观征象模型($P<0.001$), CT静脉期图像对于鉴别诊断2种肿瘤效能更好。【结论】基于CT动、静脉期的影像组学模型能够较准确地鉴别 Borrmann IV型胃癌与原发性胃淋巴瘤。

关键词: Borrmann IV型胃癌; 原发性胃淋巴瘤; 影像组学; 鉴别诊断

中图分类号: R735.2 文献标志码: A 文章编号: 1672-3554(2022)05-0852-09

DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2022.0520

The Value of MSCT Based Radiomics in Differential Diagnosis of Borrmann IV Gastric Cancer and Primary Gastric Lymphoma

CHEN Qin-xian¹, LIU Yu², HUANG Lie-bin¹, FENG Bao², XUE hui-min¹,
LI Chang-lin², QUAN Yong³, LONG Wan-sheng¹

(1. Department of Radiology, Jiangmen Central Hospital, Jiangmen 529030, China; 2. School of Electronic Information and Automation, Guilin University of Aerospace Technology, Guilin 541004, China; 3. Department of Radiology, Zhongshan People's Hospital, Zhongshan 528403, China)

Correspondence to: LONG Wan-sheng; E-mail: jmlws2@163.com

Abstract: 【Objective】 To explore the predictive value of CT based radiomics model in differentiating Borrmann type

收稿日期: 2022-04-06

基金项目: 江门市医疗卫生领域科技计划项目(2019A108); 江门市中心医院科研杰青项目(J202005)

作者简介: 陈钦贤, 主治医师, 研究方向: 腹部影像诊断, E-mail: hsimin1011@163.com; 龙晚生, 通信作者, 主任医师, E-mail: jmlws2@163.com

IV gastric cancer (GC) from primary gastric lymphoma (PGL).【Methods】A total of 186 cases (Borrmann type IV GC: 132; PGL: 86) pathologically diagnosed by surgical resection and/or endoscopic biopsy were enrolled from June 2008 to April 2018 retrospectively. Radiomics features were extracted from CT arterial phase and venous phase images by computed algorithm, and selected by least absolute shrinkage and selection operator (Lasso) logistic regression, and then the CT-based radiomics models were established. CT subjective signs were reviewed to build CT subjective signs model, while CT subjective signs and radiomics signature were assembled to build combined model. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the performance of CT subjective sign model, radiomics model and the combined model.【Results】Two signs(the bright line sign of serosa and the irregular nodular protrusion on the serosa side)were selected into the CT subjective sign model. Among the radiomics features, 9 venous phase features, 8 arterial phase features and 14 arteriovenous combination features related to tumor classification were selected, and the corresponding radiomics models were constructed respectively. When the cut-off value of CT subjective sign model was 0.188, the area under curve (AUC) was 0.846, the sensitivity was 61.9%, the specificity was 81.7%, and the accuracy was 76.5%. The cut-off values of arterial phase, venous phase and arteriovenous phase radiomics model were -0.315, -0.669 and -0.858, respectively, and the AUCs were 0.864, 0.955 and 0.890, the sensitivity were 71.4%, 95.2% and 81.0%, the specificity were 85.0%, 88.3% and 80.0%, the accuracy were 81.5%, 90.1% and 80.3%, respectively. The cut-off values of arterial phase, venous phase and arteriovenous phase in the combined model were 0.257, 0.556 and 0.497, respectively, and the AUCs were 0.883, 0.956 and 0.918, the sensitivity was 71.4%, 90.5% and 71.4%, the specificity was 85.0%, 93.3% and 90.0% and the accuracy were 81.5%, 92.6% and 85.2%, respectively. The diagnostic performance of the models from high to low were the combined model, radiomics model and CT subjective finding model ($P < 0.001$), and CT venous phase images were more effective in the differential diagnosis of the two tumors.【Conclusions】The radiomics model based on the arterial and venous phases CT images could differentiate Borrmann type IV gastric carcinoma from primary gastric lymphoma effectively.

Key words: Borrmann type IV gastric cancer; primary gastric lymphoma; radiomics; differential diagnosis

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci),2022,43(5):852-860]

胃癌与原发胃淋巴瘤(primary gastric lymphoma, PGL)为胃最常见的两种恶性肿瘤,影像学表现极其相似^[1-2],尤以Borrmann IV型胃癌与PGL难以鉴别。然而,这两种疾病的治疗方法及预后迥异。胃癌多采用手术切除再辅以化疗;而原发性胃淋巴瘤一般无需手术,直接采用化疗或放疗即可。因此,治疗前准确诊断Borrmann IV型胃癌或PGL至关重要。内窥镜活检是治疗前明确诊断的常用手段^[3]。然而对于Borrmann IV型胃癌和PGL,尤其是PGL,病变主要位于黏膜下层,活检的阳性率受影响^[4-6]。CT作为胃肿瘤的主要检查手段,诊断主要依据主观征象^[7-9],医生之间的诊断存在差异,敏感性及特异性相对不高^[10-11]。作为一种新兴的医学-工程技术结合的影像分析方法,影像组学可从医学图像上提取病变相关的特征信息,定量反映肿瘤的异质性等情况,在鉴别胃肿瘤组织及肿瘤分期方面临床应用的可行性^[12-15]已被初步证实。本研究拟探讨基于CT动、静脉期图像的影像组学分析鉴别Borrmann IV型胃癌与PGL是否可行。

1 材料与方法

1.1 病例资料

本回顾性研究经江门市中心医院伦理委员会批准,符合免除知情同意的条件。回顾性收集2008年6月至2018年4月期间江门市中心医院及外院(中山市人民医院)的Borrmann IV型胃癌及PGL病例。纳入标准:①所有胃癌病例、PGL病例均经病理证实;②有完整的治疗前CT双期增强CT图像,且图像质量好,病灶显示清晰;③CT检查前均未接受过治疗。排除标准:①有胃外淋巴瘤病史;②临床、病理资料不全者。其中Borrmann IV型胃癌采用1923年由Borrmann提出的分型方案及2017版国际抗癌联盟及美国癌症联合会胃癌TNM分期系统^[16],PGL的诊断基于2008年第4版“WHO造血和淋巴组织肿瘤分类”^[17]。

按以上标准,最终共纳入186例患者,其中Borrmann IV型胃癌132例、PGL54例(其中外院14例)。

1.2 检查方法

本研究病例采用的扫描机器及参数如下:东芝 Aquilion one-64 或西门子 Somatom Force CT。扫描参数为:管电压 120 kv,管电流自动,探测器准直 64 mm×0.5 mm 或 192 mm×0.625 mm,视野 350 mm×350 mm,螺距 0.844 或 0.7,矩阵 512×512,层间距 3 mm,层厚 3 mm。先行平扫,然后经肘前静脉用高压注射器以 3.0-3.5 mL/s 的速率注射对比剂[1.5 mL/kg,优维显(碘普罗胺注射液 370),拜耳先灵制药公司],分别于 30 s 和 60 s 扫描动脉期及静脉期图像。将图像原始数据传输到后处理器,分别重建各期层厚均为 3 mm 的横断位、冠状位及矢状位图像。

1.3 病灶感兴趣区的划定

为获取分析所需的肿瘤体积(Volume of interest, VOI),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存储以供后续肿瘤分割。采用 MATLAB 2016 软件自主编写程序在动脉期、门静脉期图像上对病灶进行手动分割。所有病例随机抽取分成两份,由两位诊断医生运用软件分别进行分析所需肿瘤 ROI 的人工手动分割。两位医生商量达成划定肿瘤范围时划分规则、细节并参考既往研究方法^[12-13],并评估一致性。为了避免包括相邻的胃内容物、空气、脂肪或血管,分割肿瘤体积时在肿瘤的边界内画轮廓线。手工勾画感兴趣区及肿瘤立体重建三维示意图(图 1)。

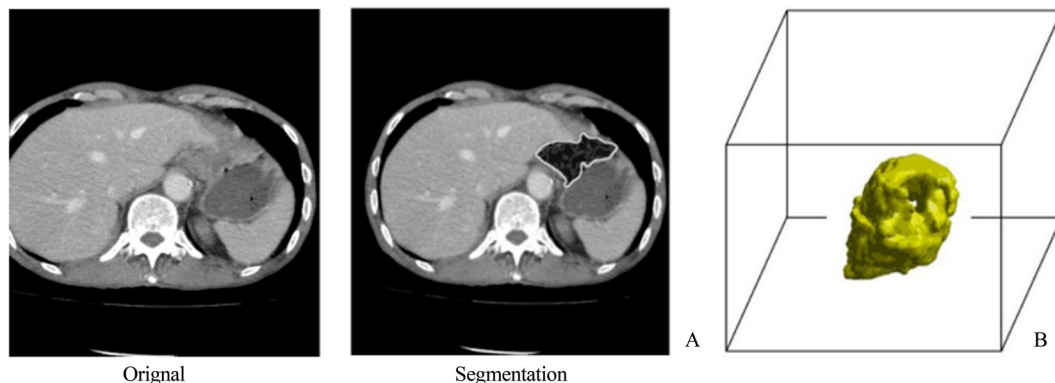


图 1 胃癌手工分割结果(A)静脉期手动分割的病灶(B)三维重建的病灶体积

Fig. 1 Manual segmentation result of gastric cancer lesion in venous phase of CT enhancement (A), and three dimensional reconstruction image of the lesion volume (B)

1.4 评估选择用于构建 CT 主观征象模型的主观征象

本研究首先对 Borrmann IV 型胃癌及 PGL 的 CT 主观征象进行评估,选择主观征象构建 CT 主观征象模型。主观征象评估由两位经验丰富的影像医师在不知病理结果的情况下盲法独立进行,然后对两位医师的初始意见进行对比,通过讨论、协商解决分歧。相应主观征象及判断标准如下:①浆膜亮线征^[18-20]:病变胃壁浆膜侧出现沿胃壁长轴走行的线状、条片状明显强化者,为浆膜亮线征;②浆膜侧不规则结节状外突^[18, 21]:病灶区胃壁浆膜面不光滑,局部出现外凸小结节状强化;③胃周脂肪间隙模糊:多方位观察病变区域胃周间隙,若胃周邻近脂肪间隙密度增高则认为出现该征象。④黏膜强化线:病变区域胃黏膜侧出现线状、斑片状或条带状

明显强化。

1.5 提取筛选构建组学模型的组学纹理特征

采用 MATLAB2016 (Mathworks, Natick, MA, USA)软件自主编写程序对 VOI 进行特征提取。为提高特征的可重复性和鲁棒性,采用各向同性重采样[重采样系数=(0.9, 1, 1.2, 1.5, 2)]、灰度离散化[量化算法=(Equal, Lloyd),灰度级=(8, 16, 32, 64)]和不同权重下的小波带通滤波[权重系数=(0.5, 0.67, 1, 1.5, 2)]。通过软件分析肿瘤 3D 图像,提取 8 600 个纹理特征,其中 2 600 个灰度区域尺寸矩阵(Gray Level Size Zone Matrix, GLSZM)、1 000 个邻域灰度差分矩阵(Neighbouring Gray Tone Difference Matrix, NGTDM)、1 800 个灰度共生矩阵特征(Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM)、600 个全局纹理特征和 2 600 个灰度游程矩阵

特征(Gray Level Run Length Matrix, GLRLM)。

基于上述提取的影像组学纹理特征,为防止模型过拟合,构建鲁棒的预测模型,首先采用Mann-Whitney U 检验和一致性检验 ICC 筛选具有统计意义的特征,然后采用最大相关最小冗余算法,滤除冗余信息和噪声信息,筛选与标签相关性更高的特征。最后基于最大相关和最小冗余筛选的特征,使用Lasso Logistic 回归方法进一步选择特征,计算每个特征对应的权重系数,根据非零权重系数的分布选择对应的特征。其次,通过10折交叉验证方法选择调整参数。最后,给予最优的权重参数,选择相应的特征,即有价值的预测变量。Lasso 最终的输出被视为放射组学分数(R-score),即最终的预测值。

1.6 统计学分析

采用SPSS 22.0 和 RStudio 软件进行统计分析,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, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。随机选择2名医师分割的20例数据,采用组间相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)评估两组数据影像特征的组间一致性, $ICC > 0.75$ 为一致性良好。对差异有统计学意义且一致性较好的组学特征进行多因素 Logistic 回归分析,构建CT影像组学特征模型,同时利用所选择的主观征象及组学特征进而构建联合模型。

2 结果

2.1 一般资料

Borrmann IV型胃癌和PGL组的黏膜强化线、浆膜亮线征、浆膜侧不规则结节状外突及胃周脂肪间隙模糊组间差异且有统计学意义,其余差异无统计学意义(表1)。

2.2 CT主观征象模型的构建

对Borrmann IV型胃癌和PGL组间有统计学差异的黏膜强化线、浆膜亮线征、浆膜侧不规则结节状外突和胃周脂肪间隙模糊征象进行多因素 logistic 回归分析,最终浆膜亮线征($P < 0.001$)和浆膜侧不规则结节状外突($P = 0.013$)进入主观征象模型(表2),进而建立CT主观征象模型。

2.3 影像组学模型的构建

动脉期和静脉期影像提取的特征进行 U 检验和 ICC 检验,然后利用最大相关最小冗余方法,分别对上述经过 U 检验($P < 0.05$)和一致性较好($ICC > 0.75$)的特征进行排序,减少特征冗余度,经过LASSO 回归建模分析,最后分别选出9个静脉期特征、8个动脉期特征以及14个动静脉组合特征与病灶相关,构建组学模型。Lasso 特征选择流程图如图2。

2.4 联合模型的构建

以经过统计检验的几个主观征象和影像组学模型的预测值作为联合模型的输入特征,利用SPSS软件进行分析,训练集多因素分析构建联合模型结果(表3)。

2.5 三个模型的诊断效能分析

CT主观征象模型的曲线下面积(area under curve, AUC) AUC 95%CI 为0.846(0.617, 0.851), 当

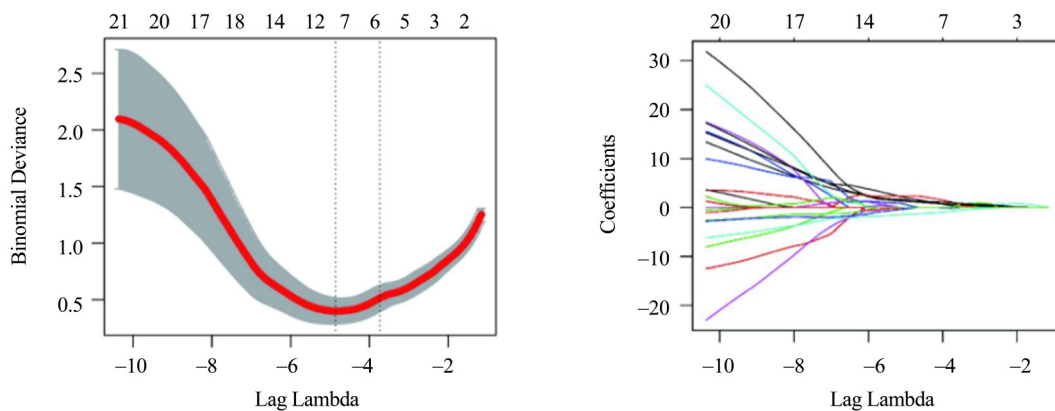


图2 Lasso 特征筛选图(静脉期)

Fig. 2 Radiomics feature selection process through least absolute shrinkage and selection operator (venous phase)

表1 训练集和测试集的病人信息

Table 1 Clinical characteristics in training and validation cohorts $[n, \bar{x} \pm s, M(P_{25} \sim P_{75})]$

Clinical characteristics	Training cohort (n=105)			Validation cohort (n=81)		
	Gastric lymphoma (n=33)	Gastric cancer (n=72)	P	Gastric lymphoma (n=21)	Gastric cancer (n=60)	P
Gender						
Male	17	44	0.355	13	39	0.799
Female	16	28		8	21	
Age	57±12	59±13	0.845	58±11	63±13	0.733
Location						
Cardia	1	5	0.123	0	8	0.383
Antrum	11	44		13	37	
Fundus	2	1		2	2	
Pylorus	0	2		0	7	
Body	13	6		5	2	
Whole	2	1		1	0	
Greater curvature	3	2		0	0	
Less curvature	1	11		0	4	
Mucosal enhancement line						
Presence	20	57	0.046	11	47	0.023
Absence	13	15		10	13	
High enhanced serosa sign						
Presence	5	55	<0.001	3	40	<0.001
Absence	28	17		18	20	
Irregular nodular protrusion on the serosal side						
Presence	10	55	<0.001	7	48	<0.001
Absence	23	17		14	12	
Parigastric fat space blurred						
Presence	18	54	0.036	7	43	0.002
Absence	15	18		14	17	
Radiomics signature value of CT enhancement	2.496 (0.998~4.704)	-4.141 (-5.440~ -2.330)	<0.001	2.005 (-0.305~3.247)	-3.880 (-6.242~ -2.014)	<0.001

Age was tested by *T* test, Group scores were tested by Mann-Whitney *U* test, Gender, Mucosal enhancement line, High enhanced serosa sign, Irregular nodular protrusion on serosal side, Parigastric fat space blurred were all tested by Chi-square test, and Location were tested by Chi-square trend test. SD; standard deviation.

截断值为 0.188 时, 敏感性为 61.9%, 特异性为 81.7%, 准确性为 76.5%。组学模型中的动脉期、静脉期以及动静脉期的 AUC 95%CI 分别为 0.864

(0.770, 0.930)、0.955(0.884, 0.988) 和 0.890(0.800, 0.948), 截断值分别为 -0.315、-0.669 和 -0.858, 敏感性分别为 71.4%、95.2% 和 81.0%, 特异性分别为

表2 CT主观征象多因素逻辑回归结果

Table 2 Multivariate logistic regression analysis of subjective CT findings

Variable	<i>b</i>	<i>S_b</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	OR 95%CI
High enhanced serosa sign	-2.511	0.581	18.666	<0.001	0.081	(0.026,0.254)
Irregular nodular protrusion on the serosal side	-1.344	0.541	6.170	0.013	0.261	(0.090,0.753)
Constant	1.050	0.401	6.865	0.009	-	-

P<0.05.OR:odds ratio.CI: confidence interval.

表3 训练集多因素分析构建联合模型

Table 3 Combine model construction by multivariate logistic regression analysis

Variable		<i>b</i>	<i>S_b</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	OR 95%CI
Arterial phase	High enhanced serosa sign	-2.562	1.124	5.201	0.023	0.077	(0.009,0.697)
	Radiomics signature value	1.996	0.563	12.570	<0.001	7.356	(2.441,22.168)
	Constant	1.400	0.736	3.618	0.057	-	-
Venous phase	High enhanced serosa sign	-2.784	1.394	3.988	0.046	0.062	(0.004,0.950)
	Radiomics signature value	2.103	0.647	10.565	0.001	8.188	(2.304,29.095)
	Constant	1.696	0.962	3.105	0.078	-	-
Arterial and venous phase	High enhanced serosa sign	-2.048	0.904	5.136	0.023	0.129	(0.022,0.758)
	Radiomics signature value	1.395	0.333	17.502	<0.001	4.035	(2.099,7.757)
	Constant	0.982	0.603	2.653	0.103	-	-

P<0.05. OR: odds ratio. CI: confidence interval.

85.0%、88.3% 和 80.0%，准确性分别为 81.5%、90.1% 和 80.3%。联合模型中的动脉期、静脉期以及动静脉期的 AUC 分别为 0.883、0.956 和 0.918，截断值分别为 0.257、0.556 和 0.497，敏感性分别为 71.4%、90.5% 和 71.4%，特异性为 85.0%、93.3% 和

90.0%，准确性为 81.5%、92.6% 和 85.2%。各模型的诊断效能比较，结果为：联合模型>组学模型>CT主观征象模型，并且静脉期>动静脉期>动脉期。各模型的 ROC 曲线(图3)。

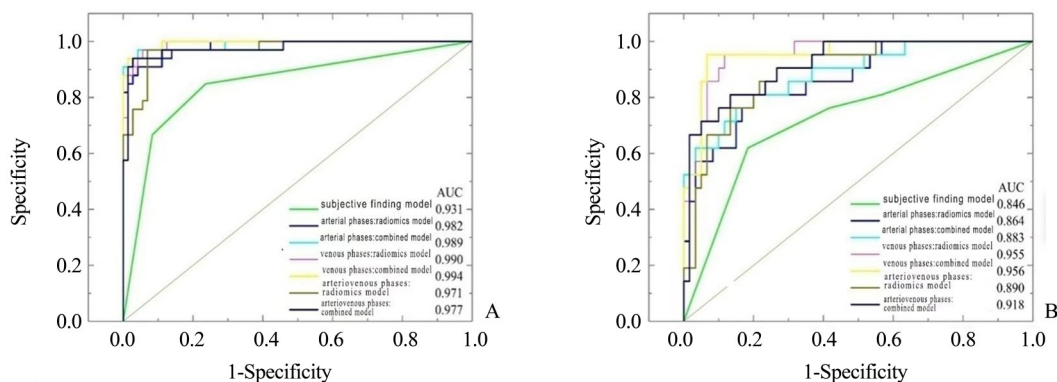


图3 训练集(A)与测试集(B)的ROC曲线

Fig. 3 Receiver operating characteristics curve in training cohort (A) and validation cohort (B)

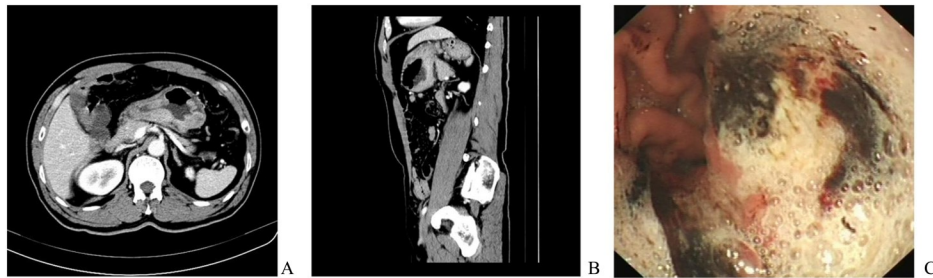
3 讨论

治疗前准确诊断 Borrmann IV 型胃癌和 PGL 对治疗方案的选择有着重要影响。近年有研究利用 CT 主观征象鉴别 Borrmann IV 型胃癌、PGL 两种疾病^[22], 黏膜白线征、胃壁柔软度等有助于二者鉴别, 但表现混淆, 敏感性及特异性不高。本研究结果显示黏膜强化线、浆膜亮线征、浆膜侧不规则结节状外突和胃周脂肪间隙模糊征象在鉴别这两种疾病时有统计学差异, 而浆膜亮线征及浆膜侧结节状外突征象为构建 CT 主观征象模型的独立预测因子。有研究报道, 浆膜亮线征是胃癌影像 T 分期的重要依据, 是 T4 期胃癌较为特异的征象^[18-20, 23]。胃癌侵犯浆膜, 肿瘤细胞在浆膜面增殖且血供丰富, 易出现浆膜亮线征及浆膜侧不规则结节状外突征象^[18]。而 PGL 起源于黏膜下层, 主要是沿胃黏膜固有层和黏膜下层浸润性生长, 肿瘤细胞增殖一般不破坏正常细胞^[24], 大部分 PGL 血供不丰富, 侵犯浆膜时无特异性征象^[25-26]。

理论上影像图像越详细可提供组学特征越多, 对于建立的组学模型诊断效能更好, 所以本研究选择同时对动脉期及静脉期 CT 图像提取组学特征, 并且本研究是基于三维 VOI 提取的特征, 提供的病灶信息要比二维层面的信息要详细^[27]。此外, 本研究对提取的组学特征进行了小波滤波、各向同性重

采样和灰度离散化处理, 目的在于特征的可重复性和模型的鲁棒性验证, 能更好地反映病灶情况, 最终分别筛选了 9、8 和 14 个纹理特征, 进而构建组学模型。结果显示动脉期、静脉期和动静脉期联合的组学模型诊断效能均高于 CT 主观征象模型, 这进一步反应出所筛选出的这些衡量二阶或高阶图像纹理强度的特征, 能很好反映肿瘤图像的异质性, 对鉴别 Borrmann IV 型胃癌和 PGL 有较大帮助。此外, 本研究同时对动脉期、静脉期 CT 图像进行了影像组学分析, 结果显示基于静脉期图像的影像组学模型及联合模型的鉴别诊断效能均比基于动脉期图像的模型高, 分析认为这或许与肿瘤的血供情况有关, 大部分 Borrmann IV 型胃癌与 PGL 病例均是静脉期强化更明显, 故静脉期图像所能提取特征的信息更多、更全面, 从而反映肿瘤异质性的能力更强。

本研究联合主观征象及影像组学特征构建了联合模型, 结果显示联合模型的鉴别诊断效能比单纯组学模型或主观模型高, 这进一步说明基于 CT 的影像组学分析方法的, 它作为一种非侵入性的肿瘤图像特征分析方法, 可与常规主观征象分析方法相互补充。在常规影像学诊断疑难、病理由于活检取材等因素导致诊断不明确时, 提供另一种诊断手段, 有助于提高两者治疗前的准确诊断(图4)。



Axial (A) and sagittal (B) images of venous phase in one patient. Gastric wall mass with giant ulcer was shown under gastroscopy (C). The lesion was uncertain after gastroscopy biopsy. The probabilities of gastric lymphoma based on radiomics features were 0.703, 0.593, 0.771 for venous phase, arterial phase and arteriovenous phase, respectively.

图4 一患者静脉期 CT 图像以及胃镜图像

Fig. 4 CT images of venous phase and gastroscopy image in a patient

本研究仍存在局限性: 首先, 样本量偏小, 结果有高估可能。另外, 分割边界不清的肿瘤时具有挑战性和争议性, 所涉及的纹理特征的类别也有待进一步扩大以进行更精确的鉴别诊断。综上所述, 影像组学可以客观且无创地评估病变和器官的异质

性, 提供肉眼主观评估以外的信息。基于 CT 图像的影像组学标签能较好的鉴别 Borrmann IV 型胃癌与 PGL, 联合 CT 主观征象及影像组学的联合模型对两者的鉴别诊断有更好的效果, 可为临床制定诊疗计划提供有力帮助, 有望成为临床诊断的辅助工具。

参考文献

- [1] 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 YP. Comparison of dynamic enhanced scanning of multislice spiral CT between infiltrative gastric cancer and gastric lymphoma [J]. JPMI, 2015, 16(3): 201-204.
- [2] 林少帆,林黛英,吴先衡,等. 进展期胃癌与胃淋巴瘤的CT鉴别诊断及其判别模型的初步建立[J]. 放射学实践, 2020, 35(5):624-628.
Lin SF, Lin DY, Wu XH, et al. Preliminary establishment of CT-based model for differentiation between advanced gastric cancer and gastric lymphoma [J]. Radiologic Pract, 2020, 35(5):624-628.
- [3] 陶金,林颖,李建忠,等. 原发性胃恶性淋巴瘤临床与病理研究[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2012, 33(6):803-807.
Tao J, Lin Y, Li JZ, et al. Study of clinic and pathology on primary gastric malignant lymphoma [J]. J Sun Yat-Sen Univ (Med Sci), 2012, 33(6):803-807.
- [4] 崔建芳,王亚丹,吴静,等. 原发性胃淋巴瘤临床病理特征及内镜诊断分析[J]. 胃肠病学和肝病学杂志, 2021, 30(5):567-570.
Cui JF, Wang YD, Wu J, et al. Clinicopathologic features and endoscopic presentations of primary gastric lymphoma [J]. Chin J Gastroenterol Hepatol, 2021, 30(5):567-570.
- [5] 赵倩,杨爱华,苗向阳,等. 提高胃镜下活检发现早期胃癌的准确性[J]. 精准医学杂志, 2021, 36(5):460-463.
Zhao Q, Yang AH, Miao XY, et al. To improve the detect accuracy of endoscopic biopsy for early gastric cancer [J]. J Precis Med, 2021, 36(5):460-463.
- [6] 辛悦,于立辉,张秀梅. 原发性胃淋巴瘤内镜表现与病理特征分析[J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(2):188-191.
Xin Y, Yu LH, Zhang XM. Endoscopic and pathologic characteristics of primary gastric lymphoma [J]. Chin J Lab Diagn, 2021, 25(2):188-191.
- [7] 钱昆,张保峰,赵鸿. 64排螺旋CT在胃癌术前分期诊断中的价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(6):144-146.
Qian K, Zhang BF, Zhao H. Value of 64-slice spiral CT in preoperative staging diagnosis of gastric cancer [J]. Chin J CT and MRI, 2021, 19(6):144-146.
- [8] 吴俊铠,陈燕萍,罗淑仪,等. 原发性胃肠道淋巴瘤的多层螺旋CT诊断及鉴别诊断[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2016, 37(3):469-474.
Wu JK, Chen YP, Luo SY, et al. MSCT diagnosis and differential diagnosis of primary gastrointestinal lymphoma [J]. J Sun Yat-Sen Univ (Med Sci), 2016, 37(3):469-474.
- [9] 朱湘文,韩志江. CT强化模式在进展期胃癌与胃淋巴瘤鉴别诊断中的价值[J]. 影像诊断与介入放射学, 2018, 27(2):112-116.
Zhu XW, Han ZJ. Value of CT enhancement pattern for diagnosing advanced gastric carcinoma and gastric lymphoma [J]. Diagn Imaging & Interv Radiol, 2018, 27(2):112-116.
- [10] 钟宝元,刘艳秀,黄文峰,等. 64层CT三期动态增强扫描对胃癌术前TNM分期的判断价值[J]. 中华胃肠外科杂志, 2012(7):706-709.
Zhong BY, Liu YX, Huang WF, et al. Clinical value of 64-slice spiral 3-phase CT enhanced scanning for preoperative TNM staging assessment of gastric carcinoma [J]. Chin J Gastrointest Surg, 2012(7): 706-709.
- [11] 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.
Yang Y, Tang L. Differential diagnosis of gastric lymphoma, gastric stromal tumor and advanced gastric cancer by MSCT three-phase enhanced scan [J]. Chin J CT and MRI, 2019, 17(10):120-123.
- [12] Ma Z, Fang M, Huang Y, et al. CT-based radiomics signature for differentiating Borrmann type IV gastric cancer from primary gastric lymphoma [J]. Eur J Radiol, 2017, 91:142-147.
- [13] 邓娇,谭一雄,顾潜彪,等. 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.
Deng J, Tan YX, Gu QB, et al. Application of CT-based radiomics in differentiating primary gastric lymphoma from Borrmann type IV gastric cancer [J]. J

- Centr South Univ (Med Sci), 2019, 44(3):257-263.
- [14] 王雷, 吴白龙, 王小雷, 等. 基于增强CT影像组学在预测胃癌术前病理分级中的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(12):147-149;153.
Wang L, Wu BL, Wang XL, et al. The value of enhanced CT-based radiomics in predicting preoperative pathological grading of gastric cancer [J]. Chin J CT and MRI, 2021, 19(12):147-149;153.
- [15] 陈智成, 朱可心, 刘屹. CT影像组学在胃癌的研究进展[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(11):2215-2219.
Chen ZC, Zhu KX, Liu Y. Research progresses of CT-based radiomics in gastric cancer[J]. J Clin Radiol, 2021, 40(11):2215-2219.
- [16] 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.
Shan F, Li ZY, Zhang LH, et al. The union for international cancer control (UICC) and the american joint committee on cancer (AJCC) gastric cancer TNM staging system (8th edition) explanation and elaboration [J]. Chin J Pract Surg, 2017, 37(1):15-17.
- [17] 朱雄增, 李小秋. 解读2008年恶性淋巴瘤WHO分类[J]. 临床与实验病理学杂志, 2010, 26(1):10-13.
Zhu XZ, Li XQ. Interpretation of the 2008 WHO classification of malignant lymphoma [J]. J Clin Exp Pathol, 2010, 26(1):10-13.
- [18] Kim TU, Kim S, Lee JW, et al. MDCT features in the differentiation of T4a gastric cancer from less-advanced gastric cancer: significance of the hyperattenuating serosa sign [J]. Br J Radiol, 2013, 86(1029):20130290.
- [19] Sun R J, Tang L, Chen Y, et al. Feasibility of differentiating T3 from T4a gastric cancer in different Lauren classification by determining serosa invasion: Diagnostic performance of high enhanced serosa sign [J]. Chin J Cancer Res, 2018, 30(2):263-271.
- [20] 唐磊. 胃癌影像学分期与评效--多学科诊疗的需求与对策[J]. 中华胃肠外科杂志, 2015(3):208-212.
Tang L. Staging and response evaluation of gastric cancer: requirements and resolutions by multidisciplinary treatment [J]. Chin J Gastrointest Surg, 2015(3):208-212.
- [21] 李雪丹, 崔玲玲, 崔立贺, 等. 胃癌浆膜面的不同CT表现及其诊断意义[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(7):1350-1353.
Li XD, Cui LL, Cui LH, et al. CT findings of serosa and their diagnostic significances of gastric cancer [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2012, 28(7):1350-1353.
- [22] 黎昕, 黄柏锋, 蓝博文, 等. 浸润型胃淋巴瘤和浸润型胃癌的多层螺旋CT表现[J]. 中国医学影像学杂志, 2012, 20(3):195-198.
Li X, Huang BF, Lan BW, et al. The manifestations of infiltrative gastric lymphoma and infiltrative gastric carcinoma with multi-slice helical CT [J]. Chin J Med Imaging, 2012, 20(3):195-198.
- [23] 黄列彬, 龙晚生, 薛慧敏, 等. CT灌注成像在构建胃癌术前淋巴结转移预测模型中的价值[J]. 影像诊断与介入放射学, 2020, 29(3):171-176.
Huang LB, Long WS, Xue HM, et al. Value of CT perfusion imaging in preoperative prediction of lymph node metastasis of gastric cancer [J]. Diagn Imaging & Interv Radiol, 2020, 29(3):171-176.
- [24] 钟添荣, 梁翠媚, 梁倩雯, 等. 胃淋巴瘤的MSCT影像特征与病理分型的关系[J]. 广东医学, 2015, 36(23):3668-3670.
Zhong TR, Liang CM, Liang QW, et al. The relationship between MSCT features and pathological classification of gastric lymphoma [J]. Guangdong Med J, 2015, 36(23):3668-3670.
- [25] 刘宇亭, 夏瑞明. 34例胃癌及胃淋巴瘤的CT表现及病理对照分析[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(4):693-695.
Liu YT, Xia RM. The CT manifestations and pathological comparison analysis in 34 cases of gastric cancer and gastric lymphoma [J]. J Med Imaging, 2017, 27(4):693-695.
- [26] 陈智慧, 陈任政, 司徒敏婷, 等. 64排螺旋CT在进展期胃癌与胃淋巴瘤的诊断及鉴别诊断的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(5):756-758, 803.
Chen ZH, Chen RZ, Si TMT, et al. The value of 64-slice spiral CT in the diagnosis and differential diagnosis of advanced gastric cancer and gastric lymphoma [J]. J Pract Radiol, 2020, 36(5):756-758, 803.
- [27] Shen C, Liu Z, Guan M, et al. 2D and 3D CT radiomics features prognostic performance comparison in non-small cell lung cancer [J]. Translational Oncology, 2017, 10(6):886-894.