

DOI:10.13350/j.cjpb.240910

• 论著 •

华支睾吸虫感染背景的肝细胞癌影像组学特征及预测华支睾吸虫感染的性能评价

李刚^{1,2},彭飞³,詹麒⁴,贾坤⁴,路涛^{1,2*}

(1. 西南医科大学附属医院放射科,四川泸州 646099;2. 四川省医学科学院,四川省人民医院放射科;

3. 广西医科大学第一附属医院;4. 四川省人民医院金牛医院医学影像科)

【摘要】 目的 本研究旨在探讨华支睾吸虫感染的肝细胞癌的影像组学特征,并评价其在预测华支睾吸虫感染方面的性能。方法 选择在本院接受治疗的150例肝细胞癌患者,纳入时间为2021年1月至2023年12月,根据华支睾吸虫感染阳性和阴性将患者分为阳性组62例,阴性组88例,收集患者临床特征,比较华支睾吸虫感染阳性和阴性患者临床特征、训练组和验证组肝细胞癌临床特征,ROC曲线分析模型预测华支睾吸虫感染的临床价值。结果 不同华支睾吸虫感染状态的肝细胞癌患者ALT水平比较存在差异($P<0.05$),其他临床特征比较差异无统计学意义($P>0.05$)。训练组和验证组肝细胞癌临床特征比较差异无统计学意义($P>0.05$)。使用SVM和KNN分类器分别评估训练组和验证组中MRI成像组学特征模型对华支睾吸虫感染的预测性能。计算全组预测华支睾吸虫感染的MRI四个阶段和综合模型的AUC值、特异性和敏感性,全组中SVM、KNN分类器各分期预测性能相当。全组中SVM、KNN分类器综合模型预测价值较高,且具有较好的敏感性和特异性。结论 本研究基于影像组学特征,建立了预测华支睾吸虫感染的模型。该模型在预测华支睾吸虫感染方面表现出较高的准确性,有助于临床医生在早期阶段识别华支睾吸虫感染,从而采取及时有效的干预措施。然而,模型预测性能的提高仍有待于进一步的研究和优化。

【关键词】 华支睾吸虫感染;肝细胞癌;磁共振;影像组学特征**【文献标识码】** A**【文章编号】** 1673-5234(2024)09-1042-05

[Journal of Pathogen Biology. 2024 Sep.;19(9):1042-1046.]

Imaging omics characteristics of hepatocellular carcinoma with background of *Clonorchis sinensis* infection and performance evaluation for predicting *C. sinensis* infection

LI Gang^{1,2}, PENG Fei³, ZHAN QI⁴, JIA KUN⁴, LU Tao^{1,2} (1. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Chengdu 610072, China; 2. Department of Radiology, Sichuan Academy of Medical Sciences-Sichuan People's Hospital; 3. The First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University; 4. Department of Medical Imaging, Jinniu Hospital, Sichuan Provincial People's Hospital)*

【Abstract】 **Objective** The aim of this study is to explore the imaging omics characteristics of hepatocellular carcinoma infected with *C. sinensis* and evaluate its performance in predicting *C. sinensis* infection. **Methods** 150 liver cancer patients who received treatment in our hospital were selected and included from January 2021 to December 2023. Patients were divided into a positive group of 62 cases and a negative group of 88 cases based on positive and negative *C. sinensis* infections. Clinical characteristics of patients were collected, and the clinical characteristics of liver cancer in the training and validation groups were compared. The ROC curve analysis model was used to predict the clinical value of *C. sinensis* infections. **Results** There were differences in ALT levels among liver cancer patients with different levels of *C. sinensis* infection ($P<0.05$), while there was no statistically significant difference in other clinical features ($P>0.05$). There was no statistically significant difference in clinical characteristics between the training group and the validation group for hepatocellular carcinoma ($P>0.05$). Evaluate the predictive performance of MRI imaging omics feature models for *C. sinensis* infection in the training and validation groups using SVM and KNN classifiers, respectively. Calculate the AUC values, specificity, and sensitivity of the MRI four stages and comprehensive model for predicting *C. sinensis* infection in the entire group. The predictive performance of SVM and KNN classifiers for each stage is equivalent in the entire group. The SVM and KNN classifiers in the entire group have high predictive value and good sensitivity and specificity.

Conclusion This study established a model for predicting *C. sinensis* infection based on imaging omics features. This model shows high accuracy in predicting *C. sinensis* infections, which helps clinical doctors identify *C. sinensis* infections

* 【通讯作者】 路 涛, E-mail:345248302@qq.com

【作者简介】 李 刚(1976-),男,四川南充人,本科,副主任医师,主要研究华支睾吸虫,腹部影像诊断。E-mail:lg8124@sina.com

in the early stages and take timely and effective intervention measures. However, further research and optimization are needed to improve the predictive performance of the model.

【Keywords】 *Clonorchis sinensis* infection; hepatocellular carcinoma; magnetic resonance imaging; imaging omics features

华支睾吸虫是一种寄生虫,成虫寄生在人体的肝脏和胆道中。当食用未经充分煮熟的受感染的淡水鱼或蔬菜,华支睾吸虫就会通过消化道进入人体,一旦感染,华支睾吸虫会在肝脏内寄生并繁殖,引发华支睾吸虫病^[1]。研究发现,华支睾吸虫感染可以增加患肝细胞癌的风险。长期慢性感染华支睾吸虫会导致肝脏组织的破坏和炎症,进而引发肝硬化,而肝硬化是肝细胞癌发生的主要诱因之一^[2]。此外,华支睾吸虫感染还会导致免疫系统异常,削弱对肝细胞癌细胞的清除能力,为肝细胞癌的发生提供了一个良好的生长环境。但并非所有感染了华支睾吸虫的人都会患上肝细胞癌,患者的个体差异、感染程度、感染时间以及其他遗传和环境因素都会对结果产生影响。据世界卫生组织国际癌症研究机构(IARC)发布的2020年最新全球癌症负担数据显示^[3],2020年我国肝细胞癌死亡病例数达39万例,仅次于肺癌排在第二位。世界卫生组织在2009年将华支睾吸虫列入导致肝胆管癌的生物因素^[4]。华支睾吸虫感染者发生肝胆管癌的风险是非感染者的4.5倍,我国每年新发的肝胆管癌病例中近5000例与华支睾吸虫感染相关,华支睾吸虫感染还引起大量的胆囊炎、胆结石、肝硬化等并发症^[5]。肝细胞癌发病隐匿,经常看到大多数肝细胞癌患者在被发现时已到晚期,因此定期筛查很重要。

影像学诊断是肝细胞癌的重要方法,临床实践中诊断肝细胞癌最常用的成像方法是计算机断层扫描(CT)和磁共振成像(MRI),与CT相比,MRI每个序列都有不同的组织对比机制,可以提供肝脏解剖图像以及有关患者生理和代谢功能的信息^[6]。影像组学是一种基于医学影像数据,结合生物信息学、机器学习和数据挖掘等技术,进行疾病诊断和预测的方法。近年来,随着影像组学技术的不断发展,其在临床疾病的诊断中取得了显著的进展。影像组学可从常规的医学影像数据中提取大量的特征,包括形态学、纹理、滤波器组等方面。这些特征能够反映出华支睾吸虫感染的病理生理变化,从而提高诊断的准确性和效率^[7-8]。本研究旨在探讨华支睾吸虫感染背景下的肝细胞癌影像组学特征,并评价其预测华支睾吸虫感染的性能。

材料与方法

1 一般资料

选择在本院接受治疗的150例肝细胞癌患者,纳入时间为2021年1月至2023年12月。男86例,女

64例,平均(43.29 ± 12.64)岁。入选标准:150例患者经活检或术后病理检查诊断为肝细胞癌;在MRI检查之前,患者未接受介入治疗或相关的肝脏手术;诊断为华支睾吸虫感染阳性者,在粪便中检测出华支睾吸虫卵或在术后发现华支睾吸虫虫体即可判定,反之则为阴性;术前均进行增强MRI检查;患者有完整的临床、病理和手术记录。排除标准:所有患者均排除妊娠、血液系统疾病、低血压药物、腹部手术史以及其他类型的肿瘤和转移;非初治的肝细胞癌患者。根据华支睾吸虫感染阳性和阴性将患者分为阳性组62例,阴性组88例。

本研究得到了本院伦理委员会的批准。

2 方法

采用西门子3.0T MRI设备及12通道相控阵线圈,依次进行T1WI、T2WI、DWI、ADC、DCE等多模态MRI检查,T1WI参数:横轴位、①横轴位、2.46 ms TE、6.00 ms TR、1.60 mm 层厚、360×360 mm FOV。②T2WI参数:横轴位、54.00 ms TE、4000 ms TR、4.00 mm 层厚、340×340 mm FOV。③DWI参数:横轴位、50.00 ms TE、5500 ms TR、5.00 mm 层厚、280×280 mm FOV、扩散敏感因子b分别为50、400、800 s²/mm,Gd-DTPA对比剂2.5 mL/s注射10 s,Siemens工作站自动生成ADC图。对多模态MRI影像图像进行预处理选择感兴趣区(Region Of Interest,ROI),搜集所有入选患者的MRI完整图像,提取放射组学定量特征,从病灶ROI区提取平扫(T1WI、T2WI)、扩散(DWI、ADC)、增强(DCE)等MRI检查提取形态特征、一阶特征、纹理特征三种特征,选择具有最高辨别力的代表性特征,应用支持向量机(SVM)、K最近邻法(KNN)构建放射组学模型。见图1。

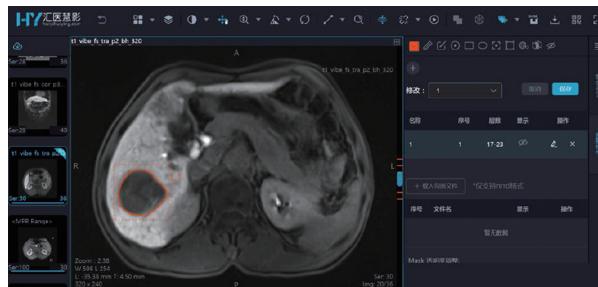


图1 多模态MRI影像图像进行预处理选择感兴趣区

Fig. 1 Multimodal MRI image images are preprocessed to select the region of interest

3 观察指标

临床病理资料:收集两组患者性别、年龄、高血压、糖尿病、总胆红素、直接胆红素、丙氨酸转氨酶(ALT)、天冬氨酸转氨酶比值(AST)、乙肝病毒感染、肿瘤最大直径、BCLC分期。

比较华支睾吸虫感染阳性和阴性患者临床特征、训练组和验证组肝细胞癌临床特征。

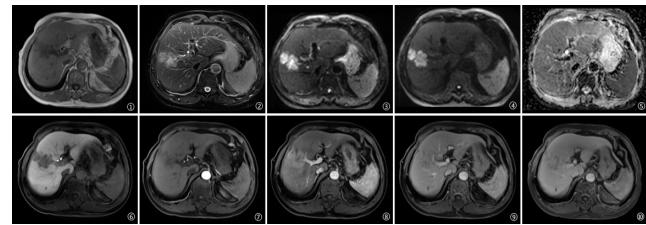
4 统计学方法

本组研究中计数资料以[例(%)]表示,采用 χ^2 检验,计量资料均采用($\bar{x} \pm s$)表示,计量资料比较采用t检验。ROC曲线分析模型预测华支睾吸虫感染的临床价值。采用SPSS 24.0软件进行统计学数据分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1 华支睾吸虫感染阳性和阴性患者临床特征比较

不同华支睾吸虫感染状态的肝细胞癌患者ALT水平比较存在差异($P < 0.05$),其他临床特征比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表1。肝内胆管轻度扩张,华支睾吸虫感染不同时期影像特点见图2,华支睾吸虫感染阳性患者病理组织检测结果见图3。



①T1WI(同相位);②T2压脂序列;③DWI(b值50);④DWI(B值1000);⑤ADC图;⑥肝胆特异期;⑦动脉早期;⑧动脉晚期;⑨门静脉期;⑩平衡期。

图2 肝内胆管轻度扩张,结合临床考虑华支睾吸虫感染所致

①T1WI(isophase);②T2 pressure-lipid sequence;③DWI (b-value 50);④DWI (B-value 1000);⑤ADC map;⑥hepatobiliary specific phase;⑦early arterial phase;⑧late arterial phase;⑨portal vein phase;⑩equilibrium phase.

Fig. 2 Mild dilatation of intrahepatic bile ducts, which was considered to be due to Clonorchis sinensis infection in conjunction with the clinic

2 训练组和验证组肝细胞癌临床特征比较

训练组和验证组肝细胞癌临床特征临床特征比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表2。

3 肝细胞癌影像组学特征模型预测价值

分别评估训练组和验证组中MRI成像组学特征模型,采用SVM和KNN分类器,以此评估模型对华支睾吸虫感染的预测性能。计算全组预测华支睾吸虫感染的MRI四个阶段和综合模型的AUC值、特异性和敏感性,全组中SVM、KNN分类器各分期预测性能相当,见表3。

4 肝细胞癌影像组学特征预测性能评价

全组中SVM、KNN分类器综合模型AUC、95%CI、敏感性、特异性分别为0.899、0.850-0.950、75.31%、93.05%和0.831、0.769-0.884、58.03%、91.00%。全组中SVM、KNN分类器综合模型预测价值较高,且具有较好的敏感性和特异性。

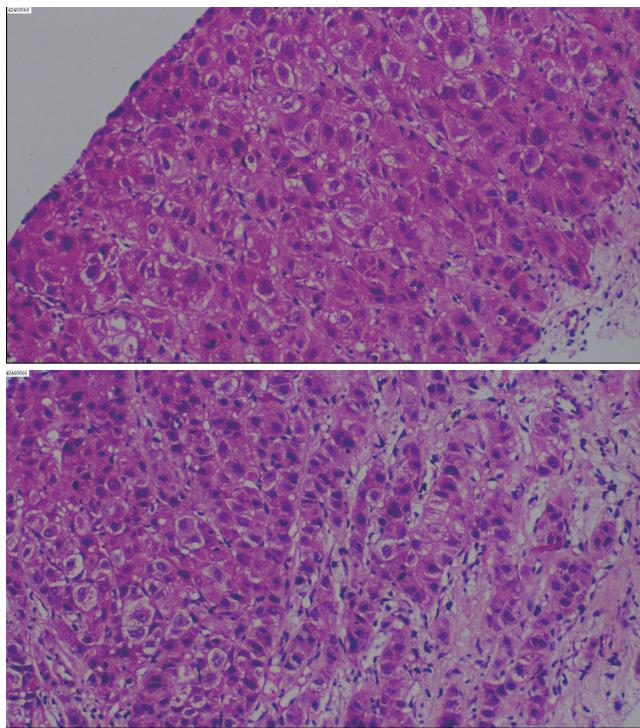
表1 华支睾吸虫感染阳性和阴性患者临床特征比较
Table 1 Comparison of clinical characteristics between positive and negative patients with *C. sinensis* infection

临床特征	华支睾吸虫感染阳性 (n=62)	华支睾吸虫感染阴性 (n=88)	χ^2	P
性别	男 37(59.68)	58(65.91)	0.608	0.435
	女 25(40.32)	30(34.09)		
年龄(岁)	>50 27(43.55)	43(48.86)	0.413	0.521
	≤50 35(56.45)	45(51.14)		
高血压	有 4(6.45)	6(6.82)	0.008	0.929
	无 58(93.55)	82(93.18)		
糖尿病	有 5(8.06)	5(5.68)	0.332	0.565
	无 57(91.94)	83(94.32)		
总胆红素 (μmol/L)	>20.5 11(17.74)	16(18.18)	0.005	0.945
	≤20.5 51(82.26)	72(81.82)		
直接胆红素 (μmol/L)	>6.8 14(22.58)	12(13.64)	2.031	0.154
	≤6.8 48(77.42)	76(86.36)		
ALT(U/L)	>45 30(48.39)	26(29.55)	5.519	0.019
	≤45 32(51.61)	62(70.45)		
AST(U/L)	>40 33(53.23)	34(38.64)	3.133	0.077
	≤40 29(46.77)	54(61.36)		
乙肝病毒感染	有 51(82.26)	76(86.36)	0.472	0.492
	无 11(17.74)	12(13.64)		
肿瘤最大直径 (cm)	<3 19(30.65)	34(38.64)	3.112	0.211
	3~5 23(37.10)	21(23.86)		
BCLC分期	>5 20(32.26)	33(37.50)	4.955	0.084
	A期 35(56.45)	64(72.73)		
B期	20(32.26)	20(22.73)		
C期	7(11.29)	4(4.55)		

讨 论

华支睾吸虫感染后,寄生虫产生的机械刺激、成分和代谢物会诱发慢性炎症,这破坏了肝脏内的正常生理环境,导致一系列过程,包括甲基化异常、肿瘤异质性增强以及突变负荷增加^[9]。近年来,尽管肝细胞癌的治疗方法不断改进,但其死亡率仍居高不下^[10]。因此,研究肝细胞癌的发病机制和寻找有效的诊断方法具有重要意义。

影像组学是一种结合影像学数据与生物信息学方法的新兴研究领域,旨在从影像学数据中提取大量的高通量特征,以揭示疾病的生物学本质。MRI图像放射组学的核心在于对MRI图像进行深入挖掘,以发现与疾病相关的隐藏信息。在这个过程中,研究人员需要使用先进的计算机技术,如深度学习、机器学习和数据挖掘等,对大量的MRI数据进行分析和处理。通过这些技术,研究人员可以发现MRI图像中的微小变化,从而为疾病的诊断和治疗提供有力支持^[11-12]。



银染显示部分网状支架破坏,Masson 显示较多胶原纤维增生,铁染阴性,铜染阴性,PAS 及 D-PAS 染色未见特殊。免疫组化结果:Arginase-1(+),Glypican-3(+),Hepatocyte(+),CK7(-),CK19(-),CD10(-),CD34(血管+,毛细血管化),P53(中强阳约 80%,突变型),Ki-67#(热点区约 30%+),HBcAg(-),HBsAg(-),支持肝细胞癌诊断。

图 3 病理组织送检肝穿刺组织

Silver staining showed partial destruction of reticular scaffolding, Masson showed more collagen fiber proliferation, iron staining was negative, copper staining was negative, and PAS and D-PAS staining did not show any special. Immunohistochemical results: Arginase-1 (+), Glypican-3 (+), Hepatocyte (+), CK7 (-), CK19 (-), CD10 (-), CD34 (vascular +, capillarization), P53 (medium-strong positive about 80%, mutant phenotype), Ki-67 # (hot spot area about 30% +), HBcAg (-), HBsAg (-), supporting the diagnosis of hepatocellular carcinoma.

Fig. 3 Pathological tissue sent for liver puncture tissue

在临床应用中 MRI 图像放射组学是一种从常规临床 MRI 图像中提取大量的高通量特征,以揭示肿瘤的生物标志物和预测治疗反应的新技术^[13]。它将影像学、计算机科学和生物信息学等多学科相结合,通过对肿瘤的形态、纹理、边缘等特征进行分析,挖掘出潜在的生物学信息,为肿瘤的诊断、治疗和预后评估提供有力支持^[14-15]。DWI 通过对细胞内外空间水的微扩散变化分析检查组织的功能环境及水分子运动的生理信息。DCE 可分析检查组织血管密度,在检测肿瘤血管密度变化灵敏度较高。ADC 图是 DWI 序列之一,可更转却的反应肿瘤组织的异质性,诊断结果更为准确、可靠^[16-17]。近年功能成像技术及影像采集技术呈飞速发展状态,影像组学应运而生,影像组学通过自动高通量提取大量影像定量特征改善图像分析,包括采集及重建图像、分割和重组图像、提取及筛选特征、建立数据库、共享数据集构建模型,成为目前影像诊断疾

病的新兴方式^[18-19]。SVM 是一种线性分类器,可通过转化分类问题找到寻找分类要求的分离超平面,最大化实现分类,具有最大可能边际,在临床构建组学模型中应用较多^[20-21]。

表 2 训练组和验证组肝细胞癌临床特征比较
Table 2 Comparison of clinical characteristics of hepatocellular carcinoma between training and validation groups

临床特征	训练组 (n=120)	验证组 (n=30)	χ^2	P
华支睾吸虫感染	阳性 52(43.33) 阴性 68(56.67)	10(33.33) 20(66.67)	0.990	0.320
性别	男 78(65.00) 女 42(35.00)	17(56.67) 13(43.33)	0.718	0.397
年龄(岁)	>50 52(43.33) ≤50 68(56.67)	18(60.00) 12(40.00)	2.679	0.102
高血压	有 9(7.50) 无 111(92.50)	1(3.33) 29(96.67)	0.670	0.413
糖尿病	有 9(7.50) 无 111(92.50)	0(0.00) 30(100.00)	2.394	0.121
总胆红素 (μmol/L)	>20.5 22(18.33) ≤20.5 98(81.67)	5(16.67) 25(83.33)	0.045	0.832
直接胆红素 (μmol/L)	>6.8 21(17.50) ≤6.8 99(82.50)	5(16.67) 25(83.33)	0.012	0.914
ALT(U/L)	>45 48(40.00) ≤45 72(60.00)	8(26.67) 22(73.33)	1.824	0.177
AST(U/L)	>40 50(41.67) ≤40 70(58.33)	17(56.67) 13(43.33)	2.185	0.139
乙肝病毒感染	有 103(85.83) 无 17(14.17)	24(80.00) 6(20.00)	0.629	0.428
肿瘤最大直径 (cm)	<3 40(33.33) 3~5 38(31.67) ≥5 42(35.00)	13(43.33) 6(20.00) 11(36.67)	1.812	0.404
BCLC 分期	A 期 81(67.50) B 期 30(25.00) C 期 9(7.50)	18(60.00) 10(33.33) 2(6.67)	0.852	0.653

表 3 肝细胞癌影像组学特征模型建立及预测性能评价
Table 3 Hepatocellular carcinoma imaging histology feature modeling and prediction performance evaluation

全组	AUC	95%CI	敏感性	特异性
SVM	动脉期	0.800	0.725-0.886	91.25
	门脉期	0.765	0.671-0.850	73.35
	延迟期	0.728	0.626-0.823	60.25
	肝胆期	0.620	0.531-0.715	56.42
KNN	动脉期	0.726	0.662-0.826	80.05
	门脉期	0.796	0.719-0.870	81.15
	延迟期	0.760	0.682-0.846	81.33
	肝胆期	0.681	0.585-0.760	43.25

本研究从普美显的四期 MRI 图像中提取的放射组学特征。在使用方差选择方法、单变量特征选择方法和 LASSO 算法进行一系列数据降维和处理后,选择 11 个特征并用于建立放射组学评分模型。普美显 MRI 四期综合模型的预测性能优于仅使用动脉、门脉、延迟或肝胆相图像建立的模型。通过将每个特征的值量化到模型中,可以获得每个病例的放射组学评分,用于预测 HCC 患者是否有华支睾吸虫感染的背

景。提示,MRI影像组学模型在预测华支睾吸虫感染方面具有一定预测价值,可有助于医师早期诊断华支睾吸虫感染并给予有效针对性治疗,对改善患者预后情况具有重要意义。

综上所述,本研究基于影像组学特征,建立了预测华支睾吸虫感染的模型。该模型在预测华支睾吸虫感染方面表现出较高的准确性,有助于临床医生在早期阶段识别华支睾吸虫感染,从而采取及时有效的干预措施。然而,模型预测性能的提高仍有待于进一步的研究和优化。

【参考文献】

- [1] 赵磊,彭小红. 华支睾吸虫致肝胆管纤维化的免疫学机制研究进展[J]. 中国病原生物学杂志,2023,18(5):609-613.
- [2] 陈寅生,杨燕君,吴少敏,等. 广州市番禺区居民肝吸虫感染状况及知信行调查[J]. 中国热带医学,2020,20(3):267-271.
- [3] Rindi G, Klimstra DS, Abedi-Ardekani B, Asa SL, et al. A common classification framework for neuroendocrine neoplasms: an International Agency for Research on Cancer (IARC) and World Health Organization (WHO) expert consensus proposal [J]. Mod Pathol,2018,31(12):1770-1786.
- [4] Zheng S, Zhu Y, Zhao Z, et al. Liver fluke infection and cholangiocarcinoma:a review[J]. Parasitol Res,2017,116(1):11-19.
- [5] Arunsan P, Ittiprasert W, Smout MJ, et al. Programmed knockout mutation of liver fluke granulin attenuates virulence of infection-induced hepatobiliary morbidity [J]. Elife, 2019, 8: e41463.
- [6] Hollingsworth AB, Pearce MR, Stough RG. Breast cancer survival following MRI detection in a high-risk screening program [J]. Breast J,2020,26(5):991-994.
- [7] Marshall H, Pham R, Sieck L, et al. Implementing abbreviated MRI screening into a breast imaging practice [J]. Am J Roentgenol,2019;1-4.
- [8] Upadhyaya T, Morin O, Park CC. Second-harmonic generation image based histomics for the prediction of breast cancer recurrence[J]. Intern J Radiat Oncol Biol Physics,2020,108(3): e70-e71.
- [9] 姚甲凯,戴建荣. 华支睾吸虫病的流行及治疗现状[J]. 中国病原生物学杂志,2020,15(3):364-370.
- [10] 陈寅生,杨燕君,吴少敏,等. 广州市番禺区居民肝吸虫感染状况及知信行调查[J]. 中国热带医学,2020,20(3):267-271.
- [11] Zaric O, Farr A, Rodriguez EP, et al. 7T CEST MRI: A potential imaging tool for the assessment of tumor grade and cell proliferation in breast cancer[J]. Magn Reson Imag,2019,59: 77-87.
- [12] Sumkin JH, Berg WA, Carter GJ, et al. Diagnostic performance of MRI, molecular breast imaging, and contrast-enhanced mammography in women with newly diagnosed breast cancer [J]. Radiology,2020,293(3):531-540.
- [13] Cui Q, Sun L, Zhang Y, et al. Value of breast MRI omics features and clinical characteristics in Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS) category 4 breast lesions: an analysis of radiomics-based diagnosis [J]. Ann Transl Med, 2021,9(22):1677.
- [14] Wang X, Wang X, Zhang Y, et al. Development of the prediction model based on clinical-imaging omics: molecular typing and sentinel lymph node metastasis of breast cancer[J]. Ann Transl Med,2022,10(13):749.
- [15] Heacock L, Lewin AA, Toth HK, et al. Abbreviated MR imaging for breast cancer[J]. Radiol Clin North Am,2021,59 (1):99-111.
- [16] Grubstein A, Rapson Y, Stemmer SM, et al. Timing to imaging and surgery after neoadjuvant therapy for breast cancer[J]. Clin Imag,2021,71(6):24-28.
- [17] Carmona-Bozo JC, Manavaki R, Woitek R, et al. Hypoxia and perfusion in breast cancer:simultaneous assessment using PET/ MR imaging[J]. Eur Radiol,2021,31(1):333-344.
- [18] Pujara AC, Kim E, Axelrod D, et al. PET/MRI in Breast Cancer [J]. J Magn Reson Imag,2019,49(2):328-342.
- [19] Sasan P, David S, Ziang L, et al. Fast MRI breast cancer screening - Ready for prime time[J]. Clin Imag,2020,60 (2): 160-168.
- [20] Sorace AG, Virostko J, Wu C, et al. Abstract P1-01-02: Quantitative breast MRI to predict response to neoadjuvant therapy in community imaging centers: Preliminary results[J]. Cancer Res,2019,79(4 Supplement):P1-01-02-P1-01-02.
- [21] Liu JQ, Wang J, Huang XL, et al. A radiomics model based on magnetic resonance imaging to predict cytokeratin 7/19 expression and liver fluke infection of hepatocellular carcinoma. Sci Rep,2023,13(1):17553.

【收稿日期】 2024-04-10 【修回日期】 2024-07-05