

# 影像组学在肝占位性病变更诊疗中的研究进展

沈正民<sup>1,2</sup> 王海久<sup>1,2\*</sup>

1 青海大学附属医院肝胆胰外科

2 青海省包虫病研究重点实验室

DOI:10.12238/bmtr.v6i5.10103

**[摘要]** 肝占位性病变更是一类拥有共同特征的疾病,会对周围组织器官产生压迫。包括多种良性或恶性病变更。肝占位性病变更具有异质性和复杂性,使用传统的影像学方法进行诊断有一定的局限性,在诊疗过程中难以做到早期准确诊断。而影像组学作为一种新兴的技术手段,可为肝占位性病变更识别、诊断、治疗及预后提供新的可能性。本文旨在对影像组学在肝占位性病变更研究领域中的最新应用进展进行综述。

**[关键词]** 肝细胞癌; 肝包虫病; 泡状棘球蚴; 肝脏储备功能; 影像组学

**中图分类号:** R525 **文献标识码:** A

Advances in imaging histology in the diagnosis and management of liver-occupying lesions

Zhengmin Shen<sup>1,2</sup> Haijiu Wang<sup>1,2\*</sup>

1 Department of Hepatobiliary Pancreatic Surgery, Affiliated Hospital of Qinghai University

2 Key Laboratory of Hydatidosis Research, Qinghai Province

**[Abstract]** Hepatic space-occupying lesions are a group of diseases possessing common features that cause compression of surrounding tissues and organs. They include a variety of benign or malignant lesions. Hepatic space-occupying lesions are heterogeneous and complex, and diagnosis using traditional imaging methods has certain limitations, making it difficult to achieve early and accurate diagnosis in the diagnostic and therapeutic process. As an emerging technology, imaging histology can provide new possibilities for the identification, diagnosis, treatment and prognosis of liver-occupying lesions. The purpose of this article is to review the latest progress in the application of imaging histology in the study of liver-occupying lesions.

**[Key words]** Hepatocellular Carcinoma; Liver Encapsulation; Vesicular Echinococcus; Liver Reserve Function; Imaging Histology

肝占位性病变更(Focal hepatic lesions, FHL)是肝脏内发生的局灶性病变更,拥有相同的疾病特征。在医学影像中正常的肝实质回声及密度表现均匀,但在肝占位性病变更中则会出现异常回声及异常密度区域。外在表现为肿块或结节样,邻近肝组织通常较容易受到侵犯<sup>[1]</sup>。肝占位性病变更的发生,多会对周围的组织及器官产生压迫。其中包括多种良性或恶性病变更,较多患者早期无明显症状,直至病情进展至中晚期才出现临床症状<sup>[2]</sup>。

常见的肝占位性病变更有:原发性肝癌、胆管细胞癌、肝转移瘤、肝脓肿、肝血管瘤、肝棘球蚴病等。在临床实践中,肝占位性病变更的监测和诊断依赖于各种影像检查技术。随着超声检查(US)、计算机断层扫描(CT)和磁共振成像(MRI)等影像方式在临床上的广泛应用,以及大众健康观念、体检意识的不断提高,肝占位性病变更的检出率也大大提高,同时肝占位性病变更的良恶性鉴别成为重要的临床问题<sup>[3]</sup>。因肿瘤来源在患者间具有差异,

故在治疗、预后等方面同样存在着不同。但是,在临床症状及体征方面,不同患者间又十分相似。因此,早期对肝占位性病变更明确诊断显得尤为关键。临床上通常会使用CT平扫+增强扫描进行诊断与鉴别,但是CT平扫+增强扫描容易受到较多外界因素的干扰,因此不能确保诊断结果的可信度<sup>[4]</sup>。较为典型的肝占位性病变更影像学表现较为典型,较容易诊断,但是不典型的病变更影像特征并不明确,反而具有其他病变更的影像学特征,因此给诊断带来巨大的困难。病理组织活检虽是金标准,但是增加了患者的痛苦,同时增加了出血和肿瘤种植的风险,因此并不是最经济、最简单的检查手段<sup>[5]</sup>。

肝占位性病变更具有异质性和复杂性,传统的影像学评估方法存在一定的局限性,在诊疗过程中难以做到早期准确诊断。而影像组学通过对医学影像图像进行定性、定量分析,提取一系列生物学特征及组织学信息,在患者未受到侵入性伤害的前提下

对病灶进行准确评估,还可以在诊断、分期、治疗及预后预测等方面提供新的可能性<sup>[6]</sup>。现就影像组学在肝占位性病变诊疗方面的研究进展进行综述。

### 1 影像组学简介

影像组学于2012年由荷兰的研究者Lambin等<sup>[7]</sup>人首先提出其概念,将其定义为“从放射影像中高通量地提取影像特征,将肿瘤细胞生物学分子相关数据转化为可挖掘的高维特征空间”。影像组学可从大量影像图像中提取组织的形状、灰度、纹理等影像特征,并与临床特征、基因组学、蛋白组学相结合,系统性地定量分析。最终助力临床医生在疾病的识别、诊断、治疗及预后方面提供新的可能性<sup>[8]</sup>。目前,这项技术已广泛应用于各类疾病的诊断、治疗、预后预测等方面,对临床医生的决策具有十分重要的意义。

### 2 影像组学在肝占位性病变中的临床应用

#### 2.1 影像组学在肝癌中的应用

##### 2.1.1 影像组学用于肝癌的诊断、鉴别、分期分级

原发性肝癌在临床上通常以肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)和肝内胆管癌(intrahepatic cholangiocarcinoma, ICC)最为常见。原发性肝癌因其症状不典型,通常至中晚期才发现,导致患者预后不良。如在肝癌患者发病早期,通过影像组学精准判断肝癌的类型、分期、分级,将会在后续的临床决策中发挥极其重要的作用。

Yin<sup>[9]</sup>等研究者运用影像组学方法基于CT平扫探究肝脏良恶性肿瘤间相关性,回顾性分析了168例肝细胞癌(恶性)患者和117例肝血管瘤(良性)患者。通过逻辑回归分析,并使用多元回归系数来评估影像组学特征与良恶性肝肿瘤之间的相关性。最后,建立了一个逻辑回归模型来对良恶性肝肿瘤进行分类。从1223个候选特征中选择了13个特征来构成影像组学特征。逻辑回归分析得出 $R=0.6745$ ,远大于 $R_{\alpha}=0.3703$ ( $R$ 在显著性水平 $\alpha=0.001$ 的临界值)。Logistic回归模型AUC为0.87。筛选出的影像组学特征与肝肿瘤的良恶性具有统计学意义( $p<0.001$ )。研究表明最终筛选出的影像组学特征可用于预测肝脏肿瘤的良恶性,所建立的模型具有较高的临床应用价值。

冯忠园等<sup>[10]</sup>应用影像组学,筛选出7个影像组学特征,并利用科研平台建立了支持向量机及逻辑回归的预测模型。逻辑回归训练组AUC为0.925,灵敏度为0.833,准确度为0.911,特异度为0.833。其测试组AUC为0.892,灵敏度为0.800,准确度为0.833,特异度为0.666。支持向量机模型训练组AUC值为0.928,灵敏度为0.888,准确度为0.882,特异度为0.727;测试组AUC值为0.861,灵敏度为0.800,准确度为0.777,特异度为0.571。两种模型对鉴别HCC和ICC均具有较好的效能。

Liu<sup>[11]</sup>等使用影像组学分割肿瘤后,使用PyRadiomics库提取了1419个影像组学特征,通过主成分分析方法筛选至20个主成分。并利用支持向量机分类器评估影像组学特征。发现利用影像组学方法可较好地鉴别肝细胞癌、胆管癌和肝细胞-胆管细胞混合癌。CT造影剂前期和门静脉期在区分HCC与非HCC方面表

现出优异的性能。CT阶段AUC分别为0.81和0.71。

Mao<sup>[12]</sup>等基于对比增强计算机断层扫描的影像组学标签预测术前HCC的病理分级,采用回顾性方法收集了297名HCC患者的数据,分为训练组( $n=237$ )和测试组( $n=60$ )。使用PyRadiomics库进行影像组学特征提取,使用递归特征消除(RFE)方法合成影像组学特征。利用极限梯度提升(XGBoost)技术建立肝癌病理分级预测模型。结果显示影像组学特征对于机器学习来说非常有效,可以区分高级别HCC与低级别HCC。该模型AUC为0.6698,95%CI和标准差分别为0.5307-0.8089和0.0710(灵敏度为0.6522;特异性为0.4595;准确性为0.5333)。同时,当将影像组学特征与临床危险因素结合起来训练模型时,模型的性能显著提高,AUC为0.8014,95%CI和标准差分别为0.6899-0.9129和0.0569(灵敏度为0.6522;特异度为0.7297;准确度为0.7000)。此研究表明可以通过影像组学在术前预测HCC的病理分级。

##### 2.1.2 影像组学用于肝癌的疗效评估、预后预测

由于原发性肝癌中约90%为肝细胞癌,因此使用影像组学对肝癌的疗效进行评估、预测大多围绕肝细胞癌开展,对于肝内胆管癌及其他肿瘤的疗效评估、预后预测的研究较为缺乏。肝细胞癌的首选治疗方式是肝切除术,HCC出现微血管侵犯(microvascular invasion, MVI)后发生转移的风险较大,是肝内播散转移的始动因素。对患者生命安全造成极大威胁。因此可利用微血管侵犯来预测肝细胞癌手术切除或肝脏移植后早期复发和术后生存率。

Ma等<sup>[13]</sup>研究包括157名经组织学证实的HCC患者,伴或不伴微血管侵犯,110名患者被分配到训练数据集,47名患者被分配到验证数据集。基于多期CT影像进行特征提取,包括5个动脉期特征、7个门静脉期特征和9个延迟期特征。在验证数据集中,门静脉期影像组学特征优于动脉期和延迟期,其AUC为0.793。在临床模型中发现:年龄、最大肿瘤直径、甲胎蛋白、乙型肝炎抗原与术前微血管侵犯之间存在相关性。最终列线图整合了门静脉期影像组学特征和四个基线临床因子。在训练和验证数据集中,列线图都实现了良好的校准,C指数分别为0.827和0.820。决策曲线分析表明,所提出的列线图在临床上是具有价值的,相应的净收益为0.357。显示列线图可用于预测HCC患者术前微血管的侵犯,并可用于指导后续的个体化治疗。

Simpson等<sup>[14]</sup>认为纹理分析是一种很有前途的分析成像数据的方法,可以潜在地提高诊断能力。他们通过比较接受了肝大面积切除术并出现肝功能不全的患者( $n=12$ )与一组匹配无术后肝功能不全的患者( $n=24$ )按手术、残余量和手术年份。纹理分析(与灰度共生矩阵)用于量化术前CT扫描中肝实质的异质性。使用Wilcoxon的符号秩和Pearson的卡方检验评估统计显著性。两组之间两个纹理特征存在显著差异:相关性(灰度级别对相邻像素的线性依赖性)和熵(亮度变化的随机性) $p<0.05$ 存在统计学意义。因此,在术前对肝脏影像进行影像组学分析可预测患者术后出现肝功能不全的可能。

Zhang等<sup>[15]</sup>对影像组学的列线图开展了开发和验证,利用

MRI图像上全病灶影像组学特征进行分析,预测肝细胞癌术后早期复发( $\leq 1$ 年)的情况。使用最小绝对收缩方法和选择运算符(LASSO)生成并选择影像组学特征构建预测模型。共筛选出14个特征用于构建预测模型,其中包括甲胎蛋白(AFP)水平、大体血管浸润和非光滑肿瘤边缘等。将影像组学特征与临床因素相结合的影像组学列线图显示优于临床影像学列线图,其AUC为0.796,95%CI,0.712至0.881;  $P=0.045$ 。结合多个因素,表明影像组学可在术前预测手术后早期HCC复发方面提供有效帮助。

Ji等<sup>[16]</sup>探索影像组学与机器学习算法相结合,以提高预测HCC复发的准确性。通过多中心收集了470例接受增强CT并根治性切除孤立性HCC的患者。使用聚合机器学习框架,从原发肿瘤病灶及其外周提取了3384个影像组学特征。进行预测模型构建并验证。将白蛋白-胆红素分级、AFP、肝硬化、肿瘤切缘和影像组学特征进行术前、术后模型的建立。与传统的分期系统模型相比,两种模型均显示出优异的预后性能,C指数:0.733-0.801,综合Brier评分为0.147-0.165,  $P<0.05$ ,具有统计学意义。表明两种模型均优于传统的无影像组学特征的TMN分期系统。

## 2.2 影像组学在肝棘球蚴病中的应用

肝棘球蚴病又称为肝包虫,是一种由棘球蚴虫所引起的人兽共患疾病,在全球范围内均有被发现。其中细粒棘球蚴虫感染引起囊型棘球蚴病(cystic echinococcosis CE)和多房棘球蚴虫感染引起的泡型棘球蚴病(alveolar echinococcosis AE)最为常见。肝棘球蚴病的流行成为一个重大的世界性公共卫生问题<sup>[17]</sup>。CE囊肿可破裂进入胆管,导致患者出现胆绞痛。压迫门静脉、肝静脉、下腔静脉时出现门静脉高压、静脉梗阻症状<sup>[18]</sup>。AE可引起肝脏肿大,其临床表现与肝癌相似,故常导致诊断困难。AE和CE是最容易被忽视的传染病之一,迫切需要得到更多关注以助力暴露人群的早期发现、诊断和治疗<sup>[19]</sup>。

肝棘球蚴病广泛分布于全世界各个地区,我国主要分布于中西部经济发展相对落后的农牧业区。但随着社会经济的不断发展、人员交流地不断增加,城镇间的散发病例也逐渐增多起来。但肝AE起病较为隐匿,早期无明显不适,大多数患者就诊时已进展为晚期,致使患者预后较差。但近年来随着全民健康观念、体检意识地提高以及国家对包虫病防治的重视,筛查工作的持续推进,使得更多的肝AE病例被筛检出来。肝AE的首选治疗方案是根治性手术切除+术后规律服用抗包虫药物2年。如使用影像组学方法在早期就能准确地研判出肝棘球蚴病,将会在后续的临床决策中发挥重要作用。

### 2.2.1 影像组学用于预测肝泡状棘球蚴病的生物学活性

肝泡球蚴呈浸润性生长,同时能发生肝外侵犯及转移,这点与肝恶性肿瘤十分相似,故也被称为“虫癌”。对于肝AE而言其生物学活性与虫体的增殖浸润存在相关性,故可通过影像组学的方法来判断肝AE的生物学活性,从而判断其虫体的增殖浸润情况。在手术切除前,通过影像图像的组学分析对病灶的生物学活性做出准确的研判,可提前预测术后复发的风险。

王健<sup>[20]</sup>回顾性地纳入了174例肝泡球蚴患者的临床及影像资料。通过患者PET/CT检查对病灶生物学活性分为两组:有生物学活性和无生物学活性。对患者的临床资料进行分析。在CT图像中,钙化程度越重或存在特征性钙化(中心性钙化)则无活性病灶的比例会更高。通过筛选,共筛选出30个与肝泡球蚴生物学活性存在较高相关度的影像组学特征。使用KNN、LR、LMP三种分类器分别建立预测模型,三种模型均对肝泡球蚴病灶的生物学活性具有较高的预测能力。最后,使用影像组学评分Rad-score和筛选出的临床指标建立列线图,使用决策曲线进行评价,最后结果显示影像组学对肝泡球蚴生物学活性的预测有较好的临床实用性。

### 2.2.2 预测肝泡状棘球蚴的肝外侵犯转移

肝泡状棘球蚴大多原发于肝脏,人体感染多房棘球蚴虫主要经过消化道。人体接触多房棘球蚴虫卵后,虫卵在十二指肠内发育为幼虫,幼虫穿过肠壁后沿门静脉血液进入肝脏。泡球蚴通过外生性出芽增殖进行繁殖,不断向周围肝组织长出新的囊泡,不断向周围浸润生长,破坏正常的肝组织及脉管系统。但目前仍没有可靠的生物学标记物能准确预测AE的肝外侵犯和转移,在临床中主要依靠影像学检查来发现肝外AE病灶。在面对肝外转移时,局部切除已无法达到根治效果,需要进行化疗等全身综合治疗,甚至只能进行姑息性治疗。

王健<sup>[20]</sup>纳入了201例肝泡球蚴患者,通过组织病理及影像随访证实74例患者存在肝外侵犯和/或转移病灶。通过对这些患者的研究后发现,肝外泡球蚴病灶主要通过血行转移,局部直接侵犯较为少见;不同侵犯方式常同时伴发;不同部位的肝外病灶的形态、密度、分布均有巨大差异。研究使用影像组学方法,使用LASSO回归、多因素Logistic回归最终选出25个影像组学特征。特征显示高灰度值、低灰度值及灰度的不均匀程度的特征算子与肝外转移的发生相关性较高。建立逻辑回归分类器预测模型,模型的曲线面积及准确率均高于0.7。决策曲线显示训练集模型对预测肝外侵犯及转移具有良好的实用性,在测试集中,患者的风险阈值概率在0.23-0.67范围内时,影像组学模型仍可以增加患者获益。影像组学为临床中存在高转移风险的患者进行精准的影像筛查提供了指导。

### 2.2.3 预测肝泡状棘球蚴边缘区的微血管生成

泡球蚴通常以外殖性出芽向周围肝实质浸润增殖,同时泡球蚴的小囊泡由于囊壁结构不完整,不断向外渗出囊液,导致机体出现强烈的免疫反应,从而在病灶的边缘出现大量的炎性浸润和纤维增生。Vuitton等<sup>[21]</sup>证实在肝AE病灶边缘的炎性反应区存在血管新生现象,新生血管的数量与肝AE增殖浸润的严重程度存在一定的相关性。棘球蚴虫体向外增殖浸润时,边缘带炎症反应加重,新生血管增多;当虫体衰退死亡时,边缘区炎症反应降低或消失,血管生成减少。故边缘区微血管的数量反映着肝AE的增殖浸润程度。AE又被称为“虫癌”,是因为其具备肝脏恶性肿瘤的特征,但肝AE与肝细胞癌又存在很大不同,大多数肝细胞癌是动脉供血为主的恶性肿瘤,血供丰富,从肿瘤的强化程度

便能够推断出肿瘤血管新生的状态。而肝AE是相对乏血供病变,肝动脉及门静脉均参与供血,但难以通过肉眼从强化程度来判断血管的新生状态。故需要借助影像组学来判断肝泡状棘球蚴边缘区的微血管生成。

王健<sup>[20]</sup>纳入了103例进行了手术治疗的肝泡球蚴病患者,对患者病灶边缘区域的病理组织进行微血管密度计数并分类。对病灶进行影像组学特征提取,优选出4个相关性较高的影像组学特征,计算Rad-score,使用影像组学特征建立KNN、LR、MLP和SVM机器学习分类器,在训练集和测试集上受试者工作特征的曲线下面积及准确率都达到了0.7以上,证实影像组学特征与肝AE病灶边缘区的微血管间存在强相关。所构建的影像组学模型可以对边缘区微血管密度进行预测,从而助力临床医生对AE边缘的微血管密度状态进行判断。

### 2.3 影像组学在预测肝脏储备功能的应用

肝AE及肝癌首选的治疗方案是根治性手术切除。但术后出现肝功能衰竭是其最严重的并发症之一,并常常导致术后死亡。因此术前和术后对其肝脏结构和功能进行评估显得尤为重要。准确的预测患者能耐受的最大肝切除量,能大大提高手术的安全性和治疗效果<sup>[22]</sup>。肝脏储备功能主要由肝细胞总数、血-肝交换量及肝细胞的微粒体功能三方面共同决定<sup>[23]</sup>。

目前临床广泛应用的肝功能检测方法包括被动肝功能检测(如Child-Pugh和终末期肝病评分模型)、动态评估肝酶系统(例如吲哚菁绿ICG清除率)及影像学肝体积测量,前者主要对整体肝功能进行评估,影像学肝体积测量法可定量评估段及段以下肝储备功能。

周玮等<sup>[24]</sup>基于MRI图像提取了396个纹理特征进行筛选,利用得到的7个影像组学特征建立预测模型。其训练组和测试组中的ROC曲线下面积分别为0.88和0.86。得出根据患者影像组学特征所创建的预测模型,可用于预测肝储备功能,为临床医生更加准确评估患者肝脏储备功能提供了新的手段。

## 3 总结与展望

上述研究表明,影像组学通过研究医学影像大数据从而对疾病进行定量分析,从影像图像中获得海量肉眼难以鉴别的影像学特征,并将其转换为可深入研究的高维数据信息,使医学影像从图像转化为数据,最终建立影像组学模型,揭示影像资料和临床结果之间的潜在关系。在肝占位性病变的诊断、鉴别、分期、分级等工作中具有重要价值。虽然这些模型实际应用于临床一线还需进行不断地验证,但可通过影像组学的特点,无创助力于精准肝胆外科理念的发展与实践,为肝占位性病变患者带来更大的获益。

### [参考文献]

[1]李文东.16排螺旋CT在原发性腹膜后占位性病变鉴别诊断中的价值[J].山西医药杂志,2020,49(14):1813-1815.  
[2]Saini T, Tom JP, Saikia UN, Dey P. Fine needle aspiration cytology of a space-occupying lesion in the liver. *Cytopathology*.2022;33(5):647-649.

[3]Marrero JA, Ahn J, Rajender Reddy K; American College of Gastroenterology. ACG clinical guideline: the diagnosis and management of focal liver lesions. *Am J Gastroenterol*. 2014; 109(9):1328-1348.

[4]李永强.双排螺旋CT平扫与增强扫描在肝脏占位性病变早期诊断中的应用分析[J].临床医学研究与实践,2017,2(25):139-140.

[5]Sawicka K, Hassan N, Dumaine C, et al. Direction of the Biopsy Needle in Ultrasound-Guided Renal Biopsy Impacts Specimen Adequacy and Risk of Bleeding. *Can Assoc Radiol J*. 2019; 70(4):361-366.

[6]Bera K, Braman N, Gupta A, Velcheti V, Madabhushi A. Predicting cancer outcomes with radiomics and artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Clin Oncol*.2022;19(2):132-146.

[7]Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *Eur J Cancer*.2012;48(4):441-446.

[8]宋兰,朱振宸,姜蕾,等.CT影像组学在预测肺腺癌ALK融合基因表达中的价值初探[J].中华放射学杂志,2019,1(1):963-964-965-966-967.

[9]Yin J, Qiu JJ, Qian W, et al. A radiomics signature to identify malignant and benign liver tumors on plain CT images. *J Xray Sci Technol*.2020;28(4):683-694.

[10]冯忠园,叶靖.基于T<sub>2</sub>WI影像组学鉴别肝细胞癌与肝内胆管细胞癌的研究[J].临床医学研究与实践,2020,5(22):1-4.

[11]Liu X, Khalvati F, Namdar K, et al. Can machine learning radiomics provide pre-operative differentiation of combined hepatocellular cholangiocarcinoma from hepatocellular carcinoma and cholangiocarcinoma to inform optimal treatment planning?. *Eur Radiol*.2021;31(1):244-255.

[12]Mao B, Zhang L, Ning P, et al. Preoperative prediction for pathological grade of hepatocellular carcinoma via machine learning-based radiomics. *Eur Radiol*. 2020;30(12):6924-6932.

[13]Ma X, Wei J, Gu D, et al. Preoperative radiomics nomogram for microvascular invasion prediction in hepatocellular carcinoma using contrast-enhanced CT. *Eur Radiol*. 2019;29(7):3595-3605.

[14]Simpson AL, Adams LB, Allen PJ, et al. Texture analysis of preoperative CT images for prediction of postoperative hepatic insufficiency: a preliminary study. *J Am Coll Surg*. 2015; 220(3):339-346.

[15]Zhang Z, Jiang H, Chen J, et al. Hepatocellular carcinoma: radiomics nomogram on gadoxetic acid-enhanced MR imaging for early postoperative recurrence prediction. *Cancer Imaging*.2019;19(1):22. Published 2019 May 14.

[16] Ji GW, Zhu FP, Xu Q, et al. Machine-learning analysis of contrast-enhanced CT radiomics predicts recurrence of hepatocellular carcinoma after resection: A multi-institutional study. *EBioMedicine*. 2019;50:156-165.

[17] Wen H, Vuitton L, Tuxun T, et al. Echinococcosis: Advances in the 21st Century. *Clin Microbiol Rev*. 2019;32(2):e00075-18. Published 2019 Feb 13.

[18] Agudelo Higuera NI, Brunetti E, McCloskey C. Cystic Echinococcosis. *J Clin Microbiol*. 2016;54(3):518-523.

[19] Stojkovic M, Junghans T. Cystic and alveolar echinococcosis. *Handb Clin Neurol*. 2013;114:327-334.

[20] 王健. CT影像组学在肝泡状棘球蚴病临床评估中的应用[D]. 新疆医科大学, 2022.

[21] Tuxun T, Apaer S, Ma HZ, et al. Plasma IL-23 and IL-5 as surrogate markers of lesion metabolic activity in patients

with hepatic alveolar echinococcosis. *Sci Rep*. 2018;8(1):4417. Published 2018 Mar 13.

[22] 张烈, 李延茂, 丛山. 泡型肝包虫病患者肝切除术后肝衰竭风险的预测因素研究[J]. *肝脏*, 2021, 26(03):302-304+308.

[23] 周才明, 吕明德, 殷晓煜. 肝纤维化定量评估肝癌病人肝功能储备力的临床研究[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2004, (9):10-12.

[24] 周玮, 胡红杰, 沈博, 等. 基于钆塞酸二钠增强磁共振成像影像组学定量评估肝硬化患者肝脏储备功能的应用价值[J]. *中国医学科学院学报*, 2020, 42(04):459-467.

**作者简介：**

沈正民(1998--), 男, 土族, 青海省海东市人, 硕士研究生、研究方向：普通外科。

**通讯作者：**

王海久(1970--), 男, 汉族, 硕士, 主任医师, 研究方向：外科学。