专家约稿

胆管癌的影像学及相关人工智能研究进展

杨春梅，舒　健
西南医科大学附属医院 放射科（泸州 646000）

【摘　要】胆管癌起源于胆管上皮及其周围腺体，是仅次于肝细胞肝癌的肝胆恶性肿瘤。胆管癌的预后极其不良，目前唯一可治愈的方法是手术切除，但易局部复发及远处转移。近年来，随着对胆管癌发生发展机制研究的逐步深入，对其进行诊断和评估的技术不断增多、日益成熟，新颖的治疗方式不断涌现。本文就胆管癌术前影像学评估及人工智能在胆管癌诊疗方面的应用进展作一综述。

【关键词】胆管癌　影像学评估　人工智能
【中图分类号】R445.2　文献标志码 A　DOI：10.3969/j.issn.2096-3351.2021.05.011

Imaging evaluations and artificial intelligence for cholangiocarcinoma

YANG Chun-mei, SHU Jian
Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China

【**Abstract**】Cholangiocarcinoma (CCA), which arises from the biliary epithelium and adjacent glands, represents the second most common malignant hepatobiliary tumor following hepatocellular carcinoma. Patients with CCA face a very poor prognosis. At present, only surgery may cure CCA, but local recurrence and distant metastasis are frequent. As our understanding of the development and progression of CCA has increased in recent years, diagnostic and evaluative techniques have evolved, and novel therapeutic approaches have been emerging. This review provides an overview of preoperative imaging evaluations of CCA and advances in the application of artificial intelligence in the diagnosis and treatment of CCA.

【**Key words**】Cholangiocarcinoma　Imaging evaluation　Artificial intelligence

胆管癌（cholangiocarcinoma，CCA）是起源于胆管上皮及其周围腺体的恶性肿瘤，约占肝胆肿瘤的10%，占所有恶性肿瘤的2%[1]。根据解剖部位和生长模式可分为肝内胆管癌（intrahepatic cholangiocarcinoma，ICC）和肝外胆管癌（extrahepatic cholangiocarcinoma，ECC），肝外胆管癌又以胆囊管与肝总管汇合点为界分为肝门胆管癌（perihilar cholangiocarcinoma，PCC）和远端胆管癌（distal cholangiocarcinoma，DCC）。CCA相对罕见，其预后极其不良，近10年来，其发生率和死亡率逐渐增加，总5年生存率不超过35%。目前CCA是肝胆肿瘤患者死亡比较常见的原因，严重威胁着人类的健康[2]。流行病学调查显示，男性患CCA的风险约是女性的1.5倍[3]。

目前唯一可治愈的方法是手术切除，但术后局部复发及远处转移率也很高[4]。CCA晚期可以侵犯血管及周围神经，导致淋巴结转移，对于晚期患者目前仍缺乏明显改善预后的有效治疗方案[4]。此外，20%～50%的术前影像学评估可手术切除的CCA患者在术中探测中仍发现存在无法切除的病灶。因此，术前对CCA的正确诊断、准确的病理生理评估甚至探测

基金项目：西南医科大学校级科研项目（2020ZRQNA041）
第一作者简介：杨春梅，硕士。
通信作者：舒　健，主任医师，博士。E-mail：shujiannc@163.com

分子基因水平的改变在评估CCA的发病机制、治疗方式选择、治疗效果及预后等方面具有重要意义。

近年，CCA的检测方法逐渐增多，诊断的准确性也不断提高，包括实验室检查、病理活检以及各种影像学检查。其中影像学检查包括超声（ultrasonography，US）、计算机断层扫描（computed tomography，CT）、正电子发射计算机断层显像（positron emission tomography/computerized tomography，PET/CT）、磁共振成像（magnetic resonance imaging，MRI）[19-21]以及胆道造影。与此同时，随着精准医学的提出与计算机科学技术的飞速发展，人工智能（artificial intelligence，AI）技术愈加成熟，在医学领域应用日益增多，尤其在肿瘤领域应用广泛。AI技术可以提供大量的医学数据特征来指导临床实践，有助于疾病结果的预测及预后的评估。目前，AI技术在CCA诊断和评估方面的应用也逐渐增多。

1 CCA术前的影像学评估

CCA的诊断金标准是病理组织活检，但作为有创性检查，结果容易受到取材部位、范围以及病人配合度的影响，且不适合在活体上重复施行。研究表明多种影像学方法已经用于术前评估CCA，有助于指导治疗策略并改善疾病的预后。

1.1 US

US通常是评估胆管扩张及肝内肿块的首选检查方法，无辐射、无创伤、可行性高、费用低，可以很容易的发现胆管是否扩张、有无肿块、病灶周围浸润深度、门静脉有无转移以及进行结石和肿瘤的鉴别，还可根据胆管扩张情况推测病变梗阻部位[5]。研究证实US鉴别良恶性胆管狭窄的准确性可达98%，敏感性可达89%，特异性可达100%[6-7]，表明US对CCA的诊断具有一定的优势。

目前超声造影已经用于术前评估CCA，可实时、灵活多切面操作，能够发现CT和MRI不能发现的病灶，评价肿瘤微循环灌注情况，提供肝内外胆管分布特征并引导介入治疗，且使用的微泡型造影剂不参与体内代谢，对人体器官的损伤小[8]。导管内US（intraductal ultrasonography，IDUS）是较新颖的检查技术，能清晰显示胆管和胰管腔，并鉴别良恶性胆管梗阻，有研究报道其诊断准确率高达90%[9]。内镜US（endoscopic ultrasonography，EUS）成像清晰，对小病灶显示较佳，可以观察到黏膜、消化道深层结构及相邻组织情况，有助于显示胆管狭窄的形态，对于CCA的浸润深度、胆管外侵犯的程度及局部淋巴结转移的情况显示较佳，还可引导细针穿刺活检[10]。

然而超声技术在很大程度上会受到操作者临床经验、操作熟练程度、患者肥胖度和配合程度、胃肠胀气及肋弓遮盖等影响，从而降低对CCA的检出率。IDUS需经内镜逆行胆胰管造影（endoscopic retrograde cholangiopancreatography，ERCP）的协助，且对局部病变及胆道支架术后的评估较差[11]。而EUS引导的细针穿刺活检获取肿瘤组织时存在沿针道播散的风险，并且也依赖于操作者的临床经验及技能[12]。

1.2 CT

CT是诊断CCA的重要手段，尤其对于肝门部CCA具有一定的优势。多层螺旋CT空间分辨率高，结合增强及多种CT后处理技术（如多平面重组、最大密度投影、曲面重组及容积再现等），可鉴别良恶性胆管梗阻，清晰显示CCA的部位、大小、密度、是否有局部扩散、远处转移、有无血管侵犯、淋巴结及邻近器官受累、胆管扩张程度及有无腹水等，为外科治疗方案的确立提供依据[13-15]。研究表明，各种CT技术，如CT灌注成像、增强CT及双能CT都有助于CCA的诊断及鉴别诊断，可指导临床选择最佳治疗策略并一定程度地改善预后[16-20]。除此之外，CT能够精确地计算肝脏体积及残肝体积，帮助制定个体化的手术方案，从而缩短手术时间，减少术中失血，提高手术成功率，降低术后并发症的发生率[21]。

然而CT相较于US或MRI来说，具有电离辐射，对人体有一定的伤害。此外，虽然CT探测胆管扩张及狭窄的敏感性较高，但评估肿瘤沿胆道延伸浸润的能力较差，且评估淋巴结转移的敏感性不如MRI。

1.3 PET

PET是一种无创的评估疾病体内代谢过程的成像技术，目前广泛应用于多种肿瘤的诊断及疗效监测，如肺癌、乳腺癌和结肠癌等[22-24]。目前，^{18}F-FDG PET/CT已经用于CCA的评估，其诊断的敏感性为84%～94%，特异性为79.3%～100%[25-26]，尤其对淋巴结转移及远处转移的检测比较敏感，其敏感性可高达100%[27]。此外，有研究报道^{18}F-FDG PET/CT可用于鉴别ICC和DCC，并进一步评估患者的生存及预后[28]。当然，其他示踪剂，如^{11}C胆碱和^{68}Ga前列腺特异性抗原，也用于CCA的评估，指导临床选择最佳治疗方案[29-30]。但PET/CT费用高，不适用于常规检查，且单纯PET的时间和空间分辨率都较差。同时

病灶解剖位置、胃肠道和泌尿生殖系统的生理性摄取以及错误配准都会降低PET/CT的诊断效能,而且某些病灶存在假阳性或假阴性的结果,也会导致诊断失误[15,31]。

最近研究发现^{18}F-FDG PET/MRI也可用于鉴别CCA与其他肝脏肿瘤,并评估CCA的病理分化程度[32-33]。除此之外,PET/MRI还可以通过定量分析提供肿瘤更丰富的信息,有助于CCA的诊断并判断其侵袭性及预后,指导制定患者的治疗策略[34]。然而,PET/MRI除了存在与PET/CT一样的缺陷外,其扫描时间更长,禁忌症更多,因此不适合作为常规的检查手段。

1.4 MRI

MRI是目前诊断CCA最精确的、无创的影像学方法,软组织分辨率高,无电离辐射,可清晰显示肝脏和胆管的解剖学特征、肿瘤范围及其信号特点,能够灵敏地发现是否有肝脏及局部或远处淋巴结转移、是否有血管侵犯,能够很好地显示胆管扩张的程度、狭窄梗阻部位以及全面评估胆管的受累范围[35]。因此MRI对CCA的诊断、预后评估以及监测疗效方面具有十分重要的意义。

目前研究证明磁共振胰胆管成像(magnetic resonance cholangiopancreatography,MRCP)是评估胆管系统最佳的MRI序列,可鉴别胆道良恶性梗阻,并评估肿瘤沿胆道延伸的情况以及外科手术切除的可能性[33]。弥散加权成像(diffusion weighted imaging,DWI)的敏感性很高,可以很容易地发现病灶,结合动态增强MRI,有助于发现卫星病灶并评估CCA的病理生理特点[36-38]。据报道,DWI结合体素内不相关运动可鉴别ICC及肝细胞肝癌,指导临床选择合适的治疗策略,还可以预测CCA Ki-67的表达,从而评估其增殖活性及肿瘤的恶性程度[39-40]。

但MRI扫描时间长,需要患者长时间保持不动来确保得到高质量的图像。除此之外,MRI扫描存在较多的禁忌症,不适用于有严重幽闭恐惧症、心脏起搏器、人工耳蜗植入、安装颅内动脉夹以及体内存在其他金属的患者[15]。

1.5 胆道造影

胆道造影能可视化观察胆管系统,鉴别肿瘤及其他原因所致的胆管狭窄,并评估肿瘤沿胆管延伸浸润的程度[41]。常用的检查技术包括ERCP和经皮肝穿胆管造影(percutaneous transhepatic cholangiography,PTC),可用于CCA细胞刷检和导管内组织取样[23]。胆道镜可提高对胆道病变的靶向活检,其诊断CCA的准确率高达90%,更重要的是还可通过胆道造影放置引流支架达到治疗的目的[41]。

然而ERCP和PTC是有创检查技术,依赖于操作者的经验和技能,操作不当容易引起十二指肠穿孔、胆汁漏、胆管炎、胰腺炎及出血等并发症[41]。此外,胆道造影检测恶性胆管狭窄的敏感性较低(43%~81%),对于高位胆管梗阻来说,通常不易显示病灶周围的胆道解剖学特征,无法做出准确判断来指导治疗方式的选择[41]。

2 AI在CCA中的应用

随着科学技术的发展,影像医学不断精进,使人体解剖结构甚至某些功能特征得以清晰显示,对于病灶检出、疾病预后、治疗疗效等的评估具有十分重要的作用。但是传统的影像学检查是基于医生主观性及半定量的评估,而无法解析包含在影像中的患者细胞、生理及遗传变异等庞大的影像数字化特征,这些丰富的数字化信息无法为人眼所识别。因此,随着精准医学的提出与科学技术的飞速发展,AI技术愈加成熟,在医学领域应用日益增多,尤其在肿瘤、神经系统及心血管系统疾病方面应用广泛。AI通过从临床数据中提取有用的特征及信息,帮助疾病的诊治、风险的预警及预后的评估等。其利用精细的算法学习临床大量的数据,然后修正算法使之最优化再应用于临床进行相应的分析,从而指导临床实践,减少医师无法避免的诊断及治疗错误。近年来,AI技术在CCA诊断和评估方面的应用逐渐增多。

2.1 基于CT的AI在CCA诊断和评估中的应用

CT是诊断CCA的重要手段,基于CT的AI分析也逐渐增多。以往研究表明,基于CT一般影像学特征及某些临床参数建立的人工神经网络可用于鉴别ICC及其他肝脏肿瘤(肝细胞肝癌、血管瘤及肝转移瘤),其诊断的曲线下面积(area under the curve,AUC)为0.961,表明人工神经网络有助于鉴别部分肝脏肿瘤,提高影像医生的诊断准确率[42]。一些研究者通过回顾性研究发现某些纹理参数与表皮生长因子受体及血管内皮生长因子表达相关,表明影像组学方法可以预测CCA蛋白质表达,且可能对其治疗有潜在的影响[43]。最近的几项研究表明基于增强CT的影像组学模型不仅可以鉴别ICC与其他肿块(包括混合型肝细胞-胆管细胞癌及肝胆结石所致的炎性肿块)(最高AUC达0.942)[44-46],而且可以预测ICC

的淋巴结转移及临床预后（最高AUC达0.9224）[47-48]，还可以通过结合相关临床病理学特征预测PCC术后早期复发的情况（AUC为0.883）[49]。除此之外，Mosconi等[50]基于纹理分析的方法评估了ICC的CT纹理特征与放射性栓塞治疗后的客观缓解、无进展生存及总生存之间的联系。Chu等[51]通过研究比较ICC的CT影像组学特征及临床特点，发现基于CT的影像组学分析有潜力预测术前ICC的无效切除。

2.2 基于MRI的AI在CCA诊断和评估中的应用

对于CCA来说，基于MRI的影像组学研究已有报道。Logeswaran[52]采用多层感知器自动检测CCA的MRCP图像，发现此方法可用于CCA的诊断及鉴别诊断，其诊断的正确率为94%。另有文献探究MRI纹理分析鉴别肝内局灶性病变的价值，发现纹理分析可较好地鉴别ICC、肝转移瘤及肝脓肿，最高AUC可达0.926[53]。Liang等[54]发现基于增强MRI影像组学特征和临床数据的诺模图可用于预测部分肝脏切除术后ICC的早期复发，指导临床制定个体化的治疗方案。一些研究者通过整合MRI影像组学特征及相关临床/免疫组化特征建立相应的预测模型成功预测了部分肝脏切除术后ICC的早期复发，其最高AUC可达0.949，可指导临床实施个体化治疗[55]。

Xu等[56]采用支持向量机（support vector machine，SVM）算法建立相应的MRI模型，进一步整合SVM评分、CA199水平及相关MRI影像特征，用于术前预测ICC患者的淋巴结转移。使用机器学习算法建立的MRI预测模型可用于评估ECC的病理分化程度及淋巴结转移，其最高AUC达到了0.9036，表明基于MRI的影像组学分析有助于临床诊断与决策，并评估患者的相关预后[57-58]。同时，利用二元逻辑回归探讨了MRI纹理分析在预测ECC肿瘤T分期级别的价值，其AUC值达0.901，表明MRI纹理分析有助于预测ECC的胆管外侵犯情况[59]。Zhou等[60]采用最小绝对收缩和选择运算的方法建立了MRI影像组学模型成功预测了肝内肿块型CCA的微血管侵犯，可指导治疗策略的制定并评估患者预后。最近的一项研究表明使用基于增强MRI的机器学习方法可以预测ICC程序性细胞死亡蛋白1/程序性细胞死亡蛋白配体1（programmed cell death protein 1/programmed cell death protein ligand 1，PD-1/PD-L1）的表达及患者的总体生存率（最高AUC达0.897），可指导PD-1/PD-L1表达阳性的患者实行靶向阻断剂的治疗并评估其预后[61]。Zhao等[62]同样利用MRI影像组学诺模图预测了PCC根治性切除术后的1年、3年和5年生存率，有助于评估患者预后并指导临床的治疗。另有研究发现通过整合肿瘤的MRI和CT影像组学特征建立的预测模型可用于鉴别肝细胞肝癌、CCA和混合型肝细胞-胆管细胞癌，有助于指导临床选择最佳治疗策略[63]。

2.3 其他的AI在CCA诊断和评估中的应用

此外，基于US的影像组学模型也已经被报道用于评估ICC的生物学行为，包括微血管侵犯、周围神经侵犯、病理分化程度、Ki-67、细胞角蛋白7及血管内皮生长因子的表达，进而指导个体化治疗并改善预后[64]。Pattanapairoj等[65]利用C4.5算法和人工神经网络建立了分类模型可提高某些血清学标志物诊断CCA的能力。据报道，Shao等[66]建立了人工神经网络模型，精确地预测了无法手术切除的CCA病人置入塑料支架的早期狭窄、闭塞的情况，有助于指导无法手术的CCA病人选择最佳的治疗方式。Tsilimigras等[67]使用机器学习分析ICC患者的流行病学及临床病理学特征，确定了三种不同的预后集群，表明采用机器学习描述术前患者的异质性可以帮助医生进行风险分层，做出最佳的术前治疗方案选择。另一研究基于患者的血浆胆汁酸谱，比较了六种机器学习方法（包括logistic regression，k-nearest neighbors，naïve bayes，RBF SVM，random forest and extreme gradient boosting）预测CCA与其他良性胆管疾病的效能，其最高AUC达0.95，表明AI技术有潜力成为筛查良恶性胆管疾病的有效工具[68]。Li等[69]通过机器学习算法分析ICC患者的临床及病理学数据建立了一个新的个体化评分系统，可用于预测ICC患者手术切除后的生存预后。段依璠等[70]使用深度学习对CCA显微高光谱图像中的肿瘤区域、肝纤维化区域及其他组织区域进行识别，为CCA病理切片中不同病变区域的辅助诊断提供了一定的参考价值。另有研究基于深度学习对ICC全景病理图像的多种组织及免疫细胞进行定量分析，提取与患者生存期密切相关的图像信息，从而实现ICC患者的生存预测[71]。

总之，上述大多数研究均是基于ICC的CT/MRI影像组学分析，采用不同的机器学习算法建立多种预测模型评估CCA的病理生理及预后，见表1。表明AI技术可以为临床提供一种客观、无创地评估CCA的新方法，从而更好的指导临床实践，有助于CCA的诊疗并改善其预后。

表1 AI在CCA诊断和评估方面的应用

作者	年份	图像/数据	方法	样本量	研究目的	AUC
Matake K等	2006	CECT	ANN	120	使用ANN鉴别ICC及其他肝肿瘤(肝细胞肝癌、血管瘤及肝转移瘤)	0.961
Logeswaran R	2009	MRCP	MLP	648	采用MLP算法筛查CCA	–
Pattanapairoj S等	2015	血清标志物	C4.5，ANN	85	利用C4.5和ANN提高血清标志物诊断CCA的效能	–
Sadot E等	2015	CECT	多元线性回归分析	56	探讨CCA的纹理特征与某些特定乏氧标记物之间的联系	–
Liang W等	2018	CECT	LASSO	209	建立CT影像组学模型预测ICC的早期复发	0.90
Shao F等	2018	临床病理学特征	BP-ANN	288	建立ANN模型预测无法手术切除的HCC病人置入塑料支架的早期狭窄、闭塞的情况	0.9648
孟祥玉	2018	MRI	LASSO	120	探讨MRI纹理分析对ICC、肝转移瘤及肝脓肿的鉴别诊断价值	0.926
黄晟宇	2019	CECT	RF	247	建立MRI预测模型评估ICC的淋巴结转移	0.784
Ji GW等	2019	CECT	LASSO	103	建立CT预测模型评估ICC的淋巴结转移及预后	0.9244
Ji GW等	2019	CECT	LASSO	247	建立CT预测模型评估ICC的淋巴结转移及预后	0.81
Xu L等	2019	MRI	SVM	148	建立MRI预测模型评估ICC的淋巴结转移及预后	0.870
Zhao L等	2019	MRI	多元逻辑回归	47	建立MRI影像组学模型预测ICC的早期复发	0.949
Lei Xu等	2019	MRI	SVM	106	建立MRI预测模型评估ICC的淋巴结转移	0.870
Peng YT等	2020	US	LASSO，SVM	128	建立US预测模型评估ICC的生物学行为	0.930
Yang C等	2020	MRI	RF	100	建立MRI预测模型评估ECC的病理分级和淋巴结转移	0.90
Yao X等	2020	MRI	SVM	110	建立MRI预测模型评估ECC的病理分级和淋巴结转移	0.9036
Zhang J	2020	CECT	LASSO	189	使用机器学习鉴别混合型肝细胞-胆管细胞癌和ICC	0.942
Xue B等	2020	CECT	LASSO	145	建立影像组学模型鉴别ICC与合并肝胆结石的炎性肿块	0.864
Xue B等	2020	CECT	LASSO	96	建立影像组学模型预测合并有肝内结石的ICC	0.902
Qin H等	2020	CECT	LASSO	274	建立CT预测模型评估HCC术后的早期复发	0.883
Mosconi C等	2020	CECT	LASSO	55	分析ICC的CT纹理特征与放射性栓塞治疗后疗效之间的联系	0.896
Chu H等	2020	CECT	RF	203	建立影像组学模型预测ICC的无效切除	0.804
Zhang J等	2020	MRI	LASSO	98	使用ML预测ICC PD-1/PD-L1的表达及预后	0.897
Tsilimigras DI等	2020	流行病学及临床病理学特征	聚类分析	826	利用ML对ICC进行新的聚类分群	–
Negrini D等	2020	血浆胆汁酸谱	6种ML算法	112	建立基于血浆胆汁酸谱ML模型来鉴别良恶性胆管疾病	0.95
Li Z等	2020	临床病理学特征	三种ML算法	1432	使用ML建立新的ICC的预后评分系统	–
段依璠	2020	显微高光谱图像	深度学习	7	基于深度学习对CCA显微高光谱图像区域识别方法进行研究	–
谢嘉伟	2020	病理图像	深度学习	127	基于深度学习对ICC病理图像进行定量分析,实现患者的生存预测	0.8642
Zhou Y等	2021	MRI	LASSO	164	建立MRI预测模型评估IMCC的微血管侵犯	0.873
Zhao J等	2021	MRI	多变量Cox比例危险法	184	建立MRI预测模型评估HCC 根治性切除术后的生存预后	–
Liu X等	2021	MRI、CT	SVM	85	建立MRI及CT联合影像组学模型鉴别ICC、肝细胞肝癌和混合型肝细胞-胆管细胞癌	0.81
王利敏等	2021	MRI	二元逻辑回归	65	探讨MRI纹理分析在预测ECC的胆管外侵犯中的价值	0.901

注:AUC，曲线下面积; ANN，人工神经网络; CECT，增强CT; CCA，胆管癌; MRCP，磁共振胰胆管造影术; MLP，多层感知器; ICC，肝内胆管癌; LASSO，最小绝对收缩和选择运算; BP-ANN，反向传播人工神经网络; ML,机器学习;HCC，肝门胆管癌; IMCC,肝内肿块型胆管癌;SVM，支持向量机; RF,随机森林; MRI，磁共振成像; US，超声; ECC，肝外胆管癌; PD-1/PD-L1,程序性细胞死亡蛋白1/程序性细胞死亡蛋白配体1(上述AUC值均为各研究中的最高值)

3 总结与展望

众所周知，一种疾病存在多种影像学表现，而不同疾病可能出现相同的影像学表现，因此无论是CCA还是其他肿瘤的诊断及鉴别诊断都存在一定的困难。传统的影像诊断依赖于放射科医师基于图像上异常征象的主观认知，而AI技术则通过分析大量的影像数据，提供定量客观的评估。通过结合AI技术和传统影像学才能更好地指导临床决策并评估疾病预后。

我们期望CCA的AI分析不仅仅局限于回顾性、单中心和小样本的研究，更需要前瞻性、多中心及大样本的研究来进一步评估其病理生理、生存预后及治疗。此外，除了对影像图像及临床病理数据分析外，还应该加入相关基因组特征以便更深入地研究CCA。目前AI在CCA诊断和评估方面的应用还处在早期阶段，我们相信在不久的将来，AI技术将极大地促进CCA以及其他肿瘤的诊疗和预后，从而达到精准医疗、实现个体化治疗。

参 考 文 献

[1] Valls C, Ruiz S, Martinez L, *et al*. Radiological diagnosis and staging of hilar cholangiocarcinoma[J]. World J Gastrointest Oncol, 2013, 5(7): 115-126.

[2] Razumilava N, Gores GJ. Surveillance for cholangiocarcinoma in patients with primary sclerosing cholangitis: effective and justified?[J]. Clin Liver Dis (Hoboken), 2016, 8(2): 43-47.

[3] Moazzami B, Majidzadeh-A K, Dooghaie-Moghadam A, *et al*. Cholangiocarcinoma: state of the art[J]. J Gastrointest Cancer, 2020, 51(3): 774-781.

[4] DeOliveira ML, Cunningham SC, Cameron JL, *et al*. Cholangiocarcinoma: thirty-one-year experience with 564 patients at a single institution[J]. Ann Surg, 2007, 245(5): 755-762.

[5] Yin SS, Cui QL, Yan K, *et al*. Effect of contrast-enhanced ultrasound on differential diagnosis of intrahepatic cholangiocarcinoma and arterial phase enhanced hepatic inflammatory lesions[J]. Chin J Cancer Res, 2017, 29(3): 272-280.

[6] Urban O, Vanek P, Zoundjiekpon V, *et al*. Endoscopic perspective in cholangiocarcinoma diagnostic process[J]. Gastroenterol Res Pract, 2019, 2019: 9704870.

[7] Mohamadnejad M, DeWitt JM, Sherman S, *et al*. Role of EUS for preoperative evaluation of cholangiocarcinoma: a large single-center experience[J]. Gastrointest Endosc, 2011, 73(1): 71-78.

[8] Galassi M, Iavarone M, Rossi S, *et al*. Patterns of appearance and risk of misdiagnosis of intrahepatic cholangiocarcinoma in cirrhosis at contrast enhanced ultrasound[J]. Liver Int, 2013, 33(5): 771-779.

[9] Chen L, Lu Y, Wu JC, *et al*. Diagnostic utility of endoscopic retrograde cholangiography/intraductal ultrasound (ERC/IDUS) in distinguishing malignant from benign bile duct obstruction[J]. Dig Dis Sci, 2016, 61(2): 610-617.

[10] Tamada K, Ushio J, Sugano K. Endoscopic diagnosis of extrahepatic bile duct carcinoma: advances and current limitations[J]. World J Clin Oncol, 2011, 2(5): 203-216.

[11] Levy MJ, Vazquez-Sequeiros E, Wiersema MJ. Evaluation of the pancreaticobiliary ductal systems by intraductal US[J]. Gastrointest Endosc, 2002, 55(3): 397-408.

[12] Levy MJ, Heimbach JK, Gores GJ. Endoscopic ultrasound staging of cholangiocarcinoma[J]. Curr Opin Gastroenterol, 2012, 28(3): 244-252.

[13] Baheti AD, Tirumani SH, Shinagare AB, *et al*. Correlation of CT patterns of primary intrahepatic cholangiocarcinoma at the time of presentation with the metastatic spread and clinical outcomes: retrospective study of 92 patients[J]. Abdom Imaging, 2014, 39(6): 1193-1201.

[14] Ciresa M, De Gaetano AM, Pompili M, *et al*. Enhancement patterns of intrahepatic mass-forming cholangiocarcinoma at multiphasic computed tomography and magnetic resonance imaging and correlation with clinicopathologic features[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2015, 19(15): 2786-2797.

[15] Ringe KI, Wacker F. Radiological diagnosis in cholangiocarcinoma: application of computed tomography, magnetic resonance imaging, and positron emission tomography[J]. Best Pract Res Clin Gastroenterol, 2015, 29(2): 253-265.

[16] Sano S, Yamamoto Y, Sugiura T, *et al*. The radiological differentiation of hypervascular intrahepatic cholangiocarcinoma from hepatocellular carcinoma with a focus on the CT value on multi-phase enhanced CT[J]. Anticancer Res, 2018, 38(9): 5505-5512.

[17] Joob B, Wiwanitkit V. Cholangiocarcinoma versus small liver abscess in dual source dual-energy CT quantitative parameters[J]. Eur J Radiol, 2018, 99: 130.

[18] Miura F, Okazumi S, Takayama W, *et al*. Evaluation of CT during arterial portography for preoperative diagnosis

of intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Hepatogastroenterology, 2006, 53(69): 435-437.

[19] D'Onofrio M, Vecchiato F, Cantisani V, *et al*. Intrahepatic peripheral cholangiocarcinoma (IPCC): comparison between perfusion ultrasound and CT imaging[J]. Radiol Med, 2008, 113(1): 76-86.

[20] Thomas JV, Bolus DN, Jackson BE, *et al*. Gadoxetate disodium enhanced spectral dual-energy CT for evaluation of cholangiocarcinoma: preliminary data[J]. Ann Med Surg (Lond), 2016, 6: 17-22.

[21] Zeng N, Tao HS, Fang CH, *et al*. Individualized preoperative planning using three-dimensional modeling for bismuth and corlette type III hilar cholangiocarcinoma[J]. World J Surg Oncol, 2016, 14(1): 44.

[22] Grut H, Revheim ME, Line PD, *et al*. Importance of 18F-FDG PET/CT to select patients with nonresectable colorectal liver metastases for liver transplantation[J]. Nucl Med Commun, 2018, 39(7): 621-627.

[23] Pahk K, Chung JH, Yi E, *et al*. Metabolic tumor heterogeneity analysis by F-18 FDG PET/CT predicts mediastinal lymph node metastasis in non-small cell lung cancer patients with clinically suspected N2[J]. Eur J Radiol, 2018, 106: 145-149.

[24] Lei L, Wang XJ, Chen ZH. PET/CT imaging for monitoring recurrence and evaluating response to treatment in breast cancer[J]. Adv Clin Exp Med, 2016, 25 (2): 377-382.

[25] Jadvar H, Henderson RW, Conti PS. [F-18]fluorodeoxyglucose positron emission tomography and positron emission tomography: computed tomography in recurrent and metastatic cholangiocarcinoma[J]. J Comput Assist Tomogr, 2007, 31(2): 223-228.

[26] Kim JY, Kim MH, Lee TY, *et al*. Clinical role of 18F-FDG PET-CT in suspected and potentially operable cholangiocarcinoma: a prospective study compared with conventional imaging[J]. Am J Gastroenterol, 2008, 103 (5): 1145-1151.

[27] 王祖飞, 兰茜琳, 肖扬锐, 等. 原发性胆管癌TNM分期与18F-脱氧葡萄糖正电子发射计算机断层扫描最大标准摄取值的相关性[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(39): 3104-3107.

[28] Sabaté-Llobera A, Grùcia-Sánchez L, Reynés-Llompart G, *et al*. Differences on metabolic behavior between intra and extrahepatic cholangiocarcinomas at ^{18}F-FDG-PET/CT: prognostic implication of metabolic parameters and tumor markers[J]. Clin Transl Oncol, 2019, 21(3): 324-333.

[29] Chotipanich C, Promteangtrong C, Kunawudhi A, *et al*. ^{11}C-choline and FDG PET/CT imaging of primary cholangiocarcinoma: a comparative analysis[J]. Asia Ocean J Nucl Med Biol, 2015, 3(1): 18-25.

[30] Marafi F, Usmani S, Esmail A. 68Ga-prostate-specific membrane antigen PET/CT in cholangiocarcinoma: a potential biomarker for targeted radioligand therapy?[J]. Clin Nucl Med, 2019, 44(7): e439-e441.

[31] Wakabayashi H, Akamoto S, Yachida S, *et al*. Significance of fluorodeoxyglucose PET imaging in the diagnosis of malignancies in patients with biliary stricture[J]. Eur J Surg Oncol, 2005, 31(10): 1175-1179.

[32] Kong E, Chun KA, Cho IH. Quantitative assessment of simultaneous F-18 FDG PET/MRI in patients with various types of hepatic tumors: correlation between glucose metabolism and apparent diffusion coefficient[J]. PLoS One, 2017, 12(7): e0180184.

[33] Çelebi F, Yaghouti K, Cindil E, *et al*. The role of 18F-FDG PET/MRI in the assessment of primary intrahepatic neoplasms[J]. Acad Radiol, 2021, 28 (2): 189-198.

[34] Ferrone C, Goyal L, Qadan M, *et al*. Management implications of fluorodeoxyglucose positron emission tomography/magnetic resonance in untreated intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(8): 1871-1884.

[35] Fowler KJ, Saad NE, Linehan D. Imaging approach to hepatocellular carcinoma, cholangiocarcinoma, and metastatic colorectal cancer[J]. Surg Oncol Clin N Am, 2015, 24(1): 19-40.

[36] Fábrega-Foster K, Ghasabeh MA, Pawlik TM, *et al*. Multimodality imaging of intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Hepatobiliary Surg Nutr, 2017, 6(2): 67-78.

[37] Lewis S, Besa C, Wagner M, *et al*. Prediction of the histopathologic findings of intrahepatic cholangiocarcinoma: qualitative and quantitative assessment of diffusion-weighted imaging[J]. Eur Radiol, 2018, 28(5): 2047-2057.

[38] Feng ST, Wu L, Cai HS, *et al*. Cholangiocarcinoma: spectrum of appearances on Gd-EOB-DTPA-enhanced MR imaging and the effect of biliary function on signal intensity[J]. BMC Cancer, 2015, 15: 38.

[39] Wei Y, Gao FF, Zheng DD, *et al*. Intrahepatic cholangiocarcinoma in the setting of HBV-related cirrhosis: differentiation with hepatocellular carcinoma by using intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging[J]. Oncotarget, 2018, 9(8): 7975-7983.

[40] Cui XY, Chen HW, Cai S, *et al*. Correlation of appar-

ent diffusion coefficient and intravoxel incoherent motion imaging parameters with Ki-67 expression in extrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Magn Reson Imaging, 2019, 63: 80-84.

[41] Choi JY, Kim MJ, Lee JM, *et al*. Hilar cholangiocarcinoma: role of preoperative imaging with sonography, MDCT, MRI, and direct cholangiography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2008, 191(5): 1448-1457.

[42] Matake K, Yoshimitsu K, Kumazawa S, *et al*. Usefulness of artificial neural network for differential diagnosis of hepatic masses on CT images[J]. Acad Radiol, 2006, 13(8): 951-962.

[43] Sadot E, Simpson AL, Do RKG, *et al*. Cholangiocarcinoma: correlation between molecular profiling and imaging phenotypes[J]. PLoS One, 2015, 10(7): e0132953.

[44] Zhang J, Huang ZX, Cao LK, *et al*. Differentiation combined hepatocellular and cholangiocarcinoma from intrahepatic cholangiocarcinoma based on radiomics machine learning[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(4): 119.

[45] Xue BH, Wu SJ, Zhang MY, *et al*. A radiomic-based model of different contrast-enhanced CT phase for differentiate intrahepatic cholangiocarcinoma from inflammatory mass with hepatolithiasis[J]. Abdom Radiol (NY), 2021, 46(8): 3835-3844.

[46] Xue BH, Wu SJ, Zheng MH, *et al*. Development and validation of a radiomic-based model for prediction of intrahepatic cholangiocarcinoma in patients with intrahepatic lithiasis complicated by imagologically diagnosed mass[J]. Front Oncol, 2020, 10: 598253.

[47] Ji GW, Zhu FP, Zhang YD, *et al*. A radiomics approach to predict lymph node metastasis and clinical outcome of intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Eur Radiol, 2019, 29(7): 3725-3735.

[48] 黄晟宇. 肝内胆管癌淋巴结转移术前影像组学预测模型的建立和验证[D]. 上海: 中国人民解放军海军军医大学, 2019.

[49] Qin H, Hu XL, Zhang JF, *et al*. Machine-learning radiomics to predict early recurrence in perihilar cholangiocarcinoma after curative resection[J]. Liver Int, 2021, 41(4): 837-850.

[50] Mosconi C, Cucchetti A, Bruno A, *et al*. Radiomics of cholangiocarcinoma on pretreatment CT can identify patients who would best respond to radioembolisation[J]. Eur Radiol, 2020, 30(8): 4534-4544.

[51] Chu HP, Liu ZL, Liang W, *et al*. Radiomics using CT images for preoperative prediction of futile resection in intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Eur Radiol, 2021, 31(4): 2368-2376.

[52] Logeswaran R. Cholangiocarcinoma--an automated preliminary detection system using MLP[J]. J Med Syst, 2009, 33(6): 413-421.

[53] 孟祥玉. 基于增强MRI图像的纹理分析对肝脏局灶病变的鉴别诊断价值[D]. 沈阳: 中国医科大学, 2018.

[54] Liang WJ, Xu L, Yang PF, *et al*. Novel nomogram for preoperative prediction of early recurrence in intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Front Oncol, 2018, 8: 360.

[55] Zhao L, Ma XH, Liang M, *et al*. Prediction for early recurrence of intrahepatic mass-forming cholangiocarcinoma: quantitative magnetic resonance imaging combined with prognostic immunohistochemical markers[J]. Cancer Imaging, 2019, 19(1): 49.

[56] Xu L, Yang PF, Liang WJ, *et al*. A radiomics approach based on support vector machine using MR images for preoperative lymph node status evaluation in intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Theranostics, 2019, 9(18): 5374-5385.

[57] Yao XP, Huang XQ, Yang CM, *et al*. A novel approach to assessing differentiation degree and lymph node metastasis of extrahepatic cholangiocarcinoma: prediction using a radiomics-based particle swarm optimization and support vector machine model[J]. JMIR Med Inform, 2020, 8(10): e23578.

[58] Yang CM, Huang MP, Li SP, *et al*. Radiomics model of magnetic resonance imaging for predicting pathological grading and lymph node metastases of extrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Cancer Lett, 2020, 470: 1-7.

[59] 王利敏, 舒健, 黄新荞, 等. MRI纹理分析在预测肝外胆管癌的胆管外侵犯中的价值[J]. 四川医学, 2021, 42(1): 1-5.

[60] Zhou Y, Zhou GF, Zhang JL, *et al*. Radiomics signature on dynamic contrast-enhanced MR images: a potential imaging biomarker for prediction of microvascular invasion in mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Eur Radiol, 2021. DOI: 10.1007/s00330-021-07793-1. Epub ahead of print.

[61] Zhang J, Wu ZR, Zhang X, *et al*. Machine learning: an approach to preoperatively predict PD-1/PD-L1 expression and outcome in intrahepatic cholangiocarcinoma using MRI biomarkers[J]. ESMO Open, 2020, 5(6): e000910.

[62] Zhao J, Zhang W, Fan CL, *et al*. Development and validation of preoperative magnetic resonance imaging-based survival predictive nomograms for patients with perihilar cholangiocarcinoma after radical resection: a pilot study[J].

Eur J Radiol, 2021, 138: 109631.

[63] Liu XY, 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?[J]. Eur Radiol, 2021, 31(1): 244-255.

[64] Peng YT, Zhou CY, Lin P, *et al*. Preoperative ultrasound radiomics signatures for noninvasive evaluation of biological characteristics of intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Acad Radiol, 2020, 27(6): 785-797.

[65] Pattanapairoj S, Silsirivanit A, Muisuk K, *et al*. Improve discrimination power of serum markers for diagnosis of cholangiocarcinoma using data mining-based approach[J]. Clin Biochem, 2015, 48(10-11): 668-673.

[66] Shao F, Huang Q, Wang C, *et al*. Artificial neural networking model for the prediction of early occlusion of bilateral plastic stent placement for inoperable hilar cholangiocarcinoma[J]. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech, 2018, 28(2): e54-e58.

[67] Tsilimigras DI, Hyer JM, Paredes AZ, *et al*. A novel classification of intrahepatic cholangiocarcinoma phenotypes using machine learning techniques: an international multi-institutional analysis[J]. Ann Surg Oncol, 2020, 27(13): 5224-5232.

[68] Negrini D, Zecchin P, Ruzzenente A, *et al*. Machine learning model comparison in the screening of cholangiocarcinoma using plasma bile acids profiles[J]. Diagnostics (Basel), 2020, 10(8): 551.

[69] Li ZZ, Yuan L, Zhang C, *et al*. A novel prognostic scoring system of intrahepatic cholangiocarcinoma with machine learning basing on real-world data[J]. Front Oncol, 2020, 10: 576901.

[70] 段依璠. 基于深度学习的胆管癌显微高光谱图像识别方法研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2020: 95.

[71] 谢嘉伟. 基于病理图像分析的肝内胆管癌生存预测模型[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2020.

(2021-05-17 收稿)



专　家　简　介

舒健,西南医科大学主任医师,硕士研究生导师。四川省学术技术带头人后备人选、四川省卫健委学术技术带头人。现任西南医科大学医学影像系主任,西南医科大学附属医院放射科主任,中国医师协会放射医师分会委员,中国医师协会医学技师专业委员会委员,四川省医学会放射学专业委员会常委,腹部学组副组长;泸州市放射专委会主任委员。主要从事肝胆疾病影像学的临床和科研工作,已发表相关学术论文60余篇。