

论著·腹部

CT和MRI增强影像学表现对HBV相关肝癌的诊断价值*

隋虎¹ 毛佳¹ 李海军^{2,*}

1.华中科技大学同济医学院附属武汉金银潭医院放射科(湖北武汉430023)

2.武汉市汉口医院放射科(湖北武汉430012)

【摘要】目的 探讨电子计算机断层扫描(CT)和磁共振成像(MRI)增强影像学表现对乙型肝炎病毒(HBV)相关肝癌的诊断价值。**方法** 回顾性分析102例2020年3月至2023年3月本院收治的疑似HBV相关肝癌患者的临床资料,按病理结果分为良性肿瘤组、恶性肿瘤组,分别为29、73例。所选患者均行CT、MRI增强扫描,以病理诊断结果为“金标准”,统计CT、MRI对HBV相关肝癌的检出情况,绘制受试者工作特征曲线(ROC)分析CT、MRI检查对HBV相关肝癌的诊断价值,统计良性肿瘤组和恶性肿瘤组的最大径、表观弥散系数(ADC)值、肿瘤形态及强化方式情况,并分析HBV相关肝癌患者的CT、MRI影像学表现。**结果** CT检查结果显示,恶性62例,良性21例,误诊8例,漏诊11例;MRI检查结果显示,恶性70例,良性27例,误诊2例,漏诊3例。MRI检查诊断HBV相关肝癌的敏感度、特异度、阳性、阴性预测值、准确度及曲线下面积(AUC)值分别为95.89%、93.10%、97.22%、90.00%、95.10%、0.945,均高于CT检查的84.93%、72.41%、88.57%、65.63%、81.37%、0.787($P<0.05$)。较良性肿瘤组,恶性肿瘤组最大径更长,ADC值更低($P<0.05$)。较良性肿瘤组(24.14%、17.24%),恶性肿瘤组肿瘤不规则形态及快进快出强化方式占比(75.34%、82.19%)更高($P<0.05$)。73例HBV相关肝癌患者中,共检出血灶96个。MRI动脉期高信号率为94.79%,高于CT的83.33%($P<0.05$)。**结论** CT和MRI增强扫描有利于鉴别HBV相关肝癌的良恶性,与CT增强扫描相比,MRI增强扫描更能清晰地显示病灶边界,其对HBV相关肝癌的诊断价值更高。

【关键词】 肝癌;乙型肝炎病毒;电子计算机断层扫描;磁共振成像;影像学;诊断价值

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】武汉市医学科研项目(WX21C20)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.06.032

The Diagnostic Value of CT and MRI Enhanced Imaging Findings in HBV Related Liver Cancer*

SUI Hu¹, MAO Jia¹, LI Hai-jun^{2,*}.

1.Department of Radiology, Wuhan Jinyintan Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430023, Hubei Province, China

2.Department of Radiology, Wuhan Hankou Hospital, Wuhan 430012, Hubei Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the diagnostic value of CT and MRI enhanced imaging findings in HBV related liver cancer. **Methods** The clinical data of 102 patients with suspected HBV related liver cancer admitted to our hospital from March 2020 to March 2023 were retrospectively analyzed. They were divided into benign tumor and the malignant tumor groups by pathological results, 29 cases and 73 cases respectively. All patients underwent enhanced CT and MRI scans. The detection of HBV related liver cancer by CT and MRI was statistically analyzed with the pathological diagnosis as the gold standard. The diagnostic value of CT and MRI for HBV related liver cancer was analyzed by drawing receiver operating characteristic curve (ROC). The maximum diameter, apparent diffusion coefficient (ADC) value, tumor morphology and enhancement mode of benign and malignant tumor groups were analyzed. The imaging manifestations of HBV related liver cancer by CT and MRI were analyzed. **Results** CT showed that 62 cases were malignant, 21 cases were benign, 8 cases were misdiagnosed and 11 cases were missed. The results of MRI showed that 70 cases were malignant, 27 cases were benign, 2 cases were misdiagnosed and 3 cases were missed. The sensitivity, specificity, positive, negative predictive value, accuracy and AUC of MRI in the diagnosis of HBV related liver cancer were 95.89%, 93.10%, 97.22%, 90.00%, 95.10%, 0.945, higher than CT (84.93%, 72.41%, 88.57%, 65.63%, 81.37%, 0.787, $P<0.05$). Compared with benign tumor group, malignant tumor group had longer maximum diameter and lower ADC values ($P<0.05$). Compared with benign tumor group (24.14%, 17.24%), the malignant tumor group had a higher percentage of tumor irregularity pattern and fast-in-fast-out reinforcement (75.34%, 82.19%) ($P<0.05$). In 73 patients with HBV-related liver cancer, 96 lesions were detected. The high signal intensity rate of arterial phase on MRI was 94.79%, higher than that on CT (83.33%) ($P<0.05$). **Conclusion** CT and MRI enhanced scans were beneficial for distinguishing between benign and malignant HBV related liver cancer. Compared with CT enhanced scans, MRI enhanced scans could more clearly display the boundaries of cancer lesions, and had higher diagnostic value for HBV related liver cancer.

Keywords: Liver Cancer; Hepatitis B Virus; Computed Tomography; Magnetic Resonance Imaging; Imaging; Diagnostic Value

近年来据临床相关调查数据显示,原发性肝癌(PLC)的发病和死亡率呈一定的上升趋势,严重影响患者健康及生命安全^[1-2]。有研究指出,乙型肝炎病毒(HBV)感染是PLC的常见致病因素之一,其与PLC的发生发展过程密切相关^[3]。目前,HBV相关肝癌虽已有多重治疗手段,但其5年生存率仍仅为10%左右,因此早诊断、早治疗对促进HBV相关肝癌患者预后的改善尤为关键^[4]。电子计算机断层扫描(CT)具有分辨率高的特点,其增强扫描可反映肿瘤的形态学及血供情况,但其容易受运动伪影的影响,难以发现微小病灶^[5]。磁共振成像(MRI)对软组织具有较高的分辨率,可多方位、多参数成像,且其增强扫描可反映肿瘤在增强各个时间点的血流和状态^[6]。但目前关于CT和MRI增强影像学表现对HBV相关肝癌的诊断价值仍需探究。基于此,本研究以疑似HBV相关肝癌患者为对象进行研究,旨在进一步探索CT和MRI增强影像学表现对HBV相关肝癌的诊断价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析102例2020年3月至2023年3月本院收治的疑似HBV相关肝癌患者的临床资料,按病理结果分为良性肿瘤组、恶性肿瘤组,分别为29、73例。

纳入标准: HBV相关肝癌诊断参照文献^[7],且均经病理诊断证实者;均行CT、MRI影像检查,且检查前未使用过相关抗肿瘤药物治疗者;影像及临床资料完整者等。**排除标准:** 合并其他肝病及恶性肿瘤者;伴有血液系统疾病者;既往伴有腹部手术史者;影像图像模糊影响诊断者等。其中良性肿瘤组体质量指数(BMI)19~26kg/m²,平均(23.58±0.93)kg/m²;年龄45~78岁,平均(62.75±6.29)岁;男、女分别为15、14例。恶性肿瘤组BMI 19~26kg/m²,平均(23.62±0.95)kg/m²;年龄47~79岁,平均(62.81±6.33)岁;男、女分别为38、35例。两组资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),组间可比。本院伦理委员会已批准本研究。

1.2 检查方法

1.2.1 CT增强扫描 仪器选用美国GE公司生产的64排128层螺旋CT(LightSpeed VCT XT

【第一作者】隋虎,男,主治医师,主要研究方向:临床放射方面。E-mail: hbs198hk@163.com

【通讯作者】李海军,男,副主任医师,主要研究方向: X线CT和核磁共振的诊断。E-mail: lhj8484@163.com

型)。检查体位取患者仰卧位，扫描参数：管电流、管电压、层间距、层厚、重建层厚分别为300mA、120kV、3mm、5mm、0.625mm，先进行平扫，随后进行增强扫描，经肘静脉注射对比剂泛影葡胺(购自于北京北陆药业股份有限公司)，剂量为1.5mL/kg，流速为3.5mL/s，于注射对比剂28 s、1min、3 min后行门静脉期、动脉期、延迟期扫描。

1.2.2 MRI增强扫描 仪器选用美国GE公司生产的1.5 T医用磁共振成像系统(Signa HDe型)，检查体位取患者仰卧位，扫描参数：T2加权成像(T2WI)序列：层间距、层厚、回波时间(TE)、重复时间(TR)、激励次数(NEX)分别为1.8mm、6mm、72ms、1900 ms、2；弥散加权成像(DWI)单次激发平面回波序列：TE、TR、层间距、层厚、NEX分别为83ms、4200ms、1.8mm、6mm、6，b值为50、1000s/mm²。腹部MRI增强扫描选用德国西门子公司生产的3.0T医用磁共振成像系统(MAGNETOM Verio型)，扫描参数：T2WI序列：层间距、层厚、TE、TR、NEX分别为1.8mm、6mm、83ms、2500ms、2，DWI单次激发平面回波序列：层间距、层厚、TE、TR、NEX分别为1.3mm、6mm、49ms、4800ms、6，b值为50、1 000 s/mm²。经肘静脉注射对比剂钆喷酸葡胺(购自于北京北陆药业股份有限公司)，剂量为0.2 mmol/kg，流速2.5mL/s，采用梯度回波(GRE)序列，三维容积内插扰相行T1加权成像(T1WI)三期动态增强扫描，层间距为0，层厚为3mm，TE为1.20~1.40ms，TR为2.55~3.55ms，NEX为2。

1.3 观察指标

1.3.1 CT、MRI检查与病理诊断结果比较 以病理诊断结果为“金标准”，统计CT、MRI对HBV相关肝癌的检出情况。

1.3.2 CT、MRI检查对HBV相关肝癌的诊断价值 根据CT、MRI检查对HBV相关肝癌的检出情况，绘制受试者工作特征曲线(ROC)分析CT、MRI检查对HBV相关肝癌的诊断价值。

1.3.3 良恶性肿瘤最大径、表观弥散系数(ADC)值、肿瘤形态及强化方式比较 根据1.2检查结果，统计良性肿瘤组和恶性肿瘤组的最大径、ADC值、肿瘤形态(规则/不规则)及强化方式(是否为快进

快出强化)等情况。
1.3.4 HBV相关肝癌患者的CT、MRI影像学表现比较 根据1.2检查结果，统计HBV相关肝癌患者的CT、MRI影像学表现，包括门静脉期、动脉期、延迟期低信号、等信号、高信号等情况。
1.4 统计学方法 采用软件SPSS 24.0统计数据，计数、计量资料分别以[n(%)]、(x±s)表示，x²、t检验进行比较。CT、MRI检查对HBV相关肝癌的诊断价值通过绘制ROC曲线，获取曲线下面积(AUC)进行分析，检验水准α=0.05。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CT、MRI检查与病理诊断结果比较 CT检查结果显示，恶性62例，良性21例，误诊8例，漏诊11例；MRI检查结果显示，恶性70例，良性27例，误诊2例，漏诊3例。见表1。

表1 CT、MRI检查与病理诊断结果比较				
检查方式	检查结果	病理诊断结果		合计
		恶性	良性	
CT检查	恶性	62	8	70
	良性	11	21	32
MRI检查	恶性	70	2	72
	良性	3	27	30
合计		73	29	102

2.2 CT、MRI检查对HBV相关肝癌的诊断价值 MRI检查诊断HBV相关肝癌的敏感度、特异度、阳性、阴性预测值、准确度及AUC值分别为95.89%、93.10%、97.22%、90.00%、95.10%、0.945，均高于CT检查的84.93%、72.41%、88.57%、65.63%、81.37%、0.787(P<0.05)。见表2、图1。

表2 CT、MRI检查对HBV相关肝癌的诊断价值

检查方式	敏感度(%)	特异度(%)	阳性预测值	阴性预测值	准确度(%)	AUC值	95%CI
CT检查	84.93(62/73)	72.41(21/29)	88.57(62/70)	65.63(21/32)	81.37(83/102)	0.787	0.695~0.862
MRI检查	95.89(70/73)	93.10(27/29)	97.22(70/72)	90.00(27/30)	95.10(97/102)	0.945	0.881~0.980
Z/x ²	5.056	4.350	4.057	5.262	9.256	3.726	
P	0.025	0.037	0.044	0.022	0.002	0.000	

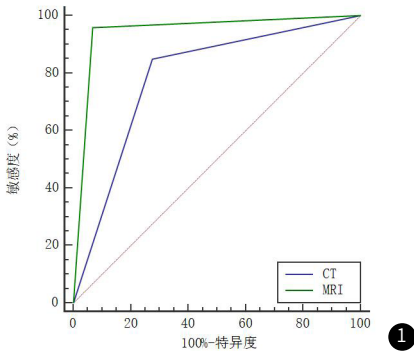


图1 CT、MRI检查诊断HBV相关肝癌的ROC曲线。

2.3 良恶性肿瘤最大径、ADC值、肿瘤形态及强化方式比较 较良性肿瘤组，恶性肿瘤组最大径更长，ADC值更低(P<0.05)；较良性肿瘤组(24.14%、17.24%)，恶性肿瘤组肿瘤不规则形态及快进快出强化方式占比(75.34%、82.19%)更高(P<0.05)。见表3。
2.4 HBV相关肝癌患者的CT、MRI影像学表现比较 73例HBV相关肝癌患者中，共检出病灶96个。MRI动脉期高信号率为94.79%，高于CT的83.33%(P<0.05)。见表4。
2.5 HBV相关性PLC患者CT及MRI图像 见图2A~图2H。

表3 良恶性肿瘤最大径、ADC值、肿瘤形态及强化方式比较

组别	例数	最大径(cm)	ADC值(×10 ⁻³ mm ² /s)	肿瘤形态[n(%)]		快进快出强化[n(%)]	
				规则	不规则	是	否
良性肿瘤组	29	1.98±0.53	4.12±1.03	22(75.86)	7(24.14)	5(17.24)	24(82.76)
恶性肿瘤组	73	4.76±0.92	2.03±0.64	18(24.66)	55(75.34)	60(82.19)	13(17.81)
t/x ²		15.268	12.375	22.829		37.876	
P		0.000	0.000	0.000		0.000	

表4 HBV相关肝癌患者的CT、MRI影像学表现比较[n(%)]

检查方式	例数	门静脉期			动脉期			延迟期		
		低信号	等信号	高信号	低信号	等信号	高信号	低信号	等信号	高信号
CT检查	96	84(87.50)	9(9.38)	3(3.13)	3(3.13)	13(13.54)	80(83.33)	76(79.17)	19(19.79)	1(1.04)
MRI检查	96	91(94.79)	4(4.17)	1(1.04)	1(1.04)	4(4.17)	91(94.79)	75(78.13)	20(20.83)	1(1.04)
χ^2		3.162			6.470			0.031		
P		0.075			0.011			0.860		

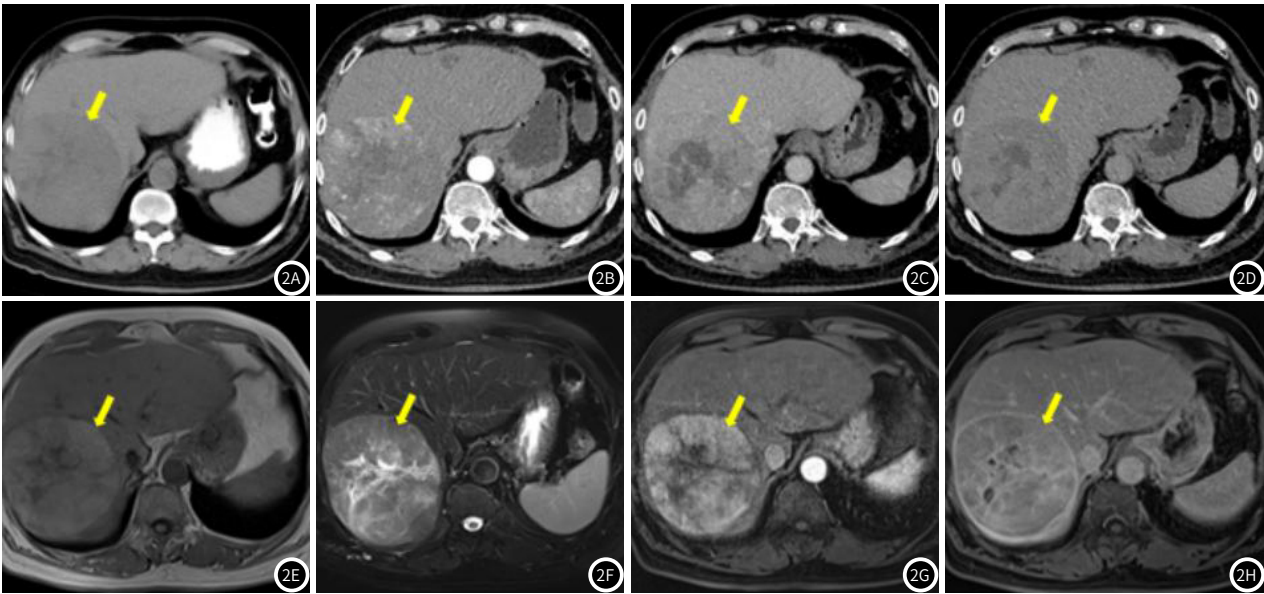


图2A-图2D 为HBV相关性PLC患者CT图像，肝右后叶病灶平扫为类圆形稍低密度影(图2A)，增强动脉期可见不均匀中等强化(图2B)，增强门脉期和延迟期(图2C和图2D)，病灶强化褪去，廓清明显，中心坏死区始终未见强化。
图2E-图2H 为HBV相关性PLC患者MRI图像，肝右后叶病灶T₁WI平扫为类圆形不均匀稍高信号影(图2E)，T₂WI为不均匀稍高信号影(图2F)；T₁WI增强动脉期病灶可见明显不均匀强化(图2G)，T₁WI增强延迟期病灶廓清明显，并显示完整包膜(图2H)。

3 讨 论

HBV感染与PLC的发生关系密切，据流行病学调查显示，我国PLC患者中，60%~80%患者伴有HBV感染史^[8-9]。HBV相关肝癌因早期症状不典型，使得多数患者就诊确诊时已属晚期，进而增加临床的治疗难度，进一步导致患者的病死率增加^[10-11]。因此，采取一种积极有效的检查手段，以进一步提高HBV相关肝癌的检出率，对临床医生后续采取及时有效的治疗，促进患者预后的改善意义重大。本研究探索CT和MRI增强影像学表现对HBV相关肝癌的诊断价值，取得了较好的结果。

肿瘤细胞血供丰富，肿瘤新生微血管能为肿瘤细胞的生长繁殖提供营养，进而可加快肿瘤细胞的生长繁殖迅速，使得肿瘤体积增大^[12]。此外，恶性肿瘤生长受肿瘤异质性的影响，肿瘤生长繁殖速度、侵袭能力等均存在一定的差异，使得肿瘤形态学多表现为边界不清、不规则等征象^[13]。肝癌主要由肝动脉供血，正常肝组织多由门静脉供血，因此在CT、MRI增强动脉期，肿瘤强化明显，主要表现为高信号影或高密度影^[14]。本研究结果显示，较良性肿瘤组，恶性肿瘤组最大径更长，ADC值更低，肿瘤不规则形态及快进快出强化方式占比更高，说明CT和MRI增强扫描有利于鉴别诊断HBV相关肝癌的良恶性。

目前，病理检查仍是临床诊断肝癌的“金标准”，但其因具有一定的创伤性，且其敏感性较低，使得其临床应用较为受限^[15]。随着影像技术的发展，CT、MRI因便捷、无创、快速等特点

已逐渐广泛用于肝癌的诊断中^[16]。CT可用于检查肝脏占位性病变，其通过多层扫描患者肝部病灶，利用自带的后处理站对获取的数据进行处理，有利于临床医师的诊断，且其具有图像分辨率高、扫描速度快等特点，可清晰显示肝脏状况；此外，CT增强扫描成像速度更快，能对血供情况做出准确反映，有利于提高肝癌的检出率，但其可能会受运动伪影的影响，对细小改变或微小病灶难以发现^[17-18]。MRI检查具有信号强度受干扰小、组织分辨率高及无辐射损伤等特点，其通过扫描病灶，利用多个序列信号的高低情况，可判断病变情况；且其通过对比剂注射，对病灶轮廓进行勾勒，能清晰显示病灶；此外MRI动态增强扫描在反映肝血流、肿瘤与周围组织结构的关系中也具有优势；另外因MRI检查受运动干扰小，对微小病灶亦具有较高的检出率^[19-20]。本研究CT检查结果显示，恶性62例，良性21例，误诊8例，漏诊11例，MRI检查结果显示，恶性70例，良性27例，误诊2例，漏诊3例，MRI检查诊断HBV相关肝癌的敏感度、特异度、阴性预测值、阴性预测值、准确度及AUC值均高于CT检查，且MRI动脉期高信号率高于CT，进一步说明与CT增强扫描相比，MRI增强扫描对HBV相关肝癌的诊断价值更高。林锦仕等学者发现，与多排螺旋CT检查相比，MRI检查对乙型肝炎肝硬化背景小肝癌的诊断效能更高^[21]，本研究结果与之基本相符。

综上所述，CT和MRI增强扫描有利于鉴别HBV相关肝癌的良

恶性，与CT增强扫描相比，MRI增强扫描更能清晰地显示癌灶边界，其对HBV相关肝癌的诊断价值更高。值得注意的是，本研究为病例数选取有限的单中心回顾性研究，可能影响数据统计，导致研究结果存在偏倚，因此，为提高研究结果的准确性和可靠性，临床可扩大病例选取量，并应用多中心前瞻性研究进一步明确CT和MRI增强影像学表现对HBV相关肝癌的诊断价值。

参考文献

[1] 王元敏, 韩秀华, 李春姬, 等. 血清miRNA-490-3p在慢性乙型肝炎病毒相关肝癌中的临床价值[J]. 中国临床实用医学, 2023, 14(3): 42-47.

[2] Han J, Wang S, Kwong TNY, et al. Dermatomyositis as an extrahepatic manifestation of hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma: a case report and literature review[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(33): 11586-11586.

[3] Meoni G, Lorini S, Monti M, et al. The metabolic fingerprints of hcv and hbv infections studied by nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 4128-4128.

[4] Cuadros-Torres M, Ganoza-Calero AM, Plácido Z, et al. Dermatomyositis associated with hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma: a case report in Peru[J]. Rev Gastroenterol Peru, 2019, 39(4): 374-377.

[5] 陈奕州, 黄育鑫, 马春浓. 乙型病毒性肝炎相关性肝癌患者电子计算机断层扫描磁共振成像影像学征象同血清学指标的相关性研究[J]. 实用医技杂志, 2022, 29(2): 194-197.

[6] 黄淑芳, 李长清, 罗是是. 普美显增强MRI与CT对原发性肝癌诊断的价值研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(6): 43-48.

[7] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会医政医管局. 原发性肝癌诊疗规范(2017年版)[J]. 中华肝脏病杂志, 2017, 25(12): 886-895.

[8] Yang Q, Cai Q, Wen H, et al. The CT and MRI features of primary intrahepatic lymphoepithelioma-like cholangiocarcinoma[J]. AJR Am J Roentgenol, 2021, 216(2): 393-402.

[9] Xie Z, Peng Z, Zou Y, et al. Non-invasive diagnosis strategy of hepatocellular carcinoma in low-risk population[J]. BMC Cancer, 2022, 22(1): 709-709.

[10] 王海涛, 张凡凡, 李金军, 等. 多模态磁共振评估HBV相关肝癌微波消融的应用价值[J]. 安徽医学, 2021, 42(7): 767-770.

[11] 李建, 成馨花, 田杰, 等. HBV相关肝癌与非病毒相关肝癌临床特征对比分析[J]. 肝脏, 2022, 27(4): 460-465.

[12] Meng F, Zhao J, Tan AT, et al. Immunotherapy of hbv-related advanced hepatocellular carcinoma with short-term hbv-specific tcr expressed T cells: results of dose escalation, phase I trial[J]. Hepatol Int, 2021, 15(6): 1402-1412.

[13] 古军军, 李洪强, 张雪松, 等. 乙型肝炎相关性肝细胞肝癌的CT和MRI增强影像学表现及其与血清肿瘤标志物相关性研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(11): 60-64.

[14] 张瑶, 张林启, 陈景标, 等. 钆贝葡胺与钆塞酸二钠增强MRI诊断HBV相关肝癌包膜的效能比较[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2020, 9(1): 72-76.

[15] 王琦, 翟琪琪, 徐珂. CT和MRI对原发性肝癌TACE术后残留及新发病灶的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 107-109.

[16] 谢卫东, 王健, 李扬. MRI多b值成像联合低剂量多层螺旋CT扫描对肝硬化再生结节与小肝癌结节的鉴别诊断价值[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(9): 1503-1507.

[17] 郭小芳, 王凌云, 吕天宝. CT扫描结合磁共振在原发性肝癌诊断与介入治疗预后评估中的临床意义[J]. 广州医药, 2022, 53(3): 38-41.

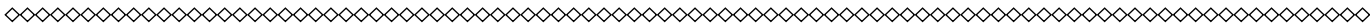
[18] 高延志, 王明利. CT联合MRI评估肝细胞癌病理分级可行性研究[J]. 陕西医学杂志, 2022, 51(3): 375-377, 381.

[19] 刘宜, 张晓辉, 卢文献, 等. 多层螺旋CT和MRI对原发性肝癌定性诊断及治疗方案指导的价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(2): 93-95.

[20] 吴建刚, 雷雪梅, 马清明. Gd-EOB-DTPA增强MRI与增强CT诊断原发性肝癌价值比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(9): 100-101, 134.

[21] 林锦仕, 李锋, 付志明, 等. 多排螺旋CT与MRI对乙型肝炎肝硬化背景小肝癌检出的比较研究[J]. 中西医结合肝病杂志, 2018, 28(4): 248-250.

(收稿日期: 2023-09-03) (校对编辑: 江丽华)



(上接第66页)

此外，CTPA还可以通过多平面重建(MPR)为矢状面和冠状面图像，利用心电门控扫描，PS患者可以显示瓣膜狭窄处射流。PH患者通过MSCT可以预测肺动脉压力并且通过定量肺血管的测量和肺结构形态的评估来判断肺动脉高压患者的病因^[11]。

综上所述，LPAD、RPAD、LPAD/RPAD、IVCD、SPAD/SBD参数可作为PS、PH患者的鉴别诊断的重要参考价值。MSCT发现肺动脉增宽，右心增大时，要注意参考这些参数值，必要时行CTPA多平面重建(MPR)显示肺动脉瓣口是否有射流，避免误诊。

参考文献

[1] Baumgartner H, De Backer J. The ESC clinical practice guidelines for the management of adult congenital heart disease 2020[J]. European Heart Journal, 2020, 41(43): 4153-4154.

[2] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组, 中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会, 全国肺栓塞与肺血管病防治协作组, 等. 中国肺动脉高压诊断与治疗指南(2021版)[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(1): 11-51.

[3] 郑亮. CT血管造影肺动脉容积测量诊断肺动脉高压的价值分析[J]. 影像诊断与介入放射学, 2022, 31(3): 199-204.

[4] 王笑, 乔建兰, 龚建中, 等. 双源CT动脉期增强图像上肝静脉和下腔静脉返流的影响因素分析[J]. 放射学实践, 2021, 36(12): 1548-1552.

[5] Pignatelli RH, Noel C, Reddy SCB. Imaging of the pulmonary valve in the adults[J]. 2017, 32(5): 529-540.

[6] Marchini F, Meossi S, Passarini G, et al. Pulmonary valve stenosis: from diagnosis to current management techniques and future prospects[J]. 2023, 19: 379-390.

[7] Jonas S, Kligerman S, Burke A, Et al. Pulmonary valve anatomy and abnormalities: a pictorial essay of radiography, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) [J]. 2016, 31(1): W4-12.

[8] Ruckdeschel E, Kim Y J H. Pulmonary valve stenosis in the adult patient: pathophysiology, diagnosis and management[J]. 2019, 105(5): 414-422.

[9] 吴漫, 徐兴祥, 柳毅. CT测量肺血管参数在肺动脉高压中的应用价值[J]. 心肺血管病杂志, 2021, 40(1): 107-111.

[10] 郑锦滨, 王寿扬, 李颖珊, 等. 超声心动图与多层螺旋CT心血管参数联合收缩压对预测肺动脉高压的比较分析[J]. 心脑血管病防治, 2020, 20(5): 456-459, 463.

[11] Coste F, Dournes G, Dromer C, et al. CT evaluation of small pulmonary vessels area in patients with COPD with severe pulmonary hypertension[J]. 2016, 71(9): 830-837.

[12] 李一丹, 杨媛华, 王剑锋, 等. 超声心动图评价肺动脉高压经皮介入治疗短期效果的临床研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2018, 27(7): 565-568.

[13] 何长久, 周鹏, 胡仕北, 等. 迭代算法对超低剂量CT肺部扫描图像质量影响的体模研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019, 39(2): 145-149.

(收稿日期: 2024-04-23)
(校对编辑: 翁佳鸿)