

论 著

能谱CT成像在评估肝细胞癌微血管侵犯中的价值*

李大铭¹ 张玉婷² 马小梅^{1,*}

1.甘肃省人民医院放射科(甘肃兰州730013)

2.兰州大学第二医院放射科

(甘肃兰州730030)

【摘要】目的 探讨能谱CT定量评估肝细胞癌微血管侵犯的临床价值。方法 纳入51例行双期对比增强能谱CT的肝细胞癌患者。从能谱CT图测得肿瘤CT值和碘浓度(IC)。计算能谱曲线的斜率(Slope)、标准化碘浓度(NIC)以及动静脉期之间的碘浓度差比率(RICAP-VP)。根据手术病理结果,肿瘤被确定为有或无微血管侵犯。采用t检验或卡方检验分析两组间的差异,采用受试者工作特征曲线(ROC)评价变量的诊断性能。结果 有和无微血管侵犯组在动脉期的IC、NIC、Slope和RICAP-VP有显著差异($P<0.05$)。使用3.245作为动脉期的Slope的阈值,可以在ROC分析中获得0.806的曲线下面积(AUC)值来区分有和没有微血管侵犯的肿瘤。CT值在70keV时AUC为0.577,在40keV时提高到0.757。结论 能谱CT提供了比常规CT更多定量参数,以促进区分有和没有微血管侵犯的肝细胞癌。

【关键词】能谱成像;对比增强CT;肝细胞癌;微血管侵犯

【中图分类号】R735.7

【文献标识码】A

【基金项目】甘肃省青年科技基金计划(21JR7RA639)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.01.029

Value of Energy Spectrum CT Imaging in Evaluating Microvascular Invasion of Hepatocellular Carcinoma*

Li Da-ming¹, ZHANG Yu-ting², MA Xiao-mei^{1,*}.

1.Department of Radiology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730013, Gansu Province, China

2.Department of Radiology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, Gansu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the clinical value of energy spectrum CT in the quantitative assessment of microvascular invasion (MVI) of hepatocellular carcinoma (HCC). **Methods** 51 patients with HCC who underwent contrast enhanced spectrum CT in arterial phase (AP) and portal venous phase (VP) were enrolled. Tumour CT value and iodine concentration (IC) were measured from spectrum CT images. The slope of spectrum curve, normalized iodine concentration (NIC) and ratio of IC difference between AP and VP (RICAP-VP) were calculated. Tumors were identified as either with or without MVI based on histopathological results. Differences between the two groups were analysed using the t-test or chi-square test, and the diagnostic performance of variables was evaluated using a receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** There were significant differences in IC, NIC and slope in AP and RICAP-VP between the groups with and without MVI (all $P<0.05$). Using 3.245 as the threshold for Slope AP, one could obtain an area-under-curve (AUC) of 0.806 in ROC analysis to differentiate between tumors with and without MVI. AUC was 0.577 with CT value at 70 keV and improved to 0.757 at 40 keV. **Conclusion** Energy spectrum CT provides more quantitative parameters than conventional CT to facilitate the distinction between HCC with and without MVI.

Keywords: Energy Spectrum Imaging; Contrast-enhanced Computed Tomography; Hepatocellular Carcinoma; Microvascular Invasion

肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)占肝脏原发恶性肿瘤的80%以上,居全世界整体癌症相关死亡原因的第四位,在我国HCC的发病率估计高达20/100,000^[1]。目前,根治性切除仍是治疗HCC最有效的方法,但预后和远期效果因患者而异。HCC复发和预后不良的主要原因是门静脉和肿瘤微血管侵犯(microvascular invasion, MVI)^[2]。研究表明, MVI阳性的肿瘤更容易侵入邻近血管和淋巴管,引起早期播散和转移,对预后影响重大^[3]。因此,术前准确评估肿瘤MVI对患者治疗方案的选择和预后判断具有重要意义。许多学者已将肿瘤大小、数目、形态学特征、磁共振成像的DWI/T2不匹配以及增强CT或MRI的影像组学分析等用于HCC的MVI术前评估^[4-6],然而迄今为止,这些术前影像学诊断标准尚未得到广泛认可。

能谱CT的原理是该技术涉及以两种明显不同的能量(最常用的能量水平为80和140kVp)进行扫描,可以提供额外的信息用于成像时的物质分离^[7]。能谱CT提供碘浓度的测量,碘量化比增强值测量更准确;且能谱CT定量参数可以有效弥补传统CT量化的不足^[8]。目前,能谱CT在HCC的研究主要集中在HCC的鉴别诊断、评估其对经导管动脉化疗栓塞术(TACE)的治疗反应及低剂量和低碘浓度成像方面^[8-10],术前评估MVI的研究较少。因此,本研究尝试应用能谱CT定量评估原发性HCC的MVI。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究为回顾性研究,经本单位医学伦理委员会批准(*),免除了患者的知情同意。选取2017年7月至2022年3月期间我院收治的所有进行肝肿瘤切除术并经病理诊断为HCC的189名患者的医学影像及临床资料。对该189名HCC患者按照如下标准进行筛选。

纳入标准为:术前未曾进行靶向治疗及化疗;单发肿瘤;术前1-3周行双能CT增强检查;术后免疫组化及病理结果显示有MVI等。排除标准为:临床或影像学数据缺失;图像质量不合格,无法对肿瘤进行影像学评估;有其他恶性肿瘤病史;术前影像学资料显示并诊断有明显门静脉癌栓形成;HCC有肝内或肝外转移征象。经筛选共收集到符合要求的病例51例。对患者的基本临床信息进行记录如性别、年龄、是否有肝硬化或病毒性肝炎病史、肿瘤位置及大小、甲胎蛋白(alpha-fetoprotein, AFP)高低。

1.2 成像方法 所有患者在 Revolution CT(GE,USA)上使用GSI成像模式进行了平扫和两期对比增强扫描。患者禁食4小时,扫描前5-10分钟口服800-1000mL温水。扫描参数如下:管电压为高(140kVp)低(80kVp)能量瞬时(0.5ms)切换,自动毫安调制,层厚与层间距均5.0mm,矩阵512×512,螺距0.984。非离子型造影剂碘普罗胺(370mgI/mL)(拜耳医药保健)采用高压注射器经肘正中静脉注射,剂量为0.9mL/kg体重,输注速度为4.0-5.0mL/s。在注射造影剂后追注40mL生理盐水。增强扫描采用团注追踪法,ROI放置于选定的腹主动脉层面,触发阈值设定为150HU,对比剂注射3s后开始自动监测,触

【第一作者】李大铭,男,主管技师,主要研究方向:腹部影像。E-mail: 422518840@qq.com

【通讯作者】马小梅,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像。E-mail: mxm2027@126.com

发后15.0~18.0秒进行动脉期(AP)扫描, 动脉期扫描完成后30秒开始扫描门静脉期(VP)。体积CT剂量指数(CTDIvol)为21.8mGy(与我们机构正常体型患者常规对比增强肝脏扫描的21.5mGy剂量相当)。使用滤波反投影法和标准重建内核及双能谱CT特定软件以1.25毫米层厚重建图像, 以生成能量水平为40至140keV的虚拟单能量图像集和将水和碘作为基物质对的物质分离图像。

1.3 图像分析 图像被传输到配备宝石能谱成像(GSI)浏览器软件的GE AW 4.7 工作站进行后处理和分析。在AP和VP两期, 将直径约为肿瘤大小一半的兴趣区(ROI)放置在肿瘤上, 以测量碘基图上的碘浓度(IC)和虚拟单能量图上的CT值(对应于以5keV为间隔从40keV到140keV的光子能量)。复制和粘贴功能用于确保两期之间的测量一致性。为了减少测量变异, 在肿瘤上放置了3次ROI, 并将3次测量的平均值作为最终结果。在相同的成像水平上重复腹主动脉的IC测量, 以生成肿瘤的标准化碘浓度(NIC): $NIC(肿瘤) = IC(肿瘤) / IC(腹主动脉)$ 。计算了AP和VP之间碘浓度差的比率 $RIC_{AP-VP}: RIC_{AP-VP} = (IC_{AP} - IC_{VP}) / IC_{APo}$ 。从40keV到90keV虚拟单能量图像的CT值测量值用于计算能谱曲线的斜率(Slope)(CT值作为虚拟单能量水平的函数): $Slope = (CT_{40keV} - CT_{90keV}) / (90keV - 40keV)$ 。由于能谱CT中的70keV虚拟单能量图像与腹部成像中的常规120kVp图像具有相似的肌肉CT值, 因此我们研究中的70keV虚拟单能量图像用于模拟常规CT扫描的结果以进行比较。

1.4 病理分析 病理分析取材于51例原发性 HCC 患者手术切除的组织。整个过程遵循中国卫生部主编的方案(《原发性肝癌的诊断与治疗》, 2011年版), 包括获取标本的位置和数量。标本处理和病理分析由两名经验丰富的病理科医师进行。标本处理包括甲醛固定、石蜡固定、4mm厚切片和常规HE染色。HE染色后满足以下情况定义为MVI: (1)肝包膜下中央静脉、门静脉分支或小静脉有瘤栓形成; (2)在血管内皮和血管平滑肌处发现肿瘤细胞; (3)血管腔内肿瘤细胞周围有纤维蛋白凝块或红细胞。还评估了组织学等级。病理结果分为高分化肝癌、中分化肝癌和低分化肝癌。

1.5 统计学方法 使用SPSS 22.0软件进行统计分析, 所有测量值均表示为平均值±标准差(mean±SD)。采用独立样本t检验对

MVI(+)组和MVI(-)组之间的 IC、NIC、Slope、 RIC_{AP-VP} 、40keV和70keV虚拟单能量图像的 CT 值等定量参数的差异进行统计分析。采用卡方检验评价两组间定性参数的差异, 如性别、病变位置、肝硬化/病毒性肝炎病史、AFP水平及肿瘤分化程度。P值<0.05被认为具有统计学意义。进行接受者操作特征(ROC)分析以建立阈值并计算ROC曲线的曲线下面积(AUC)值, 以及用于区分有或无微血管侵犯的HCC的敏感性和特异性。

2 结果

2.1 两组临床、常规影像及病理资料分析 本研究共纳入51名原发性HCC患者, 男36 例, 女15例, 年龄27~74岁, 中位年龄55岁。其中29个病灶有微血管侵犯[29/51, 56.9%, MVI(+)](图1), 22个病灶没有微血管侵犯[22/51, 43.1%, MVI(-)](图2)。MVI(+)]组(7.53±3.60)cm的最大径大于MVI(-)]组(4.46±2.57)cm, 差异有统计学意义(P=0.001)。MVI(+)]组的病理结果多为低分化 HCC(21/29), MVI(-)]组的病理结果多为高-中分化HCC(16/22), 差异有统计学意义(P=0.001)。两组患者的年龄、性别、肝硬化/病毒性肝炎病史、AFP水平高低及病变位置之间的差异无统计学意义(P>0.05)(表 1)。

2.2 两组能谱CT定量分析 如表2所示, MVI(+)]组 AP的IC、NIC、Slope以及AP和VP之间的 RIC_{AP-VP} 显著高于MVI(-)]组(P<0.05)。在70keV图像上测量的CT值模拟了传统120kVp成像的能量水平, 在有和没有 MVI 的肿瘤之间没有明显的统计学差异(P>0.05)。然而, 在能量水平从 40 keV 到 60 keV的图像上, 两种类型肿瘤之间的 AP CT 值变得显著不同(P<0.05)。然而, VP 的这些参数在两组之间均没有明显差异(P>0.05)。ROC分析结果列于表3。70keV测量的AP CT值的AUC值为0.577, 而40keV测量的AP CT值则提高到0.757。AP 的能谱CT定量参数IC、NIC、Slope和 RIC_{AP-VP} 都为ROC研究产生了比使用传统(70 keV)CT值测量更高的AUC值(图3)。使用3.245作为AP的Slope的阈值, 可以得到0.806的 AUC 值、65.5%的敏感性和90.9%的特异性用于区分有无MVI的肿瘤。

表1 两组之间的临床、影像学及病理特征比较

参数	分组		t / χ^2 值	P值
	MVI(+)	MVI(-)		
年龄	53.52±10.68	55.82±10.79	0.759	0.452
性别				
男	20/29	16/22		
女	9/29	6/22	0.85	0.770
病变位置				
肝左叶	11/29	7/22		
肝右叶	18/29	15/22	0.205	0.651
最大径(cm)	7.53±3.60	4.46±2.57	3.399	0.001
肝硬化/病毒性肝炎病史				
有	24/29	19/22		
无	5/29	3/22	0.123	0.520
AFP(ng/mL)				
<400	19/29	13/22		
≥400	10/29	9/22	0.221	0.638
分化程度				
低分化	21/29	6/22		
高-中分化	8/29	16/22	10.238	0.001

注: MVI(+): 有微血管侵犯; MVI(-): 无微血管侵犯; AFP: 甲胎蛋白。

表2 两组之间的能谱CT定量参数的比较

参数	分组		t值	P值
	MVI(+)	MVI(-)		
IC AP(mg/mL)	22.85±10.53	14.21±7.33	3.288	0.002
IC VP(mg/mL)	17.49±7.11	15.53±7.78	0.935	0.355
NIC AP	0.17±0.08	0.10±0.06	3.607	0.001
NIC VP	0.40±0.11	0.35±0.17	1.372	0.176
Slope AP	3.65±1.63	1.90±1.05	4.372	0.000
Slope VP	2.55±1.05	2.05±1.03	1.683	0.097
RIC_{AP-VP}	0.16±0.33	-0.23±0.82	2.334	0.024
40 keV CT值 AP(HU)	236.27±87.83	155.70±67.83	3.568	0.001
40 keV CT值 VP(HU)	183.90±58.25	161.42±69.61	1.254	0.216
70 keV CT值 AP(HU)	94.49±24.06	86.54±25.46	1.140	0.260
70 keV CT值 VP(HU)	83.66±19.26	82.70±23.09	0.161	0.873

注: MVI(+): 有微血管侵犯; MVI(-): 无微血管侵犯; AP: 动脉期; VP: 门静脉期;
IC: 碘浓度; NIC: 标准化碘浓度; Slope: 能谱曲线斜率;
 RIC_{AP-VP} : AP 和 VP 之间碘浓度差的比率。

表3 区分两组 HCC 的阈值、敏感性和特异性

参数	阈值	AUC	敏感性	特性性	尤登指数
最大径	5.850	0.763	0.621	0.818	0.439
IC AP	18.39	0.746	0.665	0.773	0.428
NIC AP	0.125	0.774	0.724	0.727	0.451
Slope AP	3.245	0.806	0.655	0.909	0.564
RIC_{AP-VP}	0.095	0.714	0.759	0.682	0.440
40 keV CT值 AP(HU)	160.71	0.757	0.862	0.545	0.408
70 keV CT值 AP(HU)	96.49	0.577	0.483	0.727	0.210

注: HCC: 肝细胞癌; AUC: ROC 曲线下面积值; AP: 动脉期; VP: 门静脉期;
IC: 碘浓度; NIC: 标准化碘浓度; Slope: 能谱曲线斜率;
 RIC_{AP-VP} : AP 和 VP 之间碘浓度差的比率。



图1A-图1E 女, 59岁, 术后病理证实为低分化HCC。图1A (AP 70keV单能量图) 示肝右叶类圆形肿块, 内部不均匀明显强化, 并可见供血动脉; 图1B (AP 40keV单能量图) 示肿瘤强化更明显, 对比度更高; 图1C (VP 70keV单能量图) 示在VP肿瘤强化程度降低; 图1D (VP 40keV单能量图) 示肿瘤对比度更高; 图1E (免疫组化图) 示癌组织侵及血管内皮, 微血管腔内可见癌栓。

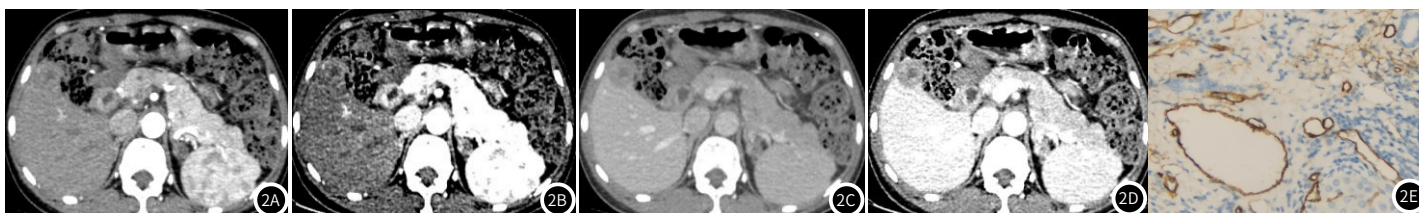


图2A-图2E 女, 47岁, 术后病理证实为高-中分化HCC。图2A (AP 70keV单能量图) 示肝SV段类圆形结节呈轻度强化, 边界不清, 内部可见低密度坏死区; 图2B (AP 40keV单能量图) 示肿瘤强化更明显, 对比度更高; 图2C (VP 70keV单能量图) 示在VP肿瘤持续强化; 图2D (VP 40 keV单能量图) 示肿瘤对比度更高; 图2E (免疫组化图) 示癌组织未侵及微血管。

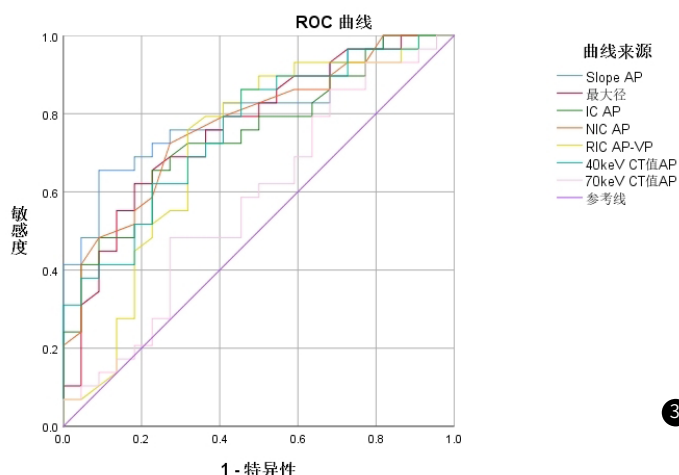


图3 两组之间有统计学差异参数及70 keV CT 值AP的ROC曲线。

3 讨论

肿瘤血管浸润分为大血管浸润或MVI, 是肿瘤浸润性生物学行为的表现, 随着癌细胞的增殖, 诱导周围基质和血管内皮的浸润, 形成微癌栓或癌通过门静脉系统转移, 从而导致较差的临床结果^[11]。Lee等^[12]的研究表明, MVI是早期复发的独立危险因素, 具有MVI的HCC切除后复发转移的风险增加。MVI阳性的HCC患者需要术中较大切缘切除肿瘤或术后辅助栓塞化疗^[13]。因此, 术前预测MVI尤为重要。以往研究报道肿瘤MVI与肿瘤大小、数量、病理类型、病理分期以及生物标志物和基因表达的水平等多种因素相关^[14-17]。本研究结果表明MVI(+)组的最大径明显大于MVI(-)组; 且MVI(+)组的病理结果多为低分化HCC, MVI(-)组则多为高-中分化HCC, 这与以往的研究结果相符。但本研究中两组患者的肝硬化/病毒性肝炎病史、AFP水平高低之间的差异无统计学意义。

影像学特征在评估肿瘤MVI方面也可能具有一定价值, 然而利用能谱CT预测MVI的研究有限^[18-19]。因此, 在本研究中, 我们评估了能谱CT在预测HCC、MVI方面的能力。常规CT有助于发现HCC对大血管的侵犯, 包括肝动脉、肝静脉、门静脉及其分支, 却不能直接观察到MVI。能谱CT多能量成像的引入改变了常规CT只有单一参数: CT值的诊断方式。由于物质在不同光子能级下的吸收系数各不相同, 因此可以利用能谱CT根据吸收曲线更有效地进行区分^[8]。我们的结果表明, MVI(+)组AP的能谱曲线斜率(Slope)显著高于MVI(-)组, 使用3.245作为AP的Slope的阈值, 可以得到0.806的AUC值、65.5%的敏感性和90.9%的特异性用于区分有无MVI的肿瘤。

能谱CT还可生成物质分离图像, 以实现碘、水、脂肪和钙等基物质的浓度测量。碘和水是利用吸收曲线可以分离的主要基物质。作为造影剂的主要成分, 增强CT扫描中的碘浓度可以反映血流, 碘浓度的变化可以用来提示微循环的变化, 而肿瘤微循环的变化与MVI有关^[18]。已有研究^[20]发现肿瘤对营养物质的摄取主要是通过肿瘤血管生成和肿瘤侵入的宿主血管。肿瘤恶性程度越高, 肿瘤血管生成越丰富^[21]。而肿瘤新生血管的内皮细胞结构不完整会导致血管通透性增加, 从而引起碘浓度增加。因此AP IC反映毛细血管密度和毛细血管通透性, VP IC反映对造影剂的清除和滞留。在我们的研究中, MVI(+)组AP的IC、NIC显著高于MVI(-)组, 这与上述病理过程一致。并证实了能谱CT评估HCC的MVI的可行性和准确性。

大多数HCC患者有慢性肝炎、肝硬化病史, 形成过程中经历再生结节、发育不良结节、早期HCC及典型HCC。同时, 上述过程会伴有明显的血流动力学改变。随着病灶恶性程度的增加, 病灶组织内正常动脉血供相较于门静脉血供减少要早, 随后其血供均减少, 而发育不成熟的肿瘤动脉血管增加并以不成熟的肿瘤动脉血管供血为主。同时, 小血管和门静脉分支的侵犯导致大量动脉-门静脉分流形成, 动脉供血逐渐增加^[22]。因此, 分化好的肿瘤细胞可以接受肝动脉、门静脉或双重供血, 随着肿瘤细胞分化程度降低, 病变以肝动脉供血为主^[23]。而能谱CT定量参数RICAP-VP可以通过AP和VP之间IC的变化间接反映肿瘤的强化方式。在我们的研究中, MVI(+)组以低分化HCC为主, AP和VP之间的碘浓度差比率RICAP-VP为 0.16 ± 0.33 , MVI(-)组则以高-中分化HCC为主, RICAP-VP为 -0.23 ± 0.82 , 差异有统计学意义。这与李等^[24]的结果一致, 他们发现低分化HCC以动脉期明显强化、门静脉期强化程度降低为主, 而高分化HCC以动脉期无明显强化、门静脉期肿瘤实质强化为主。

我们的研究结果还表明, 70keV图像的CT值不能给予我们对HCC MVI满意的诊断效果。因常规的120 kVp CT混合能量X线光子在通过普通成年患者的腹部后所具有的平均能量大约为70 keV^[25], 故120 kVp图像的CT值和70 keV单能图像的CT值对HCC的诊断价值近似。我们使用70 keV CT值获得的结果具有参考性, 并且印证了常规120 kVp CT成像对HCC MVI的诊断效果较差这一事实。另一方面, 随着清晰度的增加, 较低keV的图像(即40keV)将ROC分析中的AUC值从70 keV CT值的0.577提高到40 keV CT值的0.757。

(下转第106页)

脉的双重供血逐渐强化延迟期CT值和门静脉期CT值,削弱了动脉期的CT值,而MVI促进肿瘤血管释放血管生成因子,使血管肿瘤新血管血液供应更加多样化^[10]。进一步做ROC曲线分析显示,延迟期CT值、门静脉期CT值、动脉期CT值、肿瘤大小诊断HCC存在MVI的AUC分别为0.708、0.728、0.643、0.705。MSCT参数、IVIM-DWI参数诊断HCC存在MVI的AUC分别为0.809、0.832,均具有较好准确性。为探索最佳诊断HCC存在MVI的有效方式,本研究创新性将IVIM-DWI参数与MSCT参数联合诊断,联合数据AUC分别为0.920,高于单一检查方式诊断。

综上所述,IVIM-DWI、MSCT定性、定量参数均与HCC患者MVI相关,而IVIM-DWI、MSCT诊断MVI均具有一定价值,且联合诊断准确性更高。本研究不足之处为研究为单中心研究,且样本量有限,因此仍有待进一步行大样本研究验证。

参考文献

[1] Piñero F,Dirchwolf M,Pessôa MG.Biomarkers in hepatocellular carcinoma:diagnosis,prognosis and treatment response assessment[J]. Cells,2020,9(6):1370.
[2] Gilles H,Garbutt T,Landrum J.Hepatocellular carcinoma[J].Crit Care Nurs Clin North Am,2022,34(3):289-301.
[3] 王艳巧,陈传杰,张光文.乙型肝炎相关性肝癌患者肝切除术后肿瘤复发的相关因素调查[J].肝脏,2020,25(8):885-888.
[4] Jiang YQ,Cao SE,Cao S,et al.Preoperative identification of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma by XGBoost and deep learning[J].J Cancer Res Clin Oncol,2021,147(3):821-833.

[5] 何旭昶,安文慧,赵海泉,等.肝细胞癌微血管侵犯定义和病理分级标准[J].临床肝胆病杂志,2020,36(5):1181-1184.
[6] Zhou Y,Zheng J,Yang C,et al.Application of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in hepatocellular carcinoma[J].World J Gastroenterol,2022,21(28):3334-3345.
[7] 杜紫雷,李建莉,崔凯凯,等.术前多层螺旋计算机断层扫描对肝细胞肝癌微血管侵犯的评估价值[J].癌症进展,2020,18(8):795-798,814.
[8] 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.
[9] 郭端,邓得峰,吴英,等.肝细胞肝癌的IVIM-DWI多定量参数与病理的相关性研究[J].国际医学放射学杂志,2020,43(2):162-167.
[10] 刘蕾,王哲,赵静,等.多层螺旋计算机断层扫描对肝细胞肝癌微血管侵犯的预测价值[J].癌症进展,2020,18(15):1581-1584.
[11] 中国抗癌协会肝癌专业委员会,中华医学会肝病学会分会肝癌学组,中国抗癌协会病理专业委员会,等.原发性肝癌规范化病理诊断指南(2015年版)[J].中华肝脏病杂志,2015,23(5):321-327.
[12] 胡艳,陆笑非,周铁军,等.3.0TMR扩散加权成像预测肝细胞肝癌分化程度和微血管侵犯的价值[J].实用放射学杂志,2019,35(12):1948-1952.
[13] 李晓凤,庄羽翔,周新杰,等.IVIM-DWI联合Gd-EOB-DTPA增强磁共振对肝细胞癌微血管侵犯的预测价值[J].磁共振成像,2021,12(12):75-78,88.
[14] 陈俊羽,殷江浩,李侠.体素内不相干运动成像在预测肝癌微血管侵犯中的价值[J].放射学实践,2022,37(11):1396-1399.
[15] 刘连凤,苏丹柯,刘军杰,等.术前超声及多层螺旋CT诊断肝癌微血管侵犯的一致性分析[J].实用放射学杂志,2019,35(5):752-755,779.
[16] 胡明哲,胡逸人,潘鹤松,等.IVIM-DWI联合血清AFP,PIVKA-II预测肝细胞癌微血管侵犯价值研究[J].实用放射学杂志,2022,38(9):1469-1472.
[17] 孙晓彤,郑吟诗,隋愿.多层螺旋CT表现与肝癌微血管侵犯的关系[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(12):96-98,114.

(收稿日期:2023-05-10)

(校对编辑:孙晓晴)

(上接第93页)

本研究尚有一些局限性:首先,本研究样本量较小且均为本院病例,未来需要大样本多中心合作进一步验证研究结果;其次,我们的研究是基于特定的HCC患者人群,因此我们不能将结论推广到其他与HCC具有相似增强模式的肝脏病变,未来需要对更多不同的富血供肿瘤病例进行研究,以得出更广泛的结论。

总之,能谱CT相较于常规CT其定量参数更加丰富,可用以提高区分有和没有MVI的HCC。

参考文献

[1] Johnston CJC,Healey AJ.Malignant liver tumours[J].Surgery (Oxford),2020,38(8):480-486.
[2] Li W,Yen Y,Liu Y,et al.Preoperative predictors of early recurrence after resection for hepatocellular carcinoma[J].The American Journal of Surgery,2022,223(5):945-950.
[3] Filardi I,Perales SR,Ataide EC,et al.LI-RADS:analyze of 178 livers nodules,comparing image criteria and pathological findings like macro and microvascular invasion and histological grade[J].Abstract of the 12th World Congress of the International Hepato-Pancreato-Biliary Association,20-23 April 2016,São Paulo,BrazilHPB,2016,18:e561-.
[4] Renzulli M,Brocchi S,Cucchetti A,et al.Can current preoperative imaging be used to detect microvascular invasion of hepatocellular carcinoma[J].Radiology,2016,279(2):432-42.
[5] Yang C,Wang H,Sheng R,et al.Microvascular invasion in hepatocellular carcinoma:is it predictable with a new,preoperative application of diffusion-weighted imaging[J].Clin Imaging,2017,41:101-105.
[6] Ma X,Wei J,Gu D,et al.Preoperative radiomics nomogram for microvascular invasion prediction in hepatocellular carcinoma using contrast-enhanced CT[J].Eur Radiol,2019,29(7):3595-3605.
[7] 张文娟,张国晋,王丹,等.基于能谱CT基物质成像技术的骨密度测量[J].中国医学影像学杂志,2017,25(2):121-124.
[8] Yue X,Jiang Q,Hu X,et al.Quantitative dual-energy CT for evaluating hepatocellular carcinoma after transarterial chemoembolization[J].Sci Rep,2021,11(1):11127.
[9] Mahmoudi S,Bernatz S,Althoff FC,et al.Dual-energy CT based material decomposition to differentiate intrahepatic cholangiocarcinoma from hepatocellular carcinoma[J].Eur J Radiol,2022,156:110556.
[10] 郑应心,李伟,史浩,等.能谱CT最佳单能量成像结合低碘含量对比剂在肝细胞癌诊断中的初步应用[J].临床放射学杂志,2018,37(04):660-665.
[11] Kang I,Kang M,Lee JG,et al.Subclassification of microscopic vascular invasion in hepatocellular carcinoma[J].Ann Surg,2021,274(6):e1170-e1178.
[12] Lee S,Kang TW,Song KD,et al.Effect of microvascular invasion risk on early recurrence of hepatocellular carcinoma after surgery and radiofrequency ablation[J].Ann Surg,2021,273(3):564-571.

[13] Zheng Z,Guan R,Jianxi W,et al.Microvascular invasion in hepatocellular carcinoma:a review of its definition,clinical significance, and comprehensive management[J].J Oncol,2022,2022:9567041.
[14] Zhao H,Hua Y,Lu Z,et al.Prognostic value and preoperative predictors of microvascular invasion in solitary hepatocellular carcinoma <5cm without macrovascular invasion[J].Oncotarget,2017,8(37):61203-61214.
[15] Yamashita YI,Imai K,Yusa T,et al.Microvascular invasion of single small hepatocellular carcinoma <3cm:predictors and optimal treatments[J].Ann Gastroenterol Surg,2018,2(3):197-203.
[16] Iguchi T,Shirabe K,Aishima S,et al.New pathologic stratification of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma:predicting prognosis after living-donor liver transplantation[J].Transplantation,2015,99(6):1236-42.
[17] Zhang H,Zhou Y,Li Y,et al.Predictive value of gamma-glutamyl transpeptidase to lymphocyte count ratio in hepatocellular carcinoma patients with microvascular invasion[J].BMC Cancer,2020,20(1):132.
[18] Lewin M,Laurent-Bellue A,Desterke C,et al.Evaluation of perfusion CT and dual-energy CT for predicting microvascular invasion of hepatocellular carcinoma[J].Abdom Radiol (NY),2022,47(6):2115-2127.
[19] Yang CB,Zhang S,Jia YJ,et al.Dual energy spectral CT imaging for the evaluation of small hepatocellular carcinoma microvascular invasion[J].Eur J Radiol,2017,95:222-227.
[20] Deng L,Tang H,Qiang J,et al.Blood supply of early lung adenocarcinomas in mice and the tumor-supplying vessel relationship:a micro-CT angiography study[J].Cancer Prev Res (Phila),2020,13(12):989-996.
[21] Gunusen I,Ozdemir OY,Gur E,et al.Blood count parameters can be useful in predicting vascular events in microvascular surgery:results of a preliminary study[J].Niger J Clin Pract,2021,24(9):1343-1349.
[22] Semaan S,Vietti Violi N,Lewis S,et al.Hepatocellular carcinoma detection in liver cirrhosis:diagnostic performance of contrast-enhanced CT vs.MRI with extracellular contrast vs.gadoxetic acid[J].Eur Radiol,2020,30(2):1020-1030.
[23] Patchett N,Furlan A,Marsh JW.Decrease in tumor enhancement on contrast-enhanced CT is associated with improved survival in patients with hepatocellular carcinoma treated with Sorafenib[J].Jpn J Clin Oncol,2016,46(9):839-44.
[24] 李建军,胡道予,汤浩,等.肝细胞肝癌CT动脉期强化特点与肿瘤病理分化关系的研究[J].放射学实践,2012,27(1):61-64.
[25] Wellenberg RH,Boomsma MF,van Osch JA,et al.Quantifying metal artefact reduction using virtual monochromatic dual-layer detector spectral CT imaging in unilateral and bilateral total hip prostheses[J].Eur J Radiol,2017,88:61-70.

(收稿日期:2023-03-13)

(校对编辑:姚丽娜)