

能谱CT基物质分离技术在肝硬化与正常肝脏血流定量研究中的应用

任占丽^{1,2}, 雷雨欣¹, 陈晓侠¹, 贾永军¹, 于楠¹, 于勇¹, 郭长义², 贺太平¹, 张喜荣¹

1. 陕西中医药大学附属医院医学影像科, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西中医药大学第二附属医院CT室, 陕西 咸阳 712000

【摘要】目的:探讨能谱CT基物质分离技术在Child-Pugh A级肝硬化与正常肝脏血流动力学定量研究中的应用价值。**方法:**收集临床确诊肝硬化Child-Pugh A级并行上腹部增强CT检查患者30例作为肝硬化组,同时收集肝脏及门静脉增强CT检查无异常患者30例作为正常肝脏组。两组均采用能谱CT扫描并重建70 keV单能量图像、碘基物质分离图像,在70 keV、碘基图像上分别测量动脉期(AP)和门静脉期(PV)肝脏五叶(肝尾状叶、肝左外叶、肝左内叶、肝右前叶、肝右后叶)CT值和碘浓度(IC),计算动脉期碘分数(AIF)和门静脉期碘含量(PVIC)。采用独立样本 t 检验比较两组能谱参数,并运用ROC曲线分析各参数诊断效能。**结果:**肝硬化组动脉期CT值和碘浓度与正常肝脏组无统计学差异($P>0.05$),而门静脉期CT值和碘浓度显著低于正常肝脏组($P<0.05$)。肝硬化组肝脏AIF稍高于正常肝脏组($P>0.05$),而肝脏PVIC均显著低于正常肝脏组($P<0.05$)。以门静脉期肝脏平均碘浓度21.47 mg/mL为阈值评价肝硬化与正常肝脏血流时,ROC曲线下面积(AUC)为0.790,敏感度为77.8%,特异度为83.3%,显著高于肝脏CT值和PVIC。**结论:**能谱CT基物质分离技术可以用来评价肝硬化与正常肝脏血流动力学的改变和差异,为肝硬化的早期诊断提供更多依据。

【关键词】能谱CT;物质分离;肝硬化;血流定量

【中图分类号】R575.2

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)10-1200-07

Application of basis material decomposition technique with energy spectral CT in the quantitative study on blood flows in cirrhotic liver and healthy liver

REN Zhanli^{1,2}, LEI Yuxin¹, CHEN Xiaoxia¹, JIA Yongjun¹, YU Nan¹, YU Yong¹, GUO Changyi², HE Taiping¹, ZHANG Xirong¹

1. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712000, China; 2. CT Room, the Second Affiliated Hospital of Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712000, China

Abstract: Objective To evaluate the application value of basis material decomposition technique with energy spectral CT in the quantitative study of blood flows in Child-Pugh A cirrhotic liver and healthy liver. **Methods** Thirty patients who were diagnosed with Child-Pugh A liver cirrhosis and examined with upper-abdomen enhanced CT were enrolled as liver cirrhosis group, while 30 subjects without any abnormality in the enhanced CT examination of liver and portal vein were selected as healthy liver group. All patients underwent energy spectral CT imaging, and the images of 70 keV monochromatic energy and iodine-based material decomposition were reconstructed. The CT values and iodine concentrations of different liver lobes (caudate lobe, left lateral lobe, left inner lobe, right anterior lobe and right posterior lobe) were measured on 70 keV monochromatic energy and iodine-based material decomposition images in both arterial phase and portal venous phase. The arterial iodine fraction and portal venous iodine concentration (PVIC) of the liver were also calculated. These spectral parameters between two groups were compared with independent sample t test. Finally, receiver operating characteristic curve was used for analyzing the diagnostic performance of each spectral parameter. **Results** The CT values and iodine concentrations of liver cirrhosis group in the arterial phase were similar to those of healthy liver group ($P>0.05$), but the CT values and iodine concentrations of liver cirrhosis group in the portal venous phase were significantly lower than those of healthy liver group ($P<0.05$). Compared with healthy liver group, liver cirrhosis group had slightly higher arterial iodine fractions ($P>0.05$) and significantly lower PVIC ($P<0.05$). The average iodine concentration of liver in the portal venous phase which was 21.47 mg/mL was used as the threshold value to evaluate the blood

【收稿日期】2019-05-07

【基金项目】陕西中医药大学高等教育教学改革研究项目(2017jg06)

【作者简介】任占丽, 硕士研究生, 研究方向: 腹部影像诊断, E-mail: 395654582@qq.com

【通信作者】张喜荣, 主治医师, 研究方向: 腹部影像学, E-mail: 113124329@qq.com

flow between cirrhotic liver and healthy liver, the area under receiver operating characteristic curve was 0.790, with a sensitivity of 77.8% and a specificity of 83.3%, which was significantly higher than the diagnostic performance of CT values and PVIC.

Conclusion The basis material decomposition technique with energy spectral CT can be used to assess the hemodynamic changes and differences between cirrhotic liver and healthy liver, providing more evidence for the early diagnosis of liver cirrhosis.

Keywords: energy spectral CT; material decomposition; liver cirrhosis; blood flow quantification

前言

肝硬化是肝脏最常见的慢性疾病^[1],主要病理学变化为肝细胞的弥漫变性和坏死、肝脏纤维组织增生和弥漫性的肝纤维化、肝脏假小叶与再生结节的形成等^[2]。肝硬化早期临床症状多不明显,随着病变的发展,肝脏组织结构逐渐变形和结构破坏而形成假小叶,同时肝脏血运改建及重新分布,引起肝脏动静脉血液循环异常^[3],造成部分患者静脉曲张出血、肝性脑病等并发症与合并症,从而导致临床预后不佳^[4]。因此,早期肝硬化的发现、临床诊断、较早治疗对于患者的预后尤为重要。多层螺旋CT检查可以显示肝硬化患者肝脏形态、侧支循环以及腹水等继发性改变,但在提供肝脏血流动力学方面仍存在缺陷;CT肝脏灌注成像虽然可以提供肝脏微循环的功能信息,但CT肝脏灌注成像存在覆盖范围有限、运动伪影和高辐射剂量等局限性^[5]。能谱CT成像作为新的成像技术,解除了传统CT成像依赖CT值诊断疾病的限制,能谱CT物质分离技术可以为临床提供单能量图像、多种基物质图(如碘基图、水基图等),且可以对物质含量进行定量测定,碘基图测量的碘浓度可以精确反映组织摄取碘物质的情况^[6],间接反映组织血供和病变血流量^[7-8]。文献报道通过测量肝脏不同增强期相碘浓度值可以间接反映肝硬化情况下肝脏血流的变化^[9]。因此,本研究通过采用能谱CT对肝硬化与正常肝脏的动脉期和门静脉期的肝脏CT值和碘浓度进行测量,并计算肝脏动脉期碘分数(Arterial Iodine Fraction, AIF)和门静脉期碘含量(Portal Venous Iodine Concentration, PVIC),旨在探索能谱CT多参数成像评估肝硬化与正常肝脏双重血流定量研究中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 研究对象

收集陕西中医药大学附属医院2018年1月至3月经临床诊断为肝硬化Child-Pugh A级,且肝脏穿刺活检病理证实为肝硬化患者,同时进行上腹部能谱CT平扫加三期增强检查未见明确肝脏病变及门静脉血管病变患者为研究组(肝硬化组);同时收集能谱

CT平扫及三期增强检查肝脏及门静脉正常者为对照组(正常肝脏组)。纳入者年龄 ≥ 18 岁,自愿参与本研究,临床病情需要行腹部能谱增强检查者;排除肝脏器质性疾病、脂肪肝、门静脉先天异常及血管病变等。最终纳入研究60例,肝硬化组30例,男性17例,女性13例,年龄43~78岁,平均年龄(63.50 ± 10.15)岁;正常肝脏组30例,男性15例,女性15例,年龄46~77岁,平均年龄(59.90 ± 12.52)岁。所有研究者在进行能谱CT检查前均签署知情同意书,且检查均在医院伦理委员会监督下进行。

1.2 扫描方法

设备选用陕西中医药大学附属医院GE Discovery 750 HD宝石能谱CT成像机。检查前去除扫描野内金属物品,患者采用双足先进体位,平躺仰卧于检查床,双手上举并交叉抱头,甲状腺及盆腔生殖器进行放射防护,并对患者进行呼吸配合训练。造影剂选取非离子型对比剂碘海醇(350 mgI/mL),采用德国Ulrich高压注射器,通过18-22号静脉留置针经肘正中静脉注入,对比剂用量 0.8 mL/kg ,对比剂流速 4.0 mL/s 。采用能谱CT三期增强扫描协议,扫描范围自膈顶上方1 cm至肝脾下缘下方1 cm,动脉期(Arterial Phase, AP)采用固定阈值触发技术,在膈顶下方1 cm层面腹主动脉管腔内放置感兴趣区域(Region of Interest, ROI),当腹主动脉管腔内CT值达200 HU时触发扫描,动脉期扫描结束后分别延迟30、120 s行门静脉期(Venous Phase, VP)、延迟期扫描,扫描层厚5 mm,层间距5 mm。

1.3 数据测量

扫描完成后将动脉期、门静脉期原始数据分别重建70 keV单能量图像,重建层厚1.25 mm,层间距1.25 mm。将所有重建图像传送至AW4.6工作站用于数据测量,采用GSI分析软件自动生成碘基物质分离图像,选取肝门层面且同时显示肝尾状叶、肝左外叶、肝左内叶、肝右前叶、肝右后叶的层面,在动脉期、门静脉期肝脏五叶分别放置3个直径约10 mm的ROI,ROI的放置避开肝脏内强化血管,分别记录每个ROI的碘基值(Iodine Concentration, IC),取肝脏各叶3个ROI的平均值为每个肝叶的碘浓度(图1和图2),根据肝脏各叶碘基值计算肝脏各叶动脉期碘分

数(Arterial Iodine Fraction, AIF)和门静脉期碘含量(Portal Venous Iodine Concentration, PVIC),其中AIF定义为肝脏动脉期碘浓度与门静脉期碘浓度的比值($AIF=IC_{AP}/IC_{VP}$),PVIC定义为门静脉期碘浓度与动脉期碘浓度之差($PVIC=IC_{VP}-IC_{AP}$)。根据肝脏各叶碘基值分别计算肝左叶、肝右叶、肝脏平均以及肝脏总碘浓度,其中肝左外叶与肝左内叶碘基值的平均值为肝左叶碘浓度,肝右前叶与肝右后叶碘基值的平均值为肝右叶碘浓度,肝脏五叶碘基值的平均值为

肝脏平均碘浓度,肝脏五叶碘基值的总和为肝脏总碘浓度;同时根据肝脏各叶AIF和PVIC计算肝左叶、肝右叶、肝脏平均以及肝脏总AIF和PVIC,其中肝左外叶与肝左内叶AIF和PVIC的平均值为肝左叶AIF和PVIC,肝右前叶与肝右后叶AIF和PVIC的平均值为肝右叶AIF和PVIC,肝脏五叶AIF和PVIC的平均值为肝脏平均AIF和PVIC,肝脏五叶AIF和PVIC的总和为肝脏总AIF和PVIC。

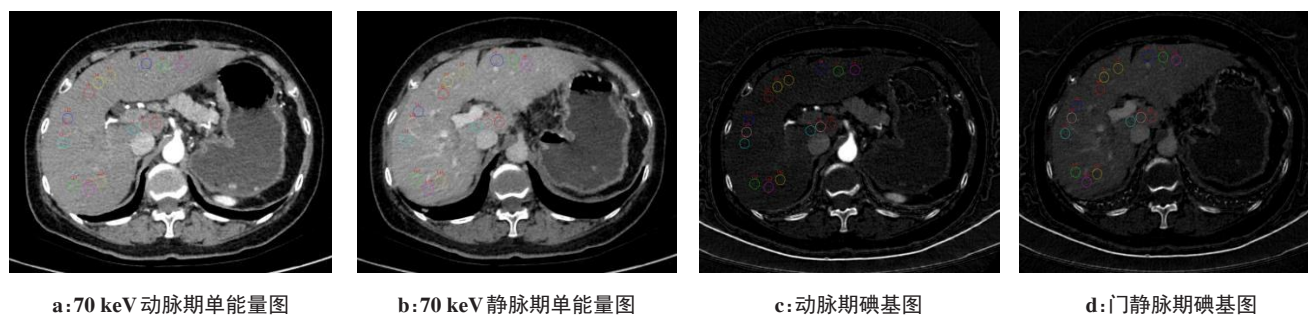


图1 正常肝脏单能量图像和碘基图

Fig.1 Monochromatic energy image and iodine-based material decomposition image of healthy liver

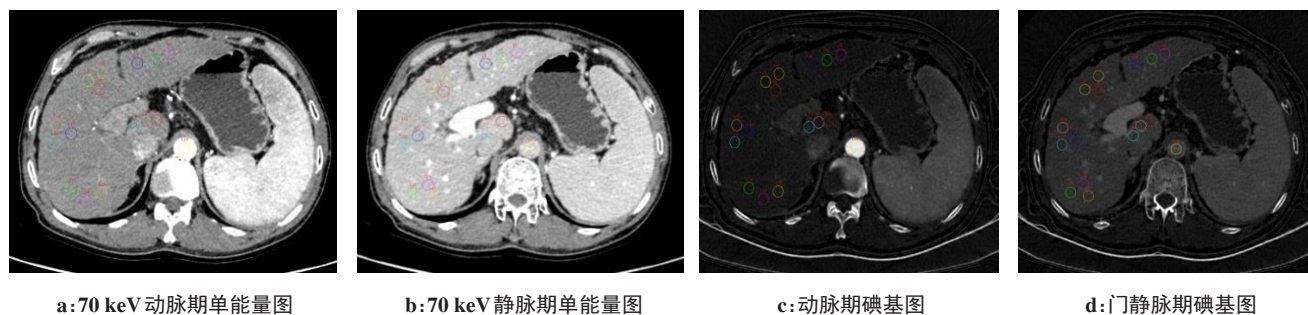


图2 肝硬化单能量图像和碘基图

Fig.2 Monochromatic energy image and iodine-based material decomposition image of cirrhotic liver

1.4 统计学方法

采用SPSS 22.0统计学分析软件,参数用均数±标准差表示。两组患者性别差异采用 χ^2 检验,肝脏各叶CT值、碘浓度、AIF、PVIC间的差异采用独立样本 t 检验, $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。绘制ROC曲线,计算曲线下面积(AUC),分析各能谱参数诊断效能。

2 结果

两组患者一般资料(性别、年龄、身高、体质量、BMI)间差异无统计学意义($P>0.05$)(表1)。肝硬化组肝脏各叶动脉期CT值和碘浓度与正常肝脏组无统计学差异($P>0.05$),而肝硬化组门静脉期肝脏各叶CT值和碘浓度显著低于正常肝脏组($P<0.05$)。肝硬化组动脉期

平均CT值和总CT值稍低于正常肝脏组,而肝硬化组动脉期平均碘浓度和总碘浓度稍高于正常肝脏组,但差异均无统计学意义($P>0.05$);肝硬化组门静脉期平均CT值、总CT值、平均碘浓度、总碘浓度均显著低于正常肝脏组($P<0.05$)(表2和表3)。肝硬化组肝脏各叶AIF、平均AIF和总AIF稍高于正常肝脏组($P>0.05$),而肝硬化组肝脏各叶PVIC、平均PVIC和总PVIC均显著低于正常肝脏组($P<0.05$)(表4)。肝脏门静脉期CT值、碘浓度和PVIC的ROC曲线分析,以门静脉期肝脏平均碘浓度21.47 mg/mL为阈值评价肝硬化与正常肝脏时,ROC曲线AUC为0.790,敏感度为77.8%,特异度为83.3%,显著高于肝脏CT值和PVIC。肝脏平均PVIC取18.38 mg/mL为阈值时,ROC曲线AUC为0.722,特异度达100%,但敏感度仅为38.9%(表5,图3)。

表1 两组患者基本资料
Tab.1 General information in two groups of patients

参数	肝硬化组	正常肝脏组	统计量	P值
性别(男/女)	17/13	15/15	0.184 ^a	>0.05
年龄/岁	64.50±10.18	59.94±12.82	1.537 ^b	>0.05
体质量/kg	57.02±11.48	56.06±7.39	0.497 ^b	>0.05
身高/cm	168.56±9.66	166.78±6.86	0.131 ^b	>0.05
体质量指数/kg·m ⁻²	20.50±3.46	20.28±3.33	0.315 ^b	>0.05

a表示 χ^2 值;b表示t值

3 讨论

肝脏是由肝动脉系统及门静脉系统双重供血的腹部脏器^[10],其中约25%的入肝血流由肝动脉供血,75%的肝脏血流由门静脉供血,且在肝动脉系统与门静脉系统间存在许多血管交通支^[11]。因此肝动脉血流和门静脉血流的定量测量有助于临床进行肝硬化患者病情评估以及为预后提供肝脏血流动力学的重要信息。能谱CT是在一次成像扫描中采用瞬时管电压切换技术(80 kV与140 kV切换),产生40 keV至

表2 动脉期与静脉期肝脏各叶CT值的比较
Tab.2 Comparison of CT values of different liver lobes in arterial phase and portal venous phase

参数	动脉期CT值/HU				静脉期CT值/HU			
	肝硬化组	正常肝脏组	t值	P值	肝硬化组	正常肝脏组	t值	P值
肝尾状叶	70.14±6.47	72.11±7.21	-0.862	>0.05	113.02±15.58	129.79±18.84	-2.900	<0.05
肝左外叶	67.29±9.98	69.48±6.71	-0.772	>0.05	111.92±13.39	124.87±14.65	-2.769	<0.05
肝左内叶	69.33±6.66	67.19±8.23	-0.855	>0.05	112.78±14.75	130.58±15.55	-3.523	<0.05
肝右前叶	69.81±9.05	69.78±5.59	0.012	>0.05	114.75±12.45	131.08±16.10	-3.403	<0.05
肝右后叶	69.52±9.30	69.30±7.67	0.078	>0.05	112.54±12.62	128.31±19.02	-2.929	<0.05
肝左叶	67.24±8.67	69.41±6.32	-0.854	>0.05	112.35±13.41	127.73±14.34	-3.323	<0.05
肝右叶	69.67±8.76	69.54±6.51	0.049	>0.05	113.65±12.28	129.69±17.31	-3.207	<0.05
肝脏平均CT值	68.46±8.08	69.47±5.91	-0.431	>0.05	113.00±12.59	128.71±15.33	-3.360	<0.05
肝脏总CT值	343.96±37.48	350.00±29.87	-0.534	>0.05	565.02±64.22	644.63±78.25	-3.337	<0.05

表3 动脉期与静脉期肝脏各叶碘浓度的比较
Tab.3 Comparison of iodine concentrations of different liver lobes in arterial phase and portal venous phase

参数	动脉期碘浓度(IC _{AP})				门静脉期碘浓度(IC _{VP})			
	肝硬化组	正常肝脏组	t值	P值	肝硬化组	正常肝脏组	t值	P值
肝尾状叶	9.66±2.72	9.64±2.44	0.031	>0.05	22.15±4.44	25.99±4.57	-2.564	<0.05
肝左外叶	5.77±2.52	6.18±1.89	-0.555	>0.05	19.08±3.93	21.98±3.43	-2.363	<0.05
肝左内叶	5.72±2.07	5.67±1.83	0.080	>0.05	19.39±3.65	23.14±4.02	-2.928	<0.05
肝右前叶	6.17±2.24	5.57±2.05	0.837	>0.05	19.65±3.53	23.34±3.81	-3.014	<0.05
肝右后叶	6.41±2.50	5.98±2.14	0.557	>0.05	19.56±3.08	22.81±4.93	-2.372	<0.05
肝左叶	5.75±2.24	5.93±1.80	-0.266	>0.05	19.23±3.67	22.56±3.56	-2.759	<0.05
肝右叶	6.29±2.26	5.78±2.05	0.718	>0.05	19.61±3.19	23.08±4.29	-2.752	<0.05
肝脏平均碘浓度	6.02±2.12	5.85±1.79	0.256	>0.05	19.42±3.28	22.82±3.83	-2.859	<0.05
肝脏总碘浓度	33.74±10.84	33.04±9.28	0.208	>0.05	99.83±16.65	117.27±19.45	-2.890	<0.05

140 keV的单能量图像和基物质分离图像,在碘基图像上测量肝脏各叶碘浓度可以用来评估肝硬化患者肝实质对碘物质的摄取,而碘物质作为对比剂的主要成分,经由血管注入体内并随着血液循环进入肝

脏,从而通过对肝硬化患者肝脏碘浓度的测量来反映肝脏血流的变化^[12]。肝动脉期碘浓度反映肝动脉供血,门静脉期碘浓度反映肝动脉及门静脉的双重血供,肝脏AIF则反映肝动脉血供在肝脏总血流中所

表4 AIF与PVIC的比较

Tab.4 Comparison of arterial iodine fraction and portal venous iodine concentration

参数	动脉期碘分数(AIF)/%				门静脉期碘含量(PVIC)/mgI·mL ⁻¹			
	肝硬化组	正常肝脏	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	肝硬化组	正常肝脏	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
肝尾状叶	45.03±14.47	38.10±11.05	1.614	>0.05	12.48±4.63	16.36±5.10	-2.386	<0.05
肝左外叶	31.71±15.11	28.71±9.24	0.717	>0.05	13.30±4.47	16.80±3.80	-1.803	<0.05
肝左内叶	30.58±12.60	25.22±9.12	1.463	>0.05	13.67±3.97	17.47±4.41	-2.717	<0.05
肝右前叶	32.60±14.44	24.52±9.85	1.961	>0.05	13.48±3.89	17.77±4.34	-3.121	<0.05
肝右后叶	33.53±14.91	27.14±10.68	1.479	>0.05	13.15±3.78	16.84±5.07	-2.473	<0.05
肝左叶	31.08±13.47	26.92±8.92	1.090	>0.05	13.49±4.08	16.63±4.01	-2.333	<0.05
肝右叶	33.03±14.12	25.79±10.09	1.770	>0.05	13.32±3.70	17.30±4.63	-2.851	<0.05
肝脏平均值	32.06±13.49	26.38±9.06	1.482	>0.05	13.40±3.77	16.97±4.23	-2.672	<0.05
肝脏总和值	235.56±13.36	196.40±9.19	1.546	>0.05	66.09±18.92	84.23±21.49	-2.688	<0.05

表5 门静脉期CT值和碘浓度、PVIC在Child-Pugh A级肝硬化与正常肝脏的诊断效能

Tab.5 Diagnostic performance of the CT value and iodine concentration in portal venous phase and PVIC in Child-Pugh A cirrhotic liver and healthy liver

参数	阈值	曲线下面积(AUC)	敏感度/%	特异度/%	约登指数(YI)
静脉期平均碘浓度/mg·mL ⁻¹	21.47	0.790	77.8	83.3	0.611
静脉期总碘浓度/mg·mL ⁻¹	118.89	0.775	77.8	72.2	0.500
静脉期平均CT值/HU	125.63	0.765	72.2	83.3	0.555
静脉期总CT值/HU	605.30	0.738	55.6	88.9	0.445
平均门静脉期碘含量/mg·mL ⁻¹	18.38	0.722	38.9	100.0	0.389
总门静脉期碘含量/mg·mL ⁻¹	85.50	0.719	50.0	88.9	0.389

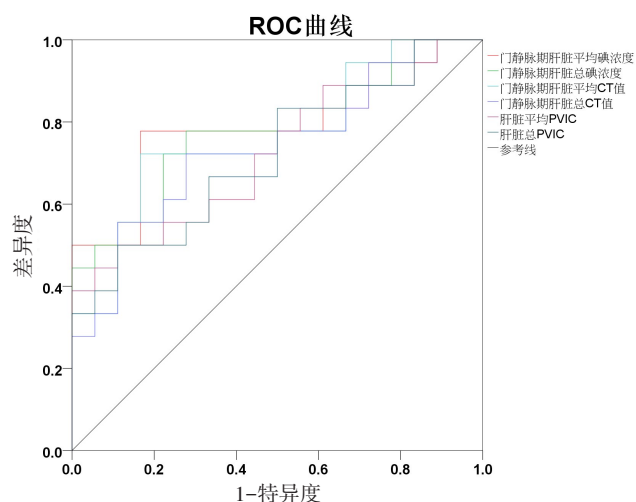


图3 肝硬化与正常肝脏碘浓度、CT值和PVIC的ROC曲线

Fig.3 Receiver operating characteristic (ROC) curves of iodine concentration, CT value and PVIC in cirrhotic liver and healthy liver

占的比例,而PVIC反映的是肝脏门静脉的供血量^[13-14]。

在本研究中,通过比较动脉期及门静脉期肝脏CT值和碘浓度,研究结果发现肝脏动脉期的CT值和碘浓度在肝硬化组与正常肝脏间无统计学差异($P>0.05$),而肝硬化门静脉期的CT值和碘浓度显著低于正常肝脏($P<0.05$),这可能与门静脉供血约占正常肝脏血供比例的75%,而肝硬化时肝窦结构的纤维化破坏和肝星状细胞收缩力的动态变化以及假小叶与再生结节的形成,导致肝内门静脉发生变形和扭曲,门静脉供血回流发生障碍并产生门静脉高压,门静脉向肝脏供血明显减少,而肝脏所具有的自身调节作用可以使肝动脉供血代偿性增加,引起肝脏血运改建及重新分布,在CT图像上引起CT值降低和能谱碘基图上产生门静脉期的碘浓度明显下降,而动脉期CT值和碘浓度增加不显著^[15-17]。AIF反映肝动脉供血占肝脏血供的比例,PVIC反映肝脏的门静脉供血量,本研究中肝硬化AIF稍高于正常肝脏($P>0.05$),而肝硬化PVIC显著低于正常肝脏($P<0.05$),表明随着肝硬

化病情的逐渐进展,肝实质的供血比例中动脉供血增加和门静脉供血减少,从而出现肝硬化患者AIF高于正常肝脏和PVIC低于正常肝脏^[18]。

文献[19]报道肝动脉和门静脉在肝左叶和肝右叶的解剖结构存在微小差异,肝左动脉较肝右动脉粗短而产生肝左叶动脉供血高于肝右叶,门静脉右支较门静脉左支粗短而产生肝右叶的门静脉供血高于肝左叶。因此本研究与以往研究^[20]采用单一的肝左叶或肝右叶、或者肝左叶及肝右叶联合肝尾状叶的研究相比,本研究在肝脏实质内选取更多的ROI进行测量,对肝脏五叶、左半肝(肝左叶)及右半肝(肝右叶)、肝脏平均CT值和碘浓度、肝脏总CT值和碘浓度、AIF、PVIC均进行详细研究,对全肝的血流定量进行全面评估,可以减小甚至排除血管解剖特点对肝脏血流定量的影响。本研究结果中肝脏尾状叶门ICVP、PVIC在肝硬化与正常肝脏间存在差异。而丁贺宇等^[21]对肝硬化血流动力学的研究中发现肝尾状叶ICVP、AIF和PVIC在肝硬化与正常肝脏间不存在统计学差异,这结果与本研究存在不同之处,可能与尾状叶独特的血供有关,正常尾状叶同时接受左右半肝的动脉供血和静脉供血,肝硬化时肝动脉与门静脉供血比例发生变化,从而引起尾状叶的血供比例失调。

本研究对肝硬化与正常肝脏门静脉期CT值、碘浓度和PVIC的ROC曲线分析显示,以门静脉期肝脏平均碘浓度21.47 mg/mL为阈值评价肝硬化与正常肝脏时,ROC曲线AUC为0.790,敏感度为77.8%,特异度为83.3%,显著高于肝脏CT值和PVIC,这表明门静脉期肝脏平均碘浓度在肝脏血流定量评价中具有较高的诊断效能,在评价Child-Pugh A级肝硬化与正常肝脏血流定量中具有重要的价值。

本研究仍存在一些局限性:首先,临床肝硬化穿刺活检患者较少,故研究样本量较小;其次,本研究以Child-Pugh A级肝硬化为主,未涉及Child-Pugh B级和Child-Pugh C级肝硬化病例;最后,动脉期及门静脉期碘基值的测量受扫描触发时间、肝动脉及门静脉解剖结构和患者自身血液循环状态的影响。因此在今后的临床工作和研究中,有待进一步扩大研究病例数来完善研究,将Child-Pugh B级和Child-Pugh C级肝硬化病例均纳入研究,同时寻求更加完善的上腹部CT成像方案来减少因扫描操作对研究结果产生的影响,从而获得肝硬化患者更加精确的血流动力学改变情况。

能谱CT基物质分离技术可以产生多组单能量图像和基物质图像,不仅可以为临床提供肝硬化的

解剖和形态学信息,而且在碘基物质图像上准确测量的碘浓度以及AIF、PVIC均是反映和评价肝硬化血流动力学变化的定量指标,可以帮助临床对肝硬化做出早期诊断和及时的干预治疗,提升肝硬化患者的预后,并对肝硬化的血流改变进行动态监测和评估。

【参考文献】

- [1] KONDO T, MARUYAMA H, SEKIMOTO T, et al. Impact of portal hemodynamics on doppler ultrasonography for predicting decompensation and long-term outcomes in patients with cirrhosis[J]. Scand J Gastroenterol, 2016, 51(2): 236-244.
- [2] ANTIL N, SUREKA B, MITTAL M K, et al. Hepatic venous waveform, splenoportal and damping index in liver cirrhosis: correlation with Child Pugh's score and oesophageal varices[J]. J Clin Diagn Res, 2016, 10(2): TC01-TC05.
- [3] SAKAIDA I, KAWAZOE S, KAJIMURA K, et al. Tolvaptan for improvement of hepatic edema: a phase 3, multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. Hepatol Res, 2014, 44(1): 73-82.
- [4] TSAI M C, YANG T W, WANG C C, et al. Favorable clinical outcome of nonalcoholic liver cirrhosis patients with coronary artery disease: a population-based study[J]. World J Gastroenterol, 2018, 24(31): 3547-3555.
- [5] KIM S H, KAMAYA A, WILLMANN J K. CT perfusion of the liver: principles and applications in oncology[J]. Radiology, 2014, 272(2): 322-344.
- [6] AGOSTINI A, MAHMOOD U, ERDI Y, et al. Quantification of iodine concentration using single-source dual-energy computed tomography in a calf liver[J]. J Comput Assist Tomogr, 2018, 42(2): 222-229.
- [7] DUAN X, ARBIQUE G, GUILD J, et al. Technical note: quantitative accuracy evaluation for spectral images from a detector-based spectral CT scanner using an iodine phantom[J]. Med Phys, 2018, 45(5): 2048-2053.
- [8] LIU G F, LI M Y, LI G S, et al. Assessing the blood supply status of the focal ground-glass opacity in lungs using spectral computed tomography[J]. Korean J Radiol, 2018, 19(1): 130-138.
- [9] 唐润辉, 王成林, 邓乾华, 等. 双能CT碘定量法评价肝硬化血流动力学改变与肝功能储备CTP评分相关性[J]. 中国CT和MRI杂志, 2015, 13(3): 52-55.
- [10] TANG R H, WANG C L, DENG Q H, et al. The evaluation of hemodynamic in liver cirrhosis and the correlation with CTP score for liver reserve function by iodometry function of dual-energy CT[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2015, 13(3): 52-55.
- [11] 丁金立, 李宏军, 张岩岩, 等. 肝脏血供的血流动力学研究现状与进展[J]. 磁共振成像, 2014, 5(5): 391-395.
- [12] DING J L, LI H J, ZHANG Y Y, et al. Current research and progress of hemodynamics on hepatic blood supply[J]. Chinese Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2014, 5(5): 391-395.
- [13] 阙杨杨, 任克, 谢召勇, 等. 正常肝脏、胰腺、脾脏双源CT碘含量测量的初探[J]. 放射学实践, 2015, 30(4): 308-312.
- [14] KAN Y Y, REN K, XIE Z Y, et al. Determination of iodine content in normal liver, pancreas and spleen using dual energy CT: a preliminary study[J]. Radiologic Practice, 2015, 30(4): 308-312.
- [15] LÜ P, LIN X, GAO J, et al. Spectral CT: preliminary studies in the liver cirrhosis[J]. Korean J Radiol, 2012, 13(4): 434-442.
- [16] 任占丽, 贺太平, 任成龙, 等. 能谱CT成像对肝硬化不同肝叶血流

- 动力学的对比研究[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(4): 550-553.
- REN Z L, HE T P, REN C L, et al. Comparative study of spectral CT on the hemodynamic changes of different liver lobes in cirrhotic liver [J]. Journal of Practical Radiology, 2017, 33(4): 550-553.
- [14] 石桥, 谢婷婷, 袁知东, 等. 双能量CT碘定量参数评估肝硬化患者肝脏血流灌注分布及肝功能的临床价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(7): 734-738.
- SHI Q, XIE T T, YUAN Z D, et al. The clinical value of dual-energy CT-based iodine quantification parameters in the evaluation of hemodynamics and liver function in patients with cirrhosis [J]. Radiologic Practice, 2017, 32(7): 734-738.
- [15] ZARDI E M, MATTEO F M, PACELLA C M, et al. Invasive and non-invasive techniques for detecting portal hypertension and predicting variceal bleeding in cirrhosis: a review [J]. Ann Med, 2014, 46(1): 8-17.
- [16] MIYAZAKI S, MURASE K, YOSHIKAWA T, et al. A quantitative method for estimating hepatic blood flow using a dual-input single-compartment model[J]. Br J Radiol, 2008, 81(970): 790-800.
- [17] 王芳, 沈加林, 华静, 等. 能谱CT在预测肝硬化门脉高压食管静脉曲张出血风险的应用[J]. 放射学实践, 2015, 30(7): 763-767.
- WANG F, SHEN J L, HUA J, et al. A study of applications of spectral CT in predicting the risk of variceal bleeding of liver cirrhosis with portal hypertension[J]. Radiologic Practice, 2015, 30(7): 763-767.
- [18] ZHAO L, HE W, YAN B, et al. The evaluation of haemodynamics in cirrhotic patients with spectral CT[J]. Br J Radiol, 2013, 86(1028): 20130228.
- [19] 李敏达, 顾红梅, 周国锋, 等. 正常肝脏血流分布的CT灌注成像研究[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(8): 1266-1268.
- LI M D, GU H M, ZHOU G F, et al. A study of CT perfusion imaging in blood distribution of normal live[J]. Journal of Practical Radiology, 2013, 29(8): 1266-1268.
- [20] 江帆, 邓克学, 赵娜, 等. 能谱CT成像应用于肝硬化Child-Pugh分级[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2015, 21(1): 48-52.
- JIANG F, DENG K X, ZHAO N, et al. Child-Pugh grading in cirrhosis patients with spectral CT[J]. Chinese Computed Medical Imaging, 2015, 21(1): 48-52.
- [21] 丁贺宇, 王成林, 黎永滨, 等. 肝硬化与正常肝脏双重血流量定量对比研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2013, 11(6): 52-55.
- DING H Y, WANG C L, LI Y B, et al. Quantitative contrast of dual-perfusion characteristic between liver cirrhosis and healthy liver[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2013, 11(6): 52-55.

(编辑:陈丽霞)