

CT 能谱成像在肝细胞肝癌与肝血管瘤鉴别诊断中的价值

李卫侠, 林晓珠, 张静, 陈克敏, 柴维敏, 严福华

【摘要】 目的:分析 CT 能谱成像相关参数在肝细胞肝癌(HCC)与肝血管瘤(HH)中的差异,探讨 CT 能谱成像在 HCC 与 HH 鉴别诊断中的价值。**方法:**31 例 HCC 患者和 13 例 HH 患者(17 个病灶)均行能谱 CT 扫描,获得动脉期和门静脉期的能谱系列图像。分别测量病灶在动脉期和门静脉期从 40~140 keV 每隔 10 keV 的单能量平均 CT 值、标准差(SD,即病灶的不均质性)、碘浓度(IC_{pp})及水浓度值(WC_{ap},WC_{pp}),并计算病灶能谱曲线的斜率(S_{ap},S_{pp})、动脉期标准化碘浓度(NIC)、病灶碘摄取比值(IUR_{pp})及碘浓度比(ICR)。**结果:**动脉期 40~140 keV 能量段、门脉期 40~90 keV 能量段 HH 组的各单能量平均 CT 值均显著低于 HCC,差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),门脉期 40~100 keV 能量段 HH 与 HCC 间的 SD 值差异有统计学差异,且两者间 IUR_{ap}、IUR_{pp}、S_{ap}、S_{pp}、NIC_{ap}、IC_{ap}、IC_{pp} 及 ICR 的差异均具有统计学意义(P 值均 <0.05)。鉴别 HCC 与 HH 的最佳能谱定量参数为动脉期 50 keV 的平均 CT 值,阈值为 106.87 HU,ROC 曲线下面积为 0.898,鉴别诊断两者的敏感度和特异度分别为 90.3%和 82.4%;其次为 ICR,阈值为 0.61,ROC 曲线下面积为 0.890,鉴别诊断两者的敏感度和特异度分别为 87.1%和 82.4%。**结论:**CT 能谱成像多参数分析有助于 HCC 与 HH 的鉴别诊断,尤其是动脉期 50keV 的平均 CT 值和 ICR 在两者的鉴别诊断中具有较高的应用价值。

【关键词】 肝肿瘤;肝细胞肝癌;血管瘤;体层摄影术,X 线计算机;CT 能谱成像;能谱曲线

【中图分类号】 R735.7;R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)09-0882-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.09.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study of CT spectral imaging in the differentiation of hepatocellular carcinoma and hepatic hemangioma

LI Wei-xia, LIN Xiao-zhu, ZHANG Jing, et al. Department of Radiology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

【Abstract】 Objective: To study the value of CT spectral imaging in the differentiation of hepatocellular carcinoma (HCC) and hepatic hemangioma (HH) by analyzing the related difference of parameters. **Methods:** A total of 44 patients with space occupying lesion of liver including HCC ($n=31$) and HH ($n=14$) were recruited. All underwent spectral CT scanning to obtain a series of spectral images of arterial phase (AP) and portal vein phase (PP). From 40~140keV in AP and PP, the mean CT values of single energy, Iodine concentration (IC_{pp}), water concentration (WC_{ap}, WC_{pp}) of the lesions at every 10keV were measured, and the slope of spectral curves (S_{ap}, S_{pp}) standardized Iodine concentration in arterial phase (NIC), lesion Iodine uptake ratio (IUR_{pp}) and Iodine concentration ratio (ICR) were calculated. **Results:** The mean CT values of HH group from 40~140kev in AP and from 40~90kev in PP were significantly lower than that of HCC group, with statistic difference (all $P<0.05$). There were statistically significant differences in SD at energy levels from 40 to 100keV during PP between HCC and HH group. There were significant differences in IUR_{ap}, IUR_{pp}, S_{ap}, S_{pp}, NIC_{ap}, IC_{ap}, IC_{pp} and ICR between HCC and HH group (all $P<0.05$). The best spectral parameter in differentiating HCC and HH was the mean CT values in AP on 50keV, with the cutoff value as 106.87HU, area under the ROC curves (0.898), the sensitivity and specificity was 90.3% and 82.4% respectively. Then, the next was ICR, with the cutoff value as 0.61, area under ROC 0.890, and the sensitivity and specificity in differential diagnosis was 87.1% and 82.4% respectively. **Conclusion:** Multi-param-

作者单位:200025 上海,上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科(李卫侠、柴维敏、严福华),核医学科(林晓珠);201801 上海,上海交通大学医学院附属瑞金医院北院放射科(张静、陈克敏)

作者简介:李卫侠(1982-),女,河南人,博士,主治医师,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者:严福华, E-mail: yfh11655@rjh.com.cn

基金项目:国家自然科学基金青年项目(NSFC 编号为 81401406)

ter analysis of CT spectral imaging, especially the mean CT value at 50keV in AP and ICR, could be helpful in the differential diagnosis of HCC from HH.

【Key words】 Liver neoplasms; Hepatocellular carcinoma; Hepatic hemangioma; Tomography, X-ray computed; CT spectral imaging; Spectral curve

肝细胞肝癌(Hepatocellular carcinoma, HCC)和肝血管瘤(Hepatic Hemangioma, HH)是肝脏常见的富血供病变,其中 HCC 是最常见的肝脏恶性肿瘤,在肿瘤致死率上全球排名第三,早期发现和手术切除是 HCC 的主要治疗方法;而 HH 则是最常见的肝脏良性肿瘤,仅需随访复查,不需行外科手术治疗。传统 CT 检查主要依靠病变的影像特征,包括病灶形态、边缘、密度、增强后病灶强化方式等进行鉴别诊断^[1-4]。80%~90%的 HCC 发生于肝硬化患者,表现为典型“快进快出”的强化方式^[5-7],但也有部分 HCC 由于分化好表现为动脉期明显均匀强化^[8-10],部分肿瘤内含 有较丰富的纤维组织或脂肪变性等原因表现为不均匀强化^[11-15];而非典型的 HH 可能动脉期强化不明显,或在动脉期即出现明显均匀强化^[16-19]。目前的影像检查对非典型 HCC 与 HH 的鉴别诊断仍有一定困难,而肿瘤早期准确的定性诊断和治疗方案的合理制定是影响预后的主要因素,对指导临床具有重要价值。本研究应用能谱 CT 增强扫描成像,比较 HCC 与 HH 的多个能谱定量参数的差异,旨在探讨其在鉴别 HCC 与 HH 中的应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

2010 年 1 月—2016 年 8 月间,我院共 486 例患者因肝脏原发或继发性肝占位行腹部能谱 CT 增强扫描,病例排除标准:①无病理证实为 HCC 或 HH;②已证实为 HCC,但经过经导管动脉化疗栓塞术(Transcatheter arterial chemoembolization, TACE)或射频消融治疗者;③证实为 HCC 手术切除或肝移植后复发患者。442 例患者被排除,最后共 44 例患者纳入本研究,其中 HCC 患者 31 例,均经手术切除病理证实,根据 Edmondson-Steiner 分级分别为 HCC 一级 2 例,二级 14 例,三级 13 例,四级 2 例,HH 患者 13 例(共 17 个病灶),均经手术证实;44 例患者的一般临床资料见表 1。本研究获得了医院伦理委员会的批准。

2. 检查方法

所有患者均采用宝石能谱 CT(Discovery CT750 HD, E Healthcare, Milwaukee, WI, USA)行上腹部 CT 常规平扫及能谱增强扫描。受检者检查前日晚餐后禁食,检查当日清晨空腹,检查前饮水 800~1000 mL 以充盈上消化道,以利于辨别器官间的毗邻关系,避免与

表 1 HCC 和 HH 患者的临床资料比较 (例)

指标	HCC	HH
性别 (M/F)	26/5	2/11
年龄 (岁)	57.0±16.0	48.0±18.0
背景肝组织		
正常肝组织	2	13
肝硬化背景	29	0
病因		
乙肝	28	0
乙肝合并酒精性肝硬化	1	0
病灶大小 (cm)	3.10	5.30

腹部肿块相混淆。首先行上腹部定位像扫描,再行上腹部 CT 平扫,以确定肝脏及病变位置,扫描参数:采用动态 mA 技术,管电压 120 kVp,噪声指数设为 10~12,螺距 0.984,准直器宽度 0.625 mm×64,层厚/层间距 5 mm。增强扫描经外周肘静脉注射碘对比剂碘普胺(300 mg I/mL),剂量为 80~100 mL,注射流率 3 mL/s。动脉期一般采用 Smart Prep 技术动态监测腹主动脉,监测阈值为 100 HU,监测开始时间为 12 s,门脉期开始扫描时间为动脉期扫描结束后 30 s。动脉期扫描范围覆盖整个肝脏及其病灶,门脉期扫描范围覆盖整个上腹部,包含肝脏及双肾。宝石能谱成像方式(Gemstone Spectral Imaging, GSI)选择 Helical-body-large-40 mm,管电流为 600 mA,准直器宽度 0.625 mm×64,层厚/层间距 5 mm,螺距 0.984。根据患者体型大小选择螺旋时间为 0.6 s 或 0.8 s,个别特别肥胖的患者可采用 0.9~1.0 s。首先重建混合能量(Quality Check, QC)图像, QC 图像为双能量瞬时切换中的 140 kVp 图像,层厚/层间距为 2.5~5.0 mm,标准算法;然后重建单能量图像,一般可选择 70 keV 单能量图像,其中一组层厚/层间距为 2.5~5.0 mm,用于普通观察,另一组层厚/层间距为 0.625~1.250 mm,用于进行二维、三维重建及 GSI 能谱分析。

3. 能谱图像后处理及数据分析

将扫描所得原始数据传导至 AW4.4 工作站(GE Healthcare, Waukesha, WI, USA),将各个扫描期相的薄层能谱图像分别载入能谱分析浏览器(GSI viewer)进行后处理。圆形或类圆形的感兴趣区(region of interest, ROI)尽可能包绕病灶全部,以测量病灶的不均匀性,在测量病变周围的肝组织时,ROI 尽可能避开肝内大血管及硬化伪影明显的区域,在动脉期和门脉期两期图像测定时,尽可能使 ROI 的大小、形状和位

置保持一致。本研究所要测量、计算、分析的数据包括:①病灶从 40~140 keV 每隔 10 keV 共 11 个单能量水平的 CT 值、标准差(standard deviation,SD,即病灶的不均质性)、碘(水)浓度(Iodine Concentratio,IC,IC_{ap},IC_{pp})、水(碘)浓度(Water Concentratio,WC,WC_{ap},WC_{pp})、正常肝组织和腹主动脉的碘(水)浓度;②标准化碘浓度(Normalized Iodine Concentratio,NIC),NIC=IC_{病灶}/IC_{腹主动脉},IC_{病灶}为病灶的碘(水)浓度,IC_{腹主动脉}为腹主动脉的碘(水)浓度;③病灶能谱曲线的斜率 $S=CT_{40keV}-CT_{90keV}/(90keV-40keV)$,CT_{40keV}为病灶在 40keV 时的单能量 CT 值,CT_{90keV}为病灶在 90keV 时的单能量 CT 值;④病灶碘摄取比值(Iodine Uptake Ratio,IUR), $IUR=IC_{病灶}/IC_{肝脏}$,IC_{病灶}为病灶的碘(水)浓度,IC_{肝脏}为正常肝组织的碘(水)浓度;⑤碘浓度比(the Ratio of Iodine Concentratio,ICR), $ICR=IC_{ap病灶}/IC_{pp病灶}$,IC_{ap病灶}为动脉期病灶碘浓度值,IC_{pp病灶}为门脉期病灶碘浓度值。

4. 统计学分析

采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析。对动脉期、门脉期 HCC 与 HH 从 40~140 keV 每隔 10 keV 共 11 个单能量水平的各定量参数(包括 CT 值、SD、IC_{ap}、IC_{pp}、WC_{ap}、WC_{pp}、NIC、S_{ap}、S_{pp}、IUR_{ap}、IUR_{pp}、ICR)结果行非参数统计学分析,以中位数±四分位数间距表示,上述各定量参数 HCC 与 HH 的组间比较采用 Mann-Whitney 秩和检验分析,并应用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析各定量参数鉴别诊断 HCC 与 HH 的能力。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. HCC 与 HH 组能谱 CT 各定量参数比较

动脉期 40~140 keV 能量段、门脉期 40~90 keV 能量段 HH 组的各平均单能量 CT 值均显著低于 HCC 组,差异均有统计学意义(P 值均 <0.05 ,表 2),HCC 与 HH 组在动脉期及门脉期的能谱曲线均表现为同向无交叉(图 1、2)。门脉期 40~100 keV 能量段两者间的 SD 值差异均有统计学意义(P 值均 <0.05 ,表 3),且 HCC 与 HH 组间 IUR_{ap}、IUR_{pp}、S_{ap}、S_{pp}、NIC_{ap}、IC_{ap}、IC_{pp}、ICR 差异均有统计学意义(P 值均 <0.05 ,表 4);但两组间动脉期各单能量 CT 值的 SD 值(即病灶不均质性)及门脉期 110~140 keV 能量段的 SD 值差异均无统计学意义(P 值均 >0.05 ,表 3、5)。

2. 各定量参数的鉴别诊断能力比较

鉴别 HCC 与 HH 的最佳能谱定量参数为动脉期 50 keV 水平的平均 CT 值(表 6),阈值为 106.87 HU,ROC 曲线下面积为 0.898,鉴别诊断两者的敏感度和

表 2 动脉期、门脉期 HCC 与 HH 的平均 CT 值 (HU)				
单能量水平	HH	HCC	U 值	P 值
动脉期				
40 keV	102.77±57.02	210.02±125.86	55.00	<0.001*
50 keV	81.67±36.37	156.91±88.30	54.00	<0.001*
60 keV	66.45±23.41	119.42±60.51	58.00	<0.001*
70 keV	59.31±17.24	96.78±44.14	62.00	<0.001*
80 keV	54.65±15.29	82.41±32.44	66.00	<0.001*
90 keV	48.65±15.52	71.15±26.26	81.00	<0.001*
100 keV	47.45±16.05	65.59±23.10	98.00	<0.001*
110 keV	46.99±15.41	61.76±22.33	118.00	0.002*
120 keV	45.56±15.06	59.73±20.55	128.50	0.004*
130 keV	44.08±14.76	56.83±17.85	139.00	0.007*
140 keV	42.89±14.21	53.91±17.17	153.00	0.017*
门脉期				
40keV	179.57±89.33	246.44±78.64	116.00	0.001*
50keV	131.95±58.34	176.12±50.17	127.00	0.003*
60keV	102.98±40.96	132.85±36.90	134.00	0.005*
70keV	84.44±28.58	105.22±25.08	138.00	0.007*
80keV	72.55±22.82	87.80±19.68	142.00	0.009*
90keV	64.49±19.53	74.59±20.77	157.50	0.022*
100keV	59.04±18.46	66.74±22.09	178.00	0.066
110keV	54.73±17.71	60.70±20.18	190.00	0.113
120keV	50.80±16.64	56.48±17.06	202.00	0.185
130keV	47.87±15.76	52.38±14.27	213.00	0.276
140keV	47.05±15.01	49.15±13.31	215.00	0.296

注:除 P 值外,数据均用中位数±四分位数间距表示;* $P<0.05$ 。

表 3 门脉期 HCC 与 HH 平均 CT 值的标准差(SD)				
单能量水平	HH	HCC	U 值	P 值
40keV	125.30±73.50	52.41±30.98	74.00	<0.001*
50keV	81.20±46.81	36.39±23.47	77.00	<0.001*
60keV	54.92±31.65	26.65±15.34	81.00	<0.001*
70keV	39.25±21.45	17.63±9.29	81.00	<0.001*
80keV	32.81±13.96	19.23±6.24	82.00	<0.001*
90keV	28.89±8.62	21.07±10.69	115.00	<0.001*
100keV	27.20±5.05	21.02±13.36	160.00	0.026*
110keV	24.88±6.76	20.76±15.49	186.00	0.0276
120keV	24.86±8.45	20.67±16.96	213.00	0.348
130keV	24.72±10.42	20.86±17.96	220.00	0.419
140keV	24.31±11.75	20.01±18.69	226.00	—

注:除 P 值外,数据均用中位数±四分位数间距表示;* $P<0.05$ 。

表 4 动脉期、门脉期 HCC 与 HH 的各能谱定量参数比较				
定量参数	HH	HCC	U 值	P 值
IC _{ap} (water)(mg/mL)	0.75±0.70	2.04±1.51	58.00	<0.001*
IC _{pp} (water)(mg/mL)	1.73±1.00	2.56±1.17	123.00	0.002*
WC _{ap} (iodine)(mg/mL)	1037.77±11.12	1038.99±12.22	256.00	0.0872
WC _{pp} (iodine)(mg/mL)	1038.22±16.80	1035.67±12.53	242.00	<0.643
ICR	0.45±0.18	0.81±0.26	58.00	<0.001*
IUR _{ap}	1.22±0.61	2.70±1.75	71.00	<0.001*
IUR _{pp}	0.57±0.30	0.93±0.32	109.00	0.002*
NIC _{ap}	0.06±0.06	0.17±0.13	97.00	<0.001*
S _{ap}	1.01±0.98	2.78±2.06	58.00	<0.001*
S _{pp}	2.34±1.36	3.48±1.58	123.00	0.007*

注:除 P 值外,数据均用中位数±四分位数间距表示;* $P<0.05$ 。

表 5 动脉期 HCC 与 HH 平均 CT 值的标准差(SD)

单能量水平	HH	HCC	U 值	P 值
40keV	74.15±54.18	62.04±20.15	217.00	0.407
50keV	48.04±35.43	42.53±20.06	243.50	0.666
60keV	33.63±23.01	32.38±13.48	257.00	0.889
70keV	23.63±15.87	21.82±6.81	257.00	0.889
80keV	21.84±7.10	20.61±6.27	232.00	0.497
90keV	23.60±4.95	19.87±9.70	206.00	0.215
100keV	24.24±6.80	19.71±12.49	225.00	0.551
110keV	23.00±7.59	20.26±14.37	228.00	0.444
120keV	23.23±8.71	19.52±15.70	236.00	0.553
130keV	23.45±9.56	19.64±16.79	238.00	0.583
140keV	23.67±10.21	19.44±17.64	235.00	0.539

注:除 P 值外,数据均用中位数±四分位数间距表示;* P<0.05。
特异度分别为 90.3%和 82.4%;其次为 ICR(表 7),阈值为 0.61,ROC 曲线下面积为 0.890,鉴别诊断两者的敏感度和特异度分别为 87.1%和 82.4%。门脉期 SD 鉴别 HCC 与 HH 的最佳单能量水平为 40 keV(表 8),阈值为 98.08,ROC 曲线下面积为 0.860,鉴别诊断两者的敏感度和特异度分别为 82.4%和 90.3%。门脉期平均 CT 值鉴别 HCC 与 HH 的最佳单能量水平为 40 keV(表 9),阈值为 195.36 HU,ROC 曲线下面积为 0.780,鉴别诊断两者的敏感度和特异度分别为 83.9%和 64.7%。

表 6 动脉期 HCC 与 HH 平均 CT 值的 ROC 曲线分析结果

单能量水平	曲线下面积	阈值 (HU)	敏感度 (%)	特异度 (%)	P 值
40keV	0.896	151.16	87.1	88.2	<0.001*
50keV	0.898	106.87	90.3	82.4	<0.001*
60keV	0.890	84.76	90.3	82.4	<0.001*
70keV	0.882	70.83	90.3	82.4	<0.001*
80keV	0.875	60.37	90.3	76.5	<0.001*
90keV	0.846	57.19	83.9	76.5	<0.001*
100keV	0.814	62.93	58.1	94.1	<0.001*
110keV	0.776	60.92	54.8	94.1	0.002*
120keV	0.756	59.65	51.6	100	0.004*
130keV	0.736	55.32	54.8	94.1	0.007*
140keV	0.710	54.47	48.4	94.1	0.017*

注:* P<0.05,P 值表示动脉期各单能量平均 CT 值用于鉴别诊断 HCC 与 HH 有无统计学意义,P<0.05 则代表有统计学意义;ROC 曲线分析假定为动脉期单能量平均 CT 值越大,越趋向于诊断为 HCC。

表 7 动脉期、门脉期的各能谱定量参数的 ROC 曲线分析结果

指标	曲线下面积	阈值 (HU)	敏感度 (%)	特异度 (%)	P 值
IC _{ap}	0.890	13.66	80.6	88.2	<0.001*
IC _{pp}	0.767	22.36	71.0	76.5	0.002*
WC _{ap}	0.514	1039.04	51.6	64.7	0.872
WC _{pp}	0.541	1039.05	47.1	74.2	0.643
ICR	0.890	0.61	87.1	82.4	<0.001*
IUR _{ap}	0.865	1.52	83.9	88.2	<0.001*
IUR _{pp}	0.793	0.74	77.4	82.4	0.001*
NIC _{ap}	0.816	0.08	90.3	76.5	<0.001*
S _{ap}	0.890	1.85	80.6	88.2	<0.001*
S _{pp}	0.767	3.03	71.0	76.5	0.002*

注:* P<0.05,P 值表示动脉期及门脉期各能谱定量参数用于鉴别诊断 HCC 与 HH 有无统计学意义,P<0.05 则代表有统计学意义;ROC 曲线分析假定为各能谱定量参数值越大,越趋向于诊断为 HCC。

表 8 门脉期 HCC 与 HH 平均 CT 值的 SD 的 ROC 曲线分析结果

单能量水平	曲线下面积	阈值 (HU)	敏感度 (%)	特异度 (%)	P 值
40keV	0.860	98.08	82.4	90.3	<0.001*
50keV	0.854	64.35	82.4	90.3	<0.001*
60keV	0.846	42.84	88.2	83.9	<0.001*
70keV	0.846	29.99	88.2	87.1	<0.001*
80keV	0.844	22.07	94.1	77.4	<0.001*
90keV	0.780	24.08	88.2	64.5	0.001*
100keV	0.696	23.52	82.4	64.5	0.026*
110keV	0.647	20.82	88.2	51.6	0.095
120keV	0.596	23.33	58.8	71.0	0.393
130keV	0.583	16.22	94.1	35.5	0.348
140keV	0.571	15.78	94.1	35.5	0.419

注:* P<0.05,P 值表示门脉期各单能量平均 CT 值的 SD 用于鉴别诊断 HCC 与 HH 有无统计学意义,P<0.05 则代表有统计学意义;ROC 曲线分析假定为动脉期单能量平均 CT 值越大,越趋向于诊断为 HCC。

表 9 门脉期 HCC 与 HH 平均 CT 值的 ROC 曲线分析结果

单能量水平	曲线下面积	阈值 (HU)	敏感度 (%)	特异度 (%)	P 值
40keV	0.780	195.36	83.9	64.7	0.001*
50keV	0.759	162.24	67.7	82.4	0.003*
60keV	0.746	106.26	83.9	64.7	0.005*
70keV	0.738	91.59	77.4	70.6	0.007*
80keV	0.731	80.21	67.7	76.5	0.009*
90keV	0.701	69.37	64.5	76.5	0.022*
100keV	0.662	61.40	64.5	70.6	0.065
110keV	0.639	60.58	51.6	76.5	0.113
120keV	0.617	56.29	51.6	70.6	0.185
130keV	0.596	59.06	32.3	94.1	0.276
140keV	0.592	54.64	38.7	88.2	0.296

注:* P<0.05,P 值表示门脉期各单能量平均 CT 值用于鉴别诊断 HCC 与 HH 有无统计学意义,P<0.05 则代表有统计学意义;ROC 曲线分析假定为动脉期单能量平均 CT 值越大,越趋向于诊断为 HCC。

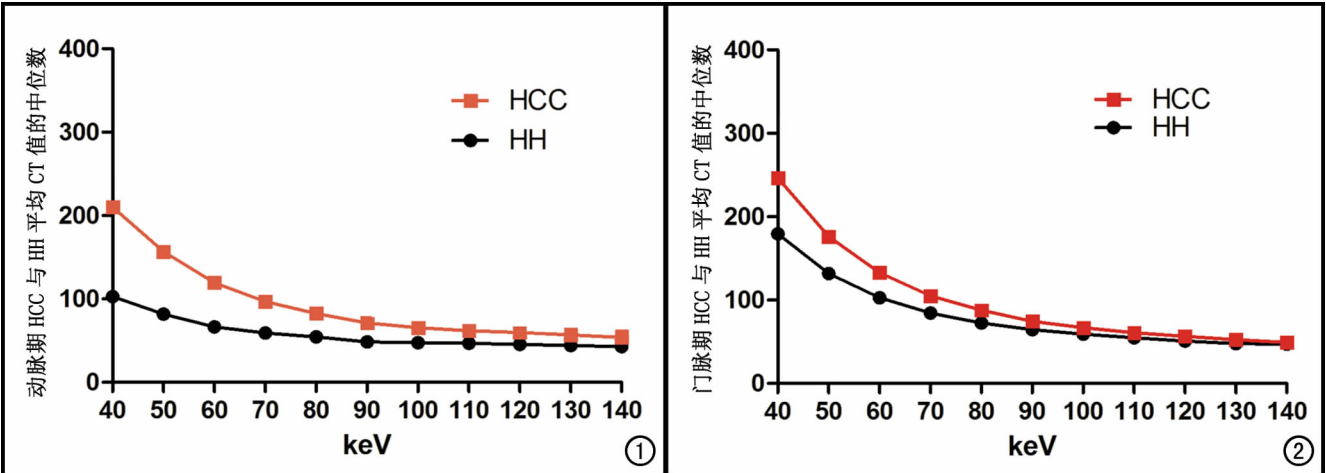


图 1 HCC 与 HH 组在动脉期的能谱曲线。 图 2 HCC 与 HH 组在门脉期的能谱曲线。

讨 论

目前,能谱 CT 动态增强扫描用于检出及鉴别诊断 HCC 与 HH 的文献国内外也有报道^[20-24],但分析所用的参数有限,本文不仅系统分析了动脉期及门脉期 40~140 keV 每隔 10 keV 共 11 个单能量水平的平均 CT 值及其 SD 值,还评估了动脉期及门脉期 IC_{ap} 、 IC_{pp} 、 WC_{ap} 、 WC_{pp} 、 NIC 、 S_{ap} 、 S_{pp} 、 IUR_{ap} 、 IUR_{pp} 等定量参数在鉴别诊断 HCC 与 HH 中的价值。

GSI 宝石能谱 CT (Discovery CT750HD) 提供了单光子成像,能获得 40~140 keV 共 101 个 keV 的单能图像,一方面可以通过任意调节 101 个单能量成像来观察和分析病灶的特征,另一方面,单能量图像能免受传统混合能量成像产生线束硬化伪影所带来的影响,可以获得精准的 CT 测量值,从而有利于两种可能在传统混合能量中 CT 测量值相近的病变的鉴别。本研究中动脉期 40~140 keV 能量段、门脉期 40~90 keV 能量段 HH 组的各平均单能量 CT 值均显著低于 HCC 组,差异均有统计学意义 (P 值均 <0.05),且以动脉期 50 keV 的平均 CT 值的诊断价值最高,阈值为 106.87 HU,敏感度和特异度分别为 90.3% 和 82.4%;其次为门脉期单能量水平为 40 keV 的 SD 值,阈值为 98.08,敏感度和特异度分别为 82.4% 和 90.3%。而门脉期平均 CT 值鉴别诊断 HCC 与 HH 的最佳单能量水平为 40 keV,阈值为 195.36 HU,ROC 曲线下面积为 0.780,敏感度和特异度分别为 83.9% 和 64.7%。以上定量参数均可用于两者的鉴别诊断,且在一定程度上与相关学者所报道的单能量成像尤其是 70~90 keV 水平段的单能量 CT 值有利于小 HCC 的检出相符^[20,24-25]。本研究结果显示 HH 组门脉期 40~100 keV 能量段的 SD 值显著高于 HCC 组,提示 HH 与 HCC 组在门脉期不均质性的差异具有统计学意义,且在低能量水平显示更有优势。

GSI 宝石能谱 CT 还实现了基物质分离和定量分析,其中碘基图可降低肝实质背景 CT 值和容积效应影响,对碘剂沉积敏感,使肿瘤与肝实质的对比更为清晰,有助于病灶的检出,而 CT 对比剂主要含碘,故碘基图和碘浓度测定能更真实地反映肝实质和病灶内碘剂的分布,从而更准确地反映病变的血供情况及强化模式^[26]。本研究中 HCC 组的 NIC_{ap} 为 0.17 ± 0.13 ,与 HH 组 (0.06 ± 0.06) 的差异具有统计学意义,提示 HCC 与 HH 的碘浓度差异具有统计学意义。在此基础上,本研究还发现 HCC 组的 IUR_{ap} 为 2.70 ± 1.75 ,提示动脉期为富血供病灶,动脉期 HCC 的碘浓度超过周围肝实质, IUR_{pp} 为 0.93 ± 0.32 ,提示门脉期强化程度低于周围肝实质,符合常规 CT 诊断中 HCC“快

进快出”的强化模式;而 HH 组的 IUR_{ap} 为 1.22 ± 0.61 ,显著低于 HCC 组, IUR_{pp} 则为 0.57 ± 0.30 ,这与常规影像所示的 HH 动脉期的结节样强化与血管程度相似,强化程度一般高于 HCC,且门脉期病灶持续性强化不符,考虑是由于本研究为了分析 HCC 与 HH 不均质性方面的差异,而采用 ROI 尽量包绕病灶全部,而血管瘤于动脉期仅外周少量为明显结节样强化,门脉期较大病灶也仅是进一步充盈,并未完全充盈,导致 ROI 中大部分区域没有明显强化,从而导致了该结果,故 NIC_{ap} 、 IUR_{ap} 及 IUR_{pp} 值对鉴别诊断 HCC 与 HH 的价值较小。

CT 值衰减曲线是能谱成像技术的一个重要参数,反映了 X 线穿过某种物质的衰减情况,不同的组成物质会呈现不同的 CT 值衰减曲线,而不同含量的对比剂也会呈现不同的曲线,故临床将能谱曲线作为检测人体不同组织内部化学成分的重要指标^[27-28],也可以用来观察几种病变是否同源,从而进行病变的诊断和鉴别。本研究中 HCC 与 HH 组的动脉期及门脉期的能谱曲线均表现为同向无交叉,且 HCC 组的 S_{ap} 为 2.78 ± 2.06 , S_{pp} 为 3.48 ± 1.58 ,HH 组的 S_{ap} 为 1.01 ± 0.98 , S_{pp} 为 2.34 ± 1.36 ,两组斜率差异具有统计学意义 ($P < 0.05$),这也提示了两组组织成分不同,有助于两者的鉴别诊断。且 S_{ap} 在阈值为 1.85 时,鉴别诊断 HCC 与 HH 的敏感度为 80.6%,特异度为 88.2%。

本研究尚存在一定的局限性,主要不足之处是病例数较少,对于不同分化程度的 HCC 并未进行分类研究,且未对 HCC 和 HH 的形态学特征进行研究。另外,本研究为分析病灶的不均质性对 HCC 与 HH 的鉴别诊断有无意义,ROI 是包绕整个病灶进行测量,这在较大程度上影响了病灶实性成分的强化程度分析。未来笔者将增加病例数,并测量病灶强化程度最强的结节处的相关参数值,从而进一步完善研究结果。

综上所述,CT 能谱成像多参数分析有助于 HCC 与 HH 的鉴别诊断,尤其是动脉期 50 keV 的平均 CT 值和 ICR 在两者的鉴别诊断中具有较高的应用价值。

参考文献:

- [1] Gomaa AI, Khan SA, Leen EL, et al. Diagnosis of hepatocellular carcinoma[J]. World J Gastroenterol, 2009, 15(11): 1301-1314.
- [2] Amano S, Ebara M, Yajima T, et al. Assessment of cancer cell differentiation in small hepatocellular carcinoma by computed tomography and magnetic resonance imaging[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2003, 18(3): 273-279.
- [3] Yoon SH, Lee JM, So YH, et al. Multiphasic MDCT enhancement pattern of hepatocellular carcinoma smaller than 3cm in diameter: tumor size and cellular differentiation[J]. AJR, 2009, 193(6): 482-

- 489.
- [4] Woodall CE, Scoggins CR, Loehle J, et al. Hepatic imaging characteristics predict overall survival in hepatocellular carcinoma[J]. *Ann Surg Oncol*, 2007, 14(10): 2824-2830.
- [5] Omata M, Lesmana LA, Tateishi R, et al. Asian pacific association for the study of the liver consensus recommendations on hepatocellular carcinoma[J]. *Hepatol Int*, 2010, 4(2): 439-474.
- [6] Kudo M, Izumi N, Kokudo N, et al. Management of hepatocellular carcinoma in japan: consensus-based clinical practice guidelines proposed by the Japan society of hepatology (JSH) 2010 updated version[J]. *Dig Dis*, 2011, 29(3): 339-364.
- [7] Forner A, Vilana R, Ayuso C, et al. Diagnosis of hepatic nodules 20mm or smaller in cirrhosis: prospective validation of the noninvasive diagnostic criteria for hepatocellular carcinoma[J]. *Hepatology*, 2008, 47(1): 97-104.
- [8] Jang HJ, Kim TK, Burns PN, et al. Enhancement patterns of hepatocellular carcinoma at contrast-enhanced US: comparison with histologic differentiation[J]. *Radiology*, 2007, 244(3): 898-906.
- [9] Okuda K. Hepatocellular carcinoma: recent progress[J]. *Hepatol*, 1992, 15(5): 948-963.
- [10] Jain D. Tissue diagnosis of hepatocellular carcinoma[J]. *J Clin Exp Hepatol*, 2014, 4(Suppl 3): 67-73.
- [11] Lee JH, Lee JM, Kim SJ, et al. Enhancement patterns of hepatocellular carcinomas on multiphasic multidetector row CT: comparison with pathological differentiation[J]. *Br J Radiol*, 2012, 85(1017): 573-583.
- [12] Yoshikawa J, Matsui O, Takashima T, et al. Fatty metamorphosis in hepatocellular carcinoma: radiologic features in 10 cases[J]. *AJR*, 1988, 151(4): 717-720.
- [13] Martin J, Sentis M, Zidan A, et al. Fatty metamorphosis of hepatocellular carcinoma: detection with chemical shift gradient-echo MR imaging[J]. *Radiology*, 1995, 195(1): 125-130.
- [14] Luo M, Zhang L, Jiang XH, et al. Intravoxel incoherent motion: application in differentiation of hepatocellular carcinoma and focal nodular hyperplasia[J]. *Diagn Interv Radiol*, 2017, 23(4): 263-271.
- [15] Leoni S, Piscaglia F, Golfieri R, et al. The impact of vascular and nonvascular findings on the noninvasive diagnosis of small hepatocellular carcinoma based on the EASL and AASLD criteria[J]. *Am J Gastroenterol*, 2010, 105(3): 599-609.
- [16] Moody AR, Wilson SR. Atypical hepatic hemangioma: a suggestive sonographic morphology[J]. *Radiology*, 1993, 188(2): 413-417.
- [17] Vilgrain V, Boulos L, Vullierme MP, et al. Imaging of atypical hemangiomas of the liver with pathologic correlation[J]. *RadioGraphics*, 2000, 20(2): 379-397.
- [18] Kim T, Federle MP, Baron RL, et al. Discrimination of small hepatic hemangiomas from hypervascular malignant tumors smaller than 3cm with three-phase helical CT[J]. *Radiology*, 2001, 219(6): 699-706.
- [19] Hanafusa K, Ohashi I, Himeno Y, et al. Hepatic hemangioma: findings with two-phase CT[J]. *Radiology*, 1995, 196(2): 465-469.
- [20] Lv P, Lin XZ, Chen K, et al. Spectral CT in patients with small HCC: investigation of image quality and diagnostic accuracy[J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(10): 2117-2124.
- [21] Altenbernd J, Heusner TA, Ringelstein A, et al. Dual-energy-CT of hypervascular liver lesions in patients with HCC: investigation of image quality and sensitivity[J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(4): 738-743.
- [22] Marin D, Nelson RC, Samei E, et al. Hypervascular liver tumors: low tube voltage, high tube current multidetector CT during late hepatic arterial phase for detection—initial clinical experience[J]. *Radiology*, 2009, 251(3): 771-779.
- [23] Laroia ST, Bhadoria AS, Venigalla Y, et al. Role of dual energy spectral computed tomography in characterization of hepatocellular carcinoma: Initial experience from a tertiary liver care institute[J]. *Eur J Radiol Open*, 2016, 20(3): 162-171.
- [24] 吕培杰. CT 能谱成像在小肝癌检测中的应用价值[J]. *放射学实践*, 2011, 26(3): 321-324.
- [25] 郁义星, 林晓珠, 陈克敏, 等. CT 能谱成像在鉴别小肝癌和小血管瘤中的价值[J]. *实用放射学杂志*, 2012, 28(11): 1702-1706.
- [26] 王乐, 刘斌, 汪洁, 等. 能谱 CT 对碘含量测量准确性的实验研究[J]. *放射学实践*, 2012, 27(3): 264-267.
- [27] Karcaaltincaba M, Aktas A. Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical application[J]. *Diagn Interv Radiol*, 2011, 17(3): 181-194.
- [28] 杜祥颖, 李倩文, 王艳, 等. CT 能谱成像中利用能谱曲线进行碘定量分析[J]. *放射学实践*, 2013, 28(6): 616-618.

(收稿日期: 2018-03-18 修回日期: 2018-07-03)