

• 腹部影像学 •

肝硬化 640 层 CT 肝灌注容积扫描肝血管成像的临床应用研究

梁冬云, 曾蒙苏, 吴东, 向述天, 毛崇文, 杨晓

【摘要】 目的:探讨利用 640 层 CT 肝灌注容积数据对肝硬化患者进行肝血管成像的可行性及其临床应用价值。方法:25 例肝功正常(A 组)和 50 例肝硬化患者(B 组;Child-Pugh A 级 25 例;C 组;Child-Pugh B 级 25 例)行 640 层 CT 肝灌注检查,绘制时间-密度曲线(TDC),测量主动脉和门静脉的达峰时间(TTP)、峰值(PV)及门静脉与肝脏密度差的最大值(P-L)。选取主动脉峰值期的容积数据进行肝动脉血管成像;采用 P-L 值最大的 1 期及 3 期容积数据对门静脉进行单期和多期融合成像,并对比两种成像方法的图像质量。**结果:**三组间主动脉 TTP 和 PV 的差异均无统计学意义($P>0.05$)。肝硬化组门静脉的 TTP 较对照组长,PV 及 P-L 值下降,3 组间差异有统计学意义($P<0.05$);进一步两两比较,除 A 与 B 组间门脉 TTP 值的差异无统计学意义外,其余各组间 3 个参数的差异有统计学意义($P<0.05$)。3 组均可显示肝动脉 3 级分支。门脉多期融合成像质量优于单期成像($P<0.05$),A 组可显示 3~4 级门静脉分支,B 和 C 组可显示 1~3 级门静脉分支。**结论:**利用 640 层 CT 全肝灌注成像容积数据进行血管成像,能清晰显示肝动脉和门静脉,有助于肝硬化患者临床治疗方案的制订。

【关键词】 肝硬化;灌注成像;血管成像;体层摄影术,X 线计算机

【中图分类号】 R814.42; R575.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)12-1205-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.12.022

The value of hepatic angiography using 640-slice CT whole liver perfusion imaging technique for liver cirrhosis LIANG Dongyun, ZENG Meng-su, WU Dong, et al. Department of Radiology, the second People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650032, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of hepatic angiography using 640-slice CT whole-liver perfusion for liver cirrhosis. **Methods:** 25 patients without liver cirrhosis (group A) and 50 patients with liver cirrhosis (group B; Child-Pugh A in 25 cases; group C; Child-Pugh B in 25 cases) received perfusion scan. Time-density curve was obtained, time to peak (TTP) and peak value (PV) of aorta and portal vein, and the density differences between portal vein and hepatic parenchyma (P-L) were measured. The data in peak phase of aorta were selected for hepatic artery angiography; the data in the 1st and 3rd phase with the maximum P-L were selected and single-phase imaging and multi-phase merge imaging were used for portography, and the image quality of the two methods was compared. **Results:** There were no significant differences in TTP and PV of aorta among the three groups ($P>0.05$). Compared with the control group, the TTP of portal vein increased and the PV of portal vein and P-L reduced in cirrhosis group, with statistical differences among the three groups ($P<0.05$); for further pairwise comparison, there were statistical differences of TTP and PV of portal vein and P-L between group A with B, B with C, and A with C ($P<0.05$), except the TTP of the portal vein between group A and B ($P>0.05$). All grade-3 branches of liver artery were exhibited. The image quality of portal vein using multi-phase merge imaging was superior to those using single phase ($P<0.05$), the third and forth grade branch of portal vein could be observed in group A, and first and third grade branch of portal vein could be seen in the other groups. **Conclusion:** Hepatic angiography using 640-slice CT liver perfusion scan can clearly show the hepatic artery and portal vein, these are useful to make therapeutic scheme for cirrhosis patients.

【Key words】 Liver cirrhosis; Perfusion imaging; Angiography; Tomography, X-ray computed

肝硬化在我国发病率较高,可并发肝癌、引起上消化道大出血等而危及患者的生命。全面了解肝脏的代偿功能、肝内血管及病变的情况,对治疗方案的制定和预后评估至关重要。肝灌注成像作为一种功能成像方

法,可通过评估肝血流动力学的改变来评估肝脏功能,在临床应用前景较好。随着 CT 技术的发展,尤其是 640 层容积 CT 的临床应用,使全肝灌注成像成为可能,能否利用灌注扫描的容积数据进行血管重建,同期观察肝内血管病变,减少扫描次数,使患者避免不必要的辐射损害,是本课题研究的重点。本文通过分析 25 例肝功正常及 50 例肝硬化患者的 640 层 CT 肝灌注成像资料,探讨采用肝灌注成像的容积数据进行肝血

作者单位: 650021 昆明,云南省第二人民医院放射科(梁冬云、向述天、毛崇文、杨晓); 200032 上海,上海复旦大学附属中山医院放射科(曾蒙苏、吴东)

作者简介: 梁冬云(1973-),女,云南广南人,副主任医师,主要从事腹部和头颈部影像诊断工作。

通讯作者: 曾蒙苏, E-mail: zeng.mengsu@zs-hospital.sh.cn

基金项目: 云南省教育厅科学研究一般项目(2011Y204)

管成像的可行性及效果。

材料与方法

搜集 2011 年 11 月—2015 年 11 月在本院行 640 层 CT 肝灌注成像的 75 例患者的病例资料,其中对照组 25 例(A 组),肝、肾功能均无明显异常,除肝囊肿外无其它肝脏病变,且肝囊肿的数目均<3、直径<2.0 cm;肝硬化组 50 例,均有乙肝病史,HBsAg(+),经病理确诊 8 例,其余经临床、实验室检查及影像检查综合诊断;根据 Child-Pugh 分级标准进一步将患者分为 B、C 两组(B 组:Child-Pugh A 级 25 例;C 组:Child-Pugh B 级 25 例)。3 组的临床资料见表 1。所有检查者在检查前签署了知情同意书。

使用 Toshiba Aquilion One 640 层 CT 机行多期动态增强容积扫描。患者检查前 30 min 口服清水 800 mL,扫描时用腹带固定,保持平稳呼吸。双定位确定灌注范围后采用双筒高压注射器,以 6.5 mL/s 流率经肘静脉注射非离子型对比剂优维显(370 mg I/mL)60 mL 和等渗盐水 40 mL,注药后 6 s 启动扫描,6~28 s 每 2 s 扫描 1 次,31~79 s 每 3 s 扫描 1 次。扫描参数:层厚 0.5 mm,100 kV,电流为自动毫安。

将扫描的原始数据传输至工作站进行图像后处理。先绘制肝血管的时间-密度曲线(time-density curve,TDC),记录达峰时间(time to peak,TTP)。在第一肝门层面测量腹主动脉和门静脉的峰值(peak value,PV)。门静脉测量兴趣区(regions of interest,ROI)为左、右门静脉汇合处;肝脏 CT 值取肝左叶和肝右叶 CT 值的平均值,计算同一时间点门静脉与肝实质的 CT 值的差值(density differences between the portal vein and hepatic parenchyma,P-L)。

选取主动脉峰值期容积数据进行肝动脉成像,门静脉选取 P-L 值最大的 1 期及 3 期容积数据进行单期及多期融合成像。重组方法包括最大密度投影(maxi-

mum intensity projection,MIP)、多层面重组(multi-plannar reformation,MPR)及容积再现(volume rendering,VR)技术。

由 2 位主治医师综合原始及重组图像对肝动脉及门静脉的图像质量进行盲法评分,意见不同时经协商达成一致意见。肝血管分级标准参照 Tanikare 等^[1]提出的肝动脉和 Tarahashi 等^[2]提出的门静脉分级标准,以肝动脉左右支、门静脉左右主干为 I 级,其分支为 2 级,每级记为 1 分,依次类推,未显示 0 分。血管清晰度依据血管边缘的表现(光滑、锐利、欠清晰和模糊)分为 I~IV 级,依次记为 2.0、1.5、1.0 和 0.5 分,对比 2 组成像方法的门静脉图像质量。观察门脉侧支循环的类型、肝静脉分支的显示情况。

记录扫描时随机产生的平均容积 CT 剂量指数(CT does Index volume,CTDI_{vol})和剂量长度乘积(dose length product,DLP),并按公式(1)计算有效辐射剂量(effective dose,ED):

ED=DLP×C

(1)

其中,C=0.015mSv/(mGy·cm)^[3]。本研究中 CT 检查的辐射剂量:DLP 为 1584.58~2163.34 mGy,ED 为 23.77~32.45 mSv。

使用 SPSS 17.0 统计学软件进行统计分析,肝血管测量值及图像评分以均数±标准差的形式表示。三组间各指标的比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用 LSD 法。采用秩和检验比较单期和多期融合成像时的门脉成像质量。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

三组中腹主动脉和门静脉的测量值及比较见表 2。三组间主动脉的 TTP 和 PV 值差异无统计学意义($P>0.05$)。三组间门静脉 TTP、PV 和 P-L 值的差异均有统计学意义($P<0.01$);进一步组间两两比较,

表 1 三组检查者的临床资料

指标	A 组(25 例)	B 组(25 例)	C 组(25 例)	F 值	P 值
一般资料					
性别(男/女)	13/12	17/8	15/10	1.333*	0.513
年龄(岁)	44.76±10.91	46.32±11.43	45.36±11.62	0.116	0.891
体重(kg)	58.56±8.28	59.36±7.47	60.12±8.04	0.241	0.786
BMI(kg/m ²)	21.16±1.89	20.97±1.92	20.81±2.01	0.206	0.814
临床表现 [#]					
合并肝癌	0	6	4	0.500*	0.725
实验室检查					
胆红素(μmol/l)	14.36±4.45	20.36±4.78	30.45±5.12	51.38	0.001
白蛋白(g/100mL)	40.22±2.86	34.83±3.12	31.78±3.56	58.37	0.001
凝血酶原时间(s)	11.03±1.12	13.86±1.67	15.55±1.89	48.36	0.001

注:* 采用卡方值;# 两组病例均无肝性脑病表现。

表 2 三组中三支血管的测量值及比较

指标	A 组	B 组	C 组	F 值	P 值
达峰时间(s)					
腹主动脉	19.21±2.47	20.43±2.38	20.68±2.64	1.873	0.428
门静脉	34.52±3.17	36.57±3.77*	46.27±6.65	44.73	0.001
峰值(HU)					
腹主动脉	474.36±24.78	470.75±25.12	468.98±25.78	1.250	0.290
门静脉	206.02±20.44	186.95±20.70	150.78±22.30	35.12	0.001
P-L(HU)	97.64±16.72	82.81±18.83	59.56±19.12	32.37	0.001

注：* 与 A 组间的差异无统计学意义(P=0.077)。

除 A 组与 B 组间 TTP 值的差异无统计学意义(P=0.077),其余各组间门静脉 TTP、PV 值及 P-L 值的差异均有统计学意义(P<0.05)。

三组中肝动脉和门静脉的图像质量评分见表 3。A、B 组中可显示肝动脉 3~4 级分支,C 组可显示到肝动脉 3 级分支;三组中血管清晰度均达 3~4 级(图 1);三组间图像质量评分的差异无统计学意义(P>0.05)。A、B 和 C 组分别可显示门静脉分支的 3~4、2~4 和 1~2 级,A、B 组血管清晰度为 2~4 级,C 组 1~2 级;各组间门静脉图像质量评分的差异有统计学意义(P<0.01)。

表 3 肝动脉和门静脉血管成像质量评分

部位	A 组	B 组	C 组	F 值	P 值
肝动脉	5.01±0.54	4.09±0.40	4.76±0.41	1.737	0.183
门静脉*	5.18±0.61	4.62±0.68	3.26±0.9	43.72	0.001

注：* 门静脉图像质量评分采用多期融合成像。

多期融合成像在显示门静脉细小分支和血管清晰度方面均优于单期成像(表 4、图 2~4),两种图像间的差异有统计学意义(Z=-2.39,P=0.017;Z=-3.03,P=0.002)。

A、B、C 三组图像上大部分患者仅显示肝静脉 1 级分支,A 组中未显示肝静脉者 3 例,B 组 5 例,C 组 9 例。下腔静脉显示较好 36 例(图 5)。

表 4 两种成像方法对门静脉分支和血管清晰度的显示情况 (例)

方法	门静脉分级				血管清晰度分级			
	I 级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	I 级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
单期重建	8	30	32	5	9	33	31	2
多期融合重建	5	20	38	12	4	20	46	5

此外,本研究中肝血管成像显示肝硬化伴门静脉及脾静脉扩张 4 例(图 6),食道胃底静脉曲张 21 例(图 7~8),脾肾分流 3 例(图 7),脐静脉曲张 2 例。

讨 论

1. 640 层 CT 肝灌注成像及肝血管成像的优势

多层螺旋 CT 血管成像是目前显示肝血管及病变的主要方法,合理设置延迟时间是提高图像质量的重要影响因素。肝动脉成像延迟时间可采用智能扫描(Smart prep)技术和小剂量预注射法(Test Bolus),其

成像效果好,能显示 3 级以上分支血管^[4]。门静脉和肝静脉成像的触发 阈值受个体循环及病理因素的影响大,Test Bolus 技术中如果预注射对比剂的剂量太小,可能影响对门静脉和肝静脉的观察,通常多采用经验法确定延迟时间。肝硬化时门脉阻力增加,血管活性物质失衡以及继发引起的内脏血管扩张及循环血流量增加,可导致门静脉和肝静脉 TTP 延迟,并且肝功能损害程度越重 TTP 值延长越显著,门静脉延迟时间可达 40~70 s 甚至更长,不易准确把握。640 层 CT 肝灌注成像采用多期动态增强容积扫描,Z 轴覆盖范围达 16 cm,可覆盖大部分患者的全部肝脏,通过 TDC 利用灌注成像的容积数据进行图像重组,可直接获得肝动脉峰值期、门静脉 P-L 最大期的血管图像,并可根据肝血管与肝实质的强化特点,进行多期融合成像;依据肝静脉 TTP 设定肝静脉成像的延迟时间,可提高肝硬化患者肝静脉成像质量。

2. 肝血管及下腔静脉成像效果

肝动脉的强化效果取决于单位时间内的碘含量,当注射的总碘量固定时,对比剂注射流率越大,肝动脉 CT 值的达峰时间越短、峰值越高,小血管显示越好。Tanikake 等^[5]研究认为,注射流速 5 mL/s 时血管成像质量优于 4 mL/s。据文献报道,注射流率 4.5 mL/s 时肝动脉 CTA 显示的细小分支数明显高于 3.5 mL/s 和 2.5 mL/s^[6]。本研究中肝灌注成像采用 6.5 mL/s 的流率,肝动脉强化显著,3 组中显示的肝动脉分支及其血管清晰度均达 3 级以上,3 组间图像质量评分的差异无统计学意义。

多层 CT 门静脉成像(multi-slice CT portography,MSCTP)质量的好坏取决于 P-L 值,其影响因素较复杂,患者的身体质量指数及相关疾病如门脉高压、门脉癌栓和动静脉分流等均可影响门脉强化程度,除延迟时间需准确把握,对比剂总量对图像质量的影响也较大。MSCTP 常用对比剂剂量为 1.5 mL/kg。肝灌注成像时为保证成像质量,使用的对比剂总量仅 60 mL,不利于门静脉血管的显示,但因注射流率快(达 6.5 mL/s),单位时间内血管内的碘含量增加,可使门静脉及肝实质强化峰值升高、达峰时间提前,并且

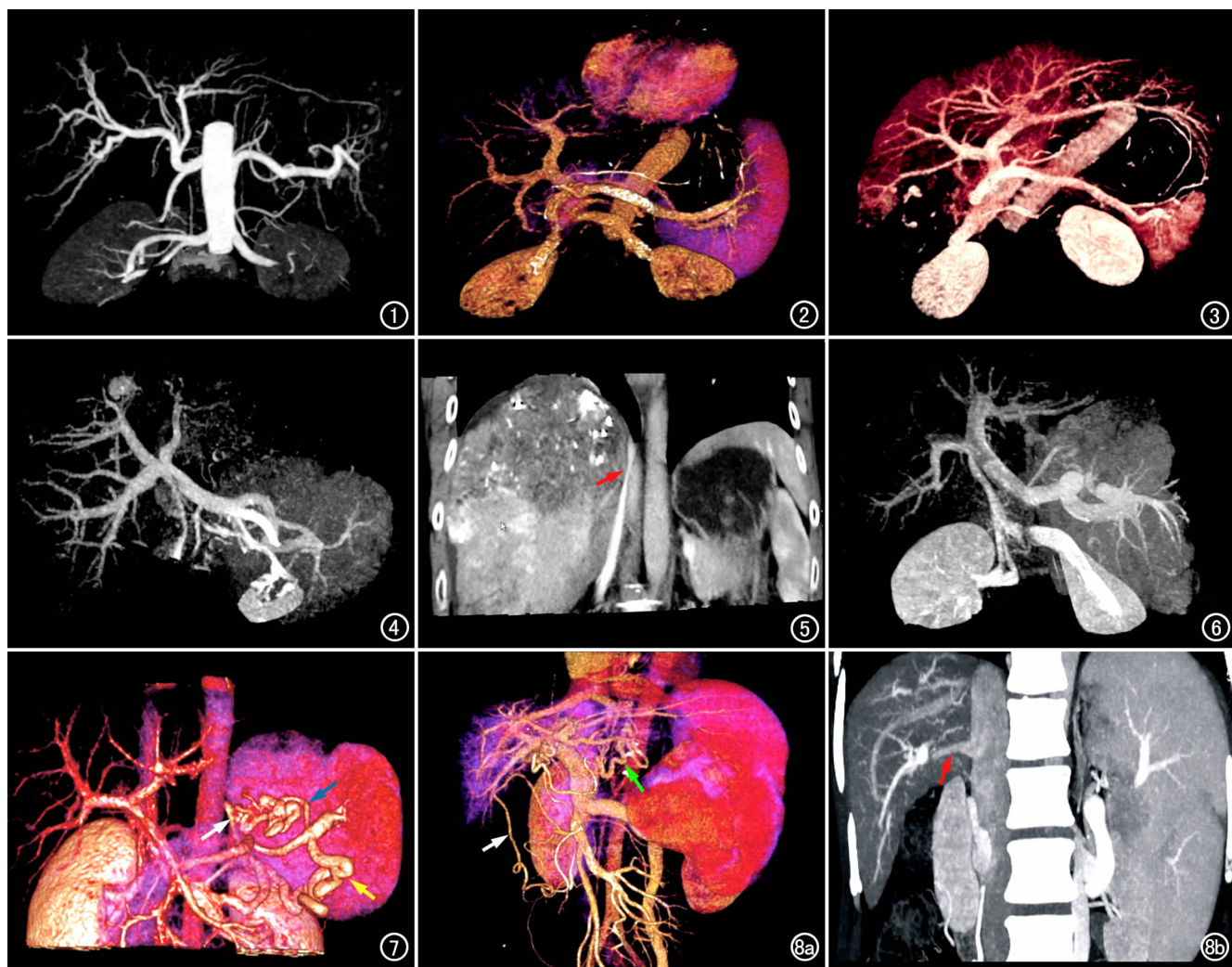


图1 肝硬化患者 MIP 重建可显示 3 级肝动脉分支。图2 门脉多期融合 VR 重组图像,显示正常门脉 3 级分支。图3 门脉多期融合 VR 重组图像,显示正常门脉 4 级分支。图4 肝硬化合并 HCC 患者,门脉多期融合 MIP 图像可显示肝内 3 级门脉分支。图5 肝硬化合并巨块型肝癌患者,多期融合成像冠状面 MIP 图像示下腔静脉受压、变细(箭)。图6 肝硬化患者,门脉多期融合 MIP 图像,显示门脉主干及脾静脉迂曲扩张。图7 肝硬化患者,门脉多期融合 VR 图像,显示曲张的胃底静脉由胃后静脉(蓝箭)及胃短静脉(白箭)供血,并可见脾-肾静脉分流(黄箭)。图8 肝硬化患者。a) 依据血管的达峰时间进行血管成像,VR 图像直观显示肝静脉及门静脉的形态,食道-胃底静脉(绿箭)及脐静脉曲张(白箭); b) 冠状面 MIP 图像示肝右后静脉(箭)于第 3 肝门处汇入下腔静脉。

门静脉的强化程度明显优于肝实质,使 P-L 值增加,提高了门静脉图像的信噪比和对小血管的显示效果。此外,本研究中对对比剂注射后以相同速率注射盐水进行冲管,既增加了患者水化程度,降低了对比剂肾病发生的可能,又维持了对比剂团注的效果,增加了残留于外周静脉内的对比剂的利用率,一定程度上弥补了门静脉成像对比剂剂量的不足。并且肝灌注成像采用 370 mg I/mL 的高浓度碘对比剂,在相同对比剂剂量时,也较低浓度对比剂更有利于提高门脉强化程度。

640 层 CT 容积扫描时 X 线管旋转一周的时间为 0.5 s/r,层厚 0.5 mm,Z 轴的空间分辨率高,能降低部分容积效应的影响,提高对小血管的显示能力,且肝动脉强化显著、显示效果好,但因空间分辨率提高的同时

密度分辨率降低,对门静脉成像质量有一定影响。为增加图像的信噪比,提高血管清晰度及单期容积扫描时未充盈门静脉的显示效果,本研究中选取 P-L 值最大的 3 期容积数据进行门脉多期融合成像,经统计学分析发现,多期融合成像在显示门静脉的清晰度及细小分支方面明显优于单期成像,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。本组中 3 组检查者的体重为 (59.34 ± 7.85) kg, BMI 为 (20.97 ± 1.92) kg/m²,多期融合成像 A、B、C 组中能显示的门脉分支分别为 3~4、2~3 和 1~2 级,基本能满足临床诊断的需要。但对于体质量 > 65 kg、BMI 大于 22.5 kg/m² 的患者,仍需根据 P-L 值最大的时相来设定扫描延迟时间,加大对对比剂剂量进行血管成像以保证图像质量。

MSCTP 能显示肝硬化侧支血管及其曲张程度^[7], 吴东等^[8]报道 MSCTP 与门静脉造影显示门静脉侧支循环的符合率达 95.3%。本组 50 例肝硬化患者中侧支循环开放者 21 例, 与同期 MSCTP 检查同一扫描范围内显示的侧支血管一致。VR 图像立体感强, 门脉侧支形成时门脉强化程度虽降低, 但通过多期融合成像、调节 VR 阈值及透明度, 大多数患者仍可观察门脉的形态, 容积扫描基础上 MPR 图像的各向同性与原始图像接近、空间分辨率高, 而 MIP 图像对小血管的显示较好, 三者结合可准确观察食道-胃底静脉曲张的部位, 为临床治疗方案的选择提供依据。

肝静脉的强化依赖于肝血窦中对比剂的逐级汇合, 其成像较门静脉困难。本研究中三组患者大部分仅能显示肝静脉的 1 级分支, A 组中肝静脉未显示者 3 例、B 组 5 例、C 组 9 例, 分析原因主要是对比剂总量较少所致。TDC 显示肝静脉增强达峰值时肝实质强化处于缓慢下降期-平台期, 肝静脉峰值时间与肝静脉-肝实质最大密度差值的时间接近, 因此可依据其达峰时间进行血管成像。本组肝硬化患者对比剂总量增至 100~120 mL(追加 40 mL 生理盐水), 在肝静脉峰值时间的基础上后延 4~5 s 进行肝静脉成像, 除 4 例门脉侧支广泛伴大量腹水的患者肝静脉显影浅淡, 其余患者均获得较满意的肝静脉图像。肝静脉除 3 大主支, 还包括引流尾状叶的小静脉和第 VI、VII 肝段的右后下肝静脉。肝右后下静脉的显示率约为 15%^[9], 明确其数量, 大小及引流范围等对指导临床上进行肝叶切除和肝静脉流出道重建有重要作用, 可避免术中损伤出血及术后肝淤血。本研究中肝静脉成像时显示肝右后下静脉 8 例。

下腔静脉肝段位于肝尾状叶与肝右叶之间, 是肝静脉及副肝静脉汇入下腔静脉的通路, 了解其汇入方式和部位对尾状叶切除、直接性肝内门腔分流术穿刺部位和肝移植切除平面的选择均至关重要。下腔静脉管径较大、管壁较薄, 当对比剂注射流率过快时可出现边流现象, 或者扫描时间太早时下腔静脉内对比剂充盈不均, 均可能影响对病变的观察。本研究中下腔静脉达峰值时其内密度并不均匀, 选取其强化较均匀的

3~5 期容积数据进行多期融合成像, 通过 MIP 和 MPR 重组, 有 36 例患者的下腔静脉及肝静脉汇入部位显示较好。

总之, 利用 640 层 CT 肝灌注成像容积数据进行血管成像, 能清晰显示肝动脉; 对体质量 < 65 kg、BMI < 22.5 kg/m² 的患者, 通过多期融合技术可观察门脉及门脉侧支循环的情况, 显示下腔静脉的大体形态; 根据肝灌注成像肝静脉达峰时间来确定延迟时间, 能提高血管成像质量, 为肝硬化患者治疗提供全面的影像资料。

参考文献:

- [1] Tanikake M, Shimizu T, Narabayashi I, et al. Three-dimensional CT angiography of the hepatic artery: use of multi-detector row helical CT and contrast agent[J]. Radiology, 2003, 227(3): 883-889.
- [2] Takahashi S, Murakami T, Takamura M, et al. Multi-detector row helical CT angiography of hepatic vessels: depiction with dual-arterial phase acquisition during single breath hold[J]. Radiology, 2002, 222(1): 81-88.
- [3] Menzel HG, Schibilla H, Teunen D. Guidelines on radiation dose on the patient. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography[D]. London: European Commission's Radiation Protection Actions, 2006: 32-33.
- [4] 张龙江, 杨亚英, 杨桂芬, 等. 国人肝动脉解剖及变异: 160 例多层螺旋 CT 血管造影分析[J]. 放射学实践, 2004, 19(16): 401-404.
- [5] Tanikake M, Shimizu T, Narabayashi I, et al. Three-dimensional CT angiography of the hepatic artery: use of multi-detector row helical CT and a contrast agent[J]. Radiology, 2003, 227(3): 883-889.
- [6] 顾美芳, 陆蓉, 施裕新, 等. 16 层螺旋 CT 肝脏血管成像扫描技术探讨[J]. 临床放射学杂志, 2007, 26(4): 376-379.
- [7] Nakayama Y, Imuta M, Funama Y, et al. CT portography by multi-detector helical CT: comparison of three rendering models[J]. Radiat Med, 2002, 20(6): 657-675.
- [8] 吴东, 周康荣, 陈祖望, 等. 螺旋 CT 门静脉成像评价门脉高压的价值[J]. 临床放射学杂志, 2001, 20(10): 767-770.
- [9] 曾蒙苏, 严福华, 周康荣. 螺旋 CT 增强扫描显示肝静脉和门静脉及其解剖学形态的临床分析[J]. 中华放射学杂志, 2000, 34(5): 345-348.

(收稿日期: 2016-02-22 修回日期: 2016-05-11)