

· 综述 ·

肝硬化血流动力学双能CT定量研究进展*

1. 汕头大学医学院 (广东 汕头 515041)

2. 北京大学深圳医院医学影像中心 (广东 深圳 518036)

唐润辉^{1,2} 王成林²

【关键词】肝硬化; 双能CT; 血流动力学

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】国家科技支撑项目(编号: 2013BAI07B100); 2014年深圳市科技创新委员会知识创新计划(编号: JCYJ20140415162338812)

DOI: 10.3969/j.issn.1009-3257.2015.01.23

The Progress of Dual-energy CT Quantitative Research on Haemodynamics of Liver Cirrhosis*

[Key words] Liver Cirrhosis; Dual-energy; Haemodynamics

目前关于肝硬化血流动力学的研究方法主要有CT灌注成像、MR灌注成像等,但是以上成像方法存在扫描方法复杂、时间长及需要患者呼吸配合度较高,各种研究结果差异较大,临床推广应用受限。双能CT成像能瞬时高低能量切换扫描获得高低两组扫描数据,实现物质分离定量功能,从而实现肝硬化血流动力学精确定量测定,为临床诊断早期肝硬化提供重要影像学参考依据。

1 双能CT成像原理及特点

1.1 双能CT成像的基本原理 双能CT成像基于单源瞬时kVp切换技术,能在小于0.5ms内使用高低球管电压(80、140kVp)瞬时切换并实现两组数据同时采样,测量出物质的X线衰减系数。每种物质都有其对应的X线衰减的特征吸收曲线,根据已知不同物质的质量吸收系数随能量变化的关系,计算出感兴趣物质在各个能量点对X线的吸收,即可确定该物质的特征性吸收曲线,并可获取其他40~140KeV能量范围内的单能量图像。

1.2 双能CT定量测定肝硬化血流动力学基础 双能CT成像中,任何感兴趣物质可通过高、低两组电压扫描的X线衰减图像可以表达为两种基

物质的密度图,这个过程就是物质分离(material decomposition)^[1]。肝脏由肝动脉及门静脉双重供血,在肝动脉期(hepatic Arterial Phase, HAP),肝脏首先由肝动脉供血,故在此阶段测量肝实质的碘基值的主要反映肝动脉血流量;在门静脉期(Portal Venous Phase, PVP),此阶段由门静脉供血为主,但仍有肝动脉的血流,此时碘基值由肝动脉和门静脉血流所携带的碘含量所决定。肝动脉碘分数(AIF)为HAP碘浓度与PVP碘浓度比值,反映了肝动脉血供占全肝血供的比例。双能CT物质分离的碘基图上表达是在增强扫描中碘的空间和时间分布信息^[2],测量肝脏增强扫描不同时期肝实质碘的含量,可以反映肝实质摄取碘的能力,从而反映据此反映肝硬化患者血流动力学的改变。

1.3 双能CT测定肝硬化血流动力学的优越性 ①

具有精确物质定量功能:双能CT成像通过高、低两组电压扫描的X线衰减图像可以表达为两种基物质的密度图,从而实现物质分离及碘基物质的精确定量,从而精确测定肝脏血供情况。②简便的扫描方法及多种参数分析:双能CT使用常规含碘造影剂,使用传统模式平扫、动脉期及门静脉期能谱成像模式(gemstone spectral imaging, GSI)增强扫描,扫描时间短,利用GSI浏览器进行数据后处理分析,可获得如基物

质碘-水浓度,有效原子充数,能谱曲线等多种参数分析。③辐射剂量较低 双能CT在球管和探测器等方面进行了革新,不但采用高纯度和高通透度、性能稳定的宝石作为探测器材料,而且运用统计噪声及迭代的方法加以抑制,使得双能CT能够在更低的剂量下,获得更为清晰的图像质量。Purysko研究^[3]表明,在同一毫安的扫描条件下,双能CT的剂量长度乘积(DLP)、有效剂量分别为864.84mGy-cm、12.97mSv,低于单能CT(120KVp)1371.11mGy-cm,20.57mSv,但图像质量无明显差别。

2 肝硬化双能CT血流动力学特点

2.1 肝动脉缓冲效应 肝脏由肝动脉和门静脉系统共同供血,门静脉约占70%~75%,肝动脉约占25%~30%。当肝硬化时,门静脉血管扭曲、减少,出现了门脉高压,门静脉灌注减少,此时肝动脉对肝脏的血供逐渐增加,这称为肝动脉缓冲效应^[4]。Peijie Lv^[5]等研究结果显示,肝硬化病人门静脉期(PVP)碘浓度低于正常肝脏,肝硬化肝实质动脉期与门静脉期碘浓度比(Ica/Icp)约为 0.4 ± 0.15 ,高于正常肝脏对照组的 0.3 ± 0.15 ,肝动脉碘分数(AIF)增大,肝脏动脉灌注成分增加,证实肝动脉缓冲效应的存在。

2.2 肝血流灌注量的影响 谭宏文等^[6]对33例肝硬化及20例正常肝脏对照研究发现,肝硬化的门静脉碘浓度 $5.40 \pm 0.35 \text{ mg I ml}^{-1}$ 高于正常肝脏 $4.83 \pm 0.080 \text{ mg I ml}^{-1}$,认为可能是由于肝门静脉远端不断吸收碘剂而经肝回流障碍导致碘剂随血液在门静脉淤积,导致门静脉碘浓度升高;肝硬化组门静脉期肝实质与门静脉的碘浓度的比值 0.46 ± 0.07 ,低于正常肝脏 0.61 ± 0.08 ,其认为发生肝硬化时门脉压力升高,门静脉灌注减少,门静脉经肝回流血流比例减少。李卫侠^[7]等报道能谱CT检查在单能量为70keV时的肝硬化组动脉期Ⅱ段及Ⅳ段70keV的CT值有所下降,Ⅰ至Ⅷ段的碘浓度、水浓度及Eff-Z值无明显改变;门脉期Ⅰ段至Ⅷ段70keV的CT值、有效原子充数(Eff-Z)和碘浓度均较正常组有所下降,其认为尽管肝硬化患者肝动脉血供增加一定程度上弥补门静脉血流量的减少,但肝脏总的灌注量有不同程度减少,以终末期肝硬化改变为著。

3 双能CT在肝硬化的临床应用

3.1 测定肝叶间血供的差异 由于肝脏本身双重血供的特点,肝叶间的血供存在差异。丁贺宇^[9]等研究显示肝硬化左外叶、左内叶及右叶AIF分别为 $28.55 \pm 12.47\%$ 、 $25.43 \pm 12.43\%$ 和 $27.56 \pm 12.16\%$,高于正常组的 $20.68 \pm 7.74\%$ 、 $19.38 \pm 7.46\%$ 和 $21.76 \pm 6.60\%$,考虑肝硬化时肝细胞广泛变性坏死,假小叶形成,导致门静脉供血减少,肝动脉供血代偿性增加所致。肝硬化左叶的肝动脉供血增高,以左外叶为著,这是因为肝左叶的肝动脉供血比例高于右叶,门脉供血急剧锐减,通过肝动脉缓冲效应,这部分肝组织可以得到有效的保护并维持肝脏的部分代谢功能,故肝硬化时左外叶体积代偿性肥大,这与肝硬化CT灌注扫描研究^[10]得到的结论相近。肝尾状叶供血量及供血比例较正常肝脏无明显改变。研究发现肝硬化与正常组尾状叶AIF分别为 $33.21 \pm 8.55\%$ 、 $30.02 \pm 7.36\%$,两者之间差异无统计学意义,这可能是尾状叶血供丰富^[10],受门静脉灌注影响较小有关。

3.2 评价肝硬化血供的特点及肝功能损害程度 ZHAO等^[8]认为肝硬化门静脉期血流量较正常有不同程度肝脏下降,其研究显示肝动脉期正常肝脏、肝硬化组Child-Pugh A级、B级、C级的碘含量(mg I ml^{-1})分别为0.90、0.84、1.05、1.20,肝动脉血供总体呈上升趋势;门静脉期Child-Pugh A级、B级、C级碘含量(mg I ml^{-1})依次为3.41、2.91、2.77、1.20,且随着肝硬化程度加深,下降越明显。Peijie Lv等^[5]研究结果显示,肝硬化Child-Pugh C级肝动脉期碘浓度较A、B级升高,正常肝脏组、肝硬化Child-Pugh A级、B级、C级肝动脉碘分数(AIF)分别为 0.3 ± 0.15 , 0.4 ± 0.21 , 0.4 ± 0.10 , 0.5 ± 0.14 ,随着肝功能损害加重,AIF呈递增趋势,提示随着肝硬化程度的加重,出现了门脉高压,门静脉向肝脏的回流受阻,门静脉灌注减少,此时肝动脉对肝脏的血供逐渐增加,肝动脉供血比例增加,肝硬化终末期甚至以肝动脉供血为主。

3.3 预测肝硬化食管静脉曲张的破裂的风险 张军等^[11]对各30例肝硬化并发食管静脉曲张破裂(esophageal varices bleeding, EVB)及无并发EVB肝硬化行研究显示,当胃冠状静脉(gastric coronary vein, GCV)直径临界值为5.8mm时,发生EVB的敏感性及特异性为73.3%与63.3%。由于门静脉高压时,肝右叶门静脉血流量减少更加显著,故结合肝右叶碘浓度与GCV直径进行联合分析肝硬化EVB发生的风险。

险,其样本回代符合率达88.3%,高于单个GCV直径指标,可通过联合诊断在门静脉高压患者中早期筛选出即将发生EVB患者,有助于降低肝肝硬化患者并发症的发生率及死亡率。

4 影响因素

双能CT研究血流动力学是基于碘基物质进行的,由于个体差异较大,造影剂经血流达到肝脏的时间及量有所差异。从静脉团注造影剂后,不同扫描时间对有肝硬化血流动力学研究精确性及可比性有着较大影响。确立动脉期扫描的开始时间对于AIF值的准确测定影响较大。如果扫描时间偏早,由于动脉灌注时间短,肝实质碘浓度较低,导致动脉期肝实质碘含量偏低,AIF值也偏低;如果动脉期扫描时间偏后,此时测得的肝实质碘浓度偏高,而门静脉期测得肝实质碘浓度偏低,AIF值偏高。Foley等^[12]认为增强扫描动脉期的开始扫描时间应为动脉晚期,在CT图像上表现为门静脉密度轻度升高,但肝静脉仍显示低密度,此时能使肝实质得到充分的肝动脉灌注。有学者^[5]为减少开始扫描时间及患者个体化的差异,采用肝脏碘浓度与主动脉碘浓度之间的比值作为标准碘浓度(normalized iodine concentration, NIC)作为研究参数,使不同患者间碘浓度更具可比性。

5 肝硬化双能CT总结和研究展望

双能CT可以使用常规的扫描方案、在患者行常规腹部CT增强扫描时,以一种较为方便的方式获得肝脏血流动力学参数,完成肝硬化形态学诊断的同时进行肝脏血流动力学功能评估,是一种研究肝脏血流动力学优越的成像方式,与肝硬化肝功能分级有良好相关性,具有临床推广应用价值。但由于双能CT应用时间仍较短,在肝硬化血流动力学研究仍显不足,需要进一步完善能谱CT诊断肝纤维化的特异性、敏感性、阈值等参数,为将来能谱CT进一步运用于临床肝纤维化诊断奠定基础。

参考文献

- [1] Liu X, Yu L, Primak AN, McCollough CH. Quantitative imaging of element composition and mass fraction using dual-energy CT: three-material decomposition[J]. Med Phys 2009; 36:1602-1609.
- [2] Karcaaltincaba M, Aktas A. Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and applications[J]. Diagn Interv Radiol, 2011, 17(3): 181-194.
- [3] Purysko AS, Primak AN, Baker ME, et al. Comparison of radiation dose and image quality from single-energy and dual-energy CT examinations in the same patients screened for hepatocellular carcinoma[J]. Clin Radiol. 2014 Dec; 69(12): e538-44.
- [4] Lautt WW. Regulatory processes interacting to maintain hepatic blood flow constancy: vascular compliance, hepatic arterial buffer response, hepatorenal reflex, liver regeneration, escape from vasoconstriction[J]. Hepatol Res. 2007; 37: 891-903.
- [5] aLv P, Lin X, Gao J, Chen K. Spectral CT: Preliminary Studies in the Liver Cirrhosis [J]. Korean J Radiol. 2012 Jul-Aug; 13(4): 434-42.
- [6] 谭宏文, 孙明华, 史大鹏. 能谱CT碘浓度对肝硬化门静脉期的血流变化评价[J]. 河南医学研究, 2014, 02: 54-56.
- [7] 李卫侠, 柴维敏, 杜联军等. 不同程度肝纤维化的肝脏多层螺旋CT灌注成像初步研究[J]. 中华消化杂志, 2009, 29: 231-235.
- [8] Zhao L-Q, He W, Yan B, Wang H-Y, Wang J. The evaluation of haemodynamics in cirrhotic patients with spectral CT[J]. Br J Radiol. 2013 Aug; 86(1028): 20130228.
- [9] 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, 06: 52-55.
- [10] Wang X, Xue HD, Jin ZY, et al. Quantitative hepatic CT perfusion measurement: Comparison of Couinaud's hepatic segments with dual-source 128-slice CT[J]. Eur J Radiol. 2013 Feb; 82(2): 220-6.
- [11] Park M Y, Lee Y J, Rha SE, et al. Correlation of portal venous velocity and portal venous flow with short-term graft regeneration in recipients of living donor liver transplants[J]. Transplantation Proceedings, 2008, 40(5): 1488-1491.
- [12] 张军, 邓克学. 能谱CT预测肝硬化门静脉高压患者并发食管静脉曲张破裂出血风险[J]. 中国医学影像技术, 2012, 12: 2201-2205.
- [13] Foley WD, Mallisee TA, Hohenwarter MD, Wilson CR, Quiroz FA, Taylor AJ. Multiphase hepatic CT with a multirow detector CT scanner. AR Am J Roentgenol 2000; 175: 679-85.

【收稿日期】2015-01-29