

320 排 CT 曲面重组肝脏灌注成像的可行性研究

刘家祎, 温兆赢, 张兆琪, 晏子旭

【摘要】 目的:探讨 320 排 CT 全肝灌注成像结合肝脏曲面重组(CPR)技术临床应用的可行性和价值。**方法:**36 例患者(正常肝脏 20 例,肝细胞癌 16 例)行 CT 动态容积扫描,经图像后处理分别获得横轴面和曲面重组肝脏灌注图像。**结果:**正常肝脏在 CPR 和横轴面图像上测得的肝动脉灌注(HAP)值分别为 (29.3 ± 6.3) 和 (31.1 ± 5.0) ml/(min·100ml),门静脉灌注量(PVP)分别为 (96.1 ± 15.2) 和 (94.3 ± 12.7) ml/(min·100ml),肝灌注指数(HPI)为 $(23.4 \pm 5.8)\%$ 和 $(24.8 \pm 6.2)\%$,BF 分别为 (125.4 ± 15.2) 和 (124.5 ± 15.6) ml/(min·100ml),TTP 分别为 (19.2 ± 3.2) s 和 (20.8 ± 2.8) s;肝细胞癌在 CPR 和横轴面图像上测得的 HAP 分别为 (61.8 ± 5.7) 和 (62.3 ± 5.3) ml/(min·100ml),PVP 分别为 (32.8 ± 4.5) 和 (33.4 ± 5.3) ml/(min·100ml),HPI 分别为 $(65.3 \pm 6.1)\%$ 和 $(66.1 \pm 6.7)\%$,BF 分别为 (254.8 ± 20.5) 和 (257.4 ± 21.8) ml/(min·100ml),TTP 分别为 (11.2 ± 3.2) s 和 (11.9 ± 3.8) s,在 CPR 和横轴面图像上测量的各项灌注参数差异均无显著性意义($P > 0.05$)。**结论:**肝脏 CPR 和常规横轴面灌注图像的诊断能力相同,但 CPR 灌注图像可以保证在同一图像上同时显示主动脉、门静脉、脾脏及肝内任意部位的病变,尤其对远离肝门的病变具有明显优势。

【关键词】 肝脏; 体层摄影术, X 线计算机; 图像处理, 计算机辅助; 灌注成像

【中图分类号】 R814.42; R735.7 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)11-1189-04

320 multidetector CT curved planar reformation technique in hepatic perfusion imaging LIU Jia-yi, WEN Zhao-ying, ZHANG Zhao-qi, et al. Department of Radiology, Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the clinical application and the value of 320 multidetector CT (MDCT) curved planar reformations (CPR) in hepatic perfusion. **Methods:** Thirty-six patients were analyzed. There were 20 patients in normal group, 16 patients in hepatic cancer group. All patients underwent dynamic volume CT scan, then axial and CPR images were reconstructed separately to perfusion data at same location. **Results:** The HAP, PVP, BF, HPI and TTP measured from normal group were: (29.3 ± 6.3) , (96.1 ± 15.2) and (125.4 ± 15.2) ml/(min·100ml), $(23.4 \pm 5.8)\%$ and (19.2 ± 3.2) s on CPR images. The corresponding perfusion data measured from normal group were: (31.1 ± 5.0) , (94.3 ± 12.7) and (124.5 ± 15.6) ml/(min·100ml), $(24.8 \pm 6.2)\%$ and (20.8 ± 2.8) s, respectively, on axial images. The perfusion data measured from hepatic cancer group were: (61.8 ± 5.7) , (32.8 ± 4.5) and (254.8 ± 20.5) ml/(min·100ml), $(65.3 \pm 6.1)\%$ and (11.2 ± 3.2) s on CPR images. The corresponding perfusion data measured from hepatic cancer group were: (62.3 ± 5.3) , (33.4 ± 5.3) and (257.4 ± 21.8) ml/(min·100ml), $(66.1 \pm 6.7)\%$ and (11.9 ± 3.8) s, respectively, on axial images. There were no significant difference ($P > 0.05$) between the CPR and axial perfusion data. The TDC was similar between the axial and CPR perfusion of the same patients. **Conclusion:** There was no significant difference between the axial and CPR perfusion in diagnosing liver diseases. But aorta, portal vein, spleen and lesion in any position of the liver can be shown on one CPR perfusion image, especially lesions far from hepatic portal of liver.

【Key words】 Liver; Tomography, X-ray computed; Image preprocessing, computer-aided; Perfusion imaging

器官微循环的血流动力学状态称为灌注,反映肝脏灌注状态的成像方法称为肝脏灌注成像。肝脏具有双重供血,正常肝脏的肝动脉与门静脉血供比为 1:3,在各种病理情况下,肝动脉系统、门静脉系统以及肝静脉系统之间的血流动力学发生更为复杂的变化。近年来,肝脏 CT 灌注成像技术已逐渐成熟并成为研究的热点,320 排 CT 明显增加了机架旋转一圈所覆盖的范围,能够在不移床的情况下完成全肝脏灌注检查,使测量的灌注参数值更接近生理状态。传统的横轴面灌注成像因无法将远离肝门的病变与门静脉、肝动脉和脾脏同层显示而无法进行灌注分析。为了进行全肝

脏的灌注成像分析,尤其是对远离肝门病变的分析,笔者进行了 CPR 灌注成像的研究工作。目前,关于 CPR 灌注的研究国内外尚无报道,本文通过探讨 CPR 技术在肝脏灌注成像中应用的可行性,旨在能得出较准确的远离肝门病变的灌注图像及灌注参数,更全面地反映肝脏的血流灌注特征。

材料与方法

1. 仪器设备

采用 Toshiba Aquilion One 320 CT 机,美国 Medrad 双筒高压注射器,图像后处理工作站为 Vetra 工作站(日本东芝公司),灌注分析使用 Ideal 影像工作站 V1.0(北京通和兴业科技有限公司)。

作者单位: 100029 北京,首都医科大学附属安贞医院放射科

作者简介:刘家祎(1976—),男,黑龙江人,硕士,主治医师,主要从事心脏及腹部影像诊断及技术研究工作。

2. 研究对象

选择 20 例进行肝脏检查的患者进行前瞻性灌注检查,既往均无肝炎、肝硬化病史,无明显脂肪肝,各种生化指标(转氨酶、白蛋白、胆红素、血脂)在正常范围。其中男 7 例,女 13 例,年龄 34~71 岁,平均 46.7 岁。回顾分析 16 例肝细胞癌患者的病例资料,其中巨块型肝细胞癌 8 例,结节型肝细胞癌 7 例,弥漫性肝癌 1 例,病灶最大者 16 cm×14 cm,最小 1.4 cm×1.8 cm。所有病例均经 CT 引导穿刺活检或手术病理证实,其中远离肝门病灶 7 例(肝左外叶上段 4 例、肝右后叶上段 1 例、肝右后叶下段 2 例)。本研究经安贞伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

3. 扫描方案及参数

患者空腹,于肘前静脉留置 20G 的静脉套管针,扫描前 10 min 口服清水 500 ml,扫描时加用腹带,扫描过程中嘱患者平静呼吸,先行上腹部 CT 平扫,确定肝脏范围,再应用动态容积扫描模式,使用双筒高压注射器以 5 ml/s 流率注入对比剂典必乐(370 mg I/ml) 50 ml,并随即用生理盐水 20 ml 以同样流率注入,所有患者均于注入对比剂后 8 s 开始全肝灌注扫描。主要扫描参数:320i×0.5 mm,100 kV,100 mA,0.5 s/r,注入对比剂后 10~30 s 扫描间隔 2 s,37~57 s 间隔 4 s,64~88 s 间隔 8 s,共扫描 21 次,以使对比剂在肝脏循环形成完整的动态增强曲线。剂量长度乘积(dose-length product, DLP)为 820.6 mGy·cm,小于国际辐射防护委员会(international commission on radiological protection, ICRP)设定的常规成人肝脾扫描放射剂量标准(DLP 900 mGy·cm)。

4. 灌注成像方法

将容积数据传入 Vetra 后处理工作站,选择第一肝门层面,门静脉内对比剂密度最高的期相,用 Body Registration 软件进行自动对位,保证每个期相第一肝门层面处于同一位置。以横轴面图像为基础,也可在冠状、矢状面图像上进行画线,沿脾脏长径、主动脉及门脉中心点及病灶中心走行,从起点至终点以鼠标进行选点画线,沿所选路径得到垂直于包含该路径全长的 CPR 图;在第一肝门层面(或其它不同层面)重建获得横轴面图。在 CPR 图和横轴面图上选择主动脉、门静脉及脾脏取兴趣区(region of interest, ROI),利用去卷积模型算法,通过肝脏 CT 灌注

软件进行分析。

分析方法:观察所得到的时间-密度曲线(time density curve, TDC),比较 CPR 图和轴面图像上主动脉、门静脉、肝脏及病灶的 TDC 形态的差异。在病灶内或正常肝实质不同部位分别取 3 次 ROI,所取 ROI 尽量大,以减少噪声,并应避开大血管及坏死区。ROI 选择完成后,即可生成灌注伪彩图,并得到其灌注参数包括肝动脉灌注量(HAP)、门静脉灌注量(PVP),肝灌注指数(HPI)、肝血流量(BF)及峰值时间(TTP)。三次采集灌注参数值然后取平均值,比较 CPR 图和轴位图像上测量的各灌注参数值的差异。

所有图像由两位有经验的医师进行分析。两位操作者分别间隔 1 个月再对所有 CPR 灌注图像重新测量,以评价 CPR 灌注成像时操作者的可重复性。

5. 统计学处理

采用 SPSS 13.0 软件,对 CPR 和横轴面图像上所测量的灌注数据采用配对 *t* 检验,操作者间及操作者自身对肝癌 CPR 灌注参数测量的重复性采用配对 *t* 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 全肝灌注模式成像效果

所有病例均完成了全肝灌注成像检查,7 例(7/36)远离肝门病灶不能与主动脉、门静脉、脾脏在同一个平面显示,无法获得病灶的横轴面灌注伪彩图,而在 CPR 灌注伪彩图像上病灶均能获得很好地显示。29 例(29/36)病灶在轴面及 CPR 灌注伪彩图上均获得较满意的灌注成像效果(图 1)。

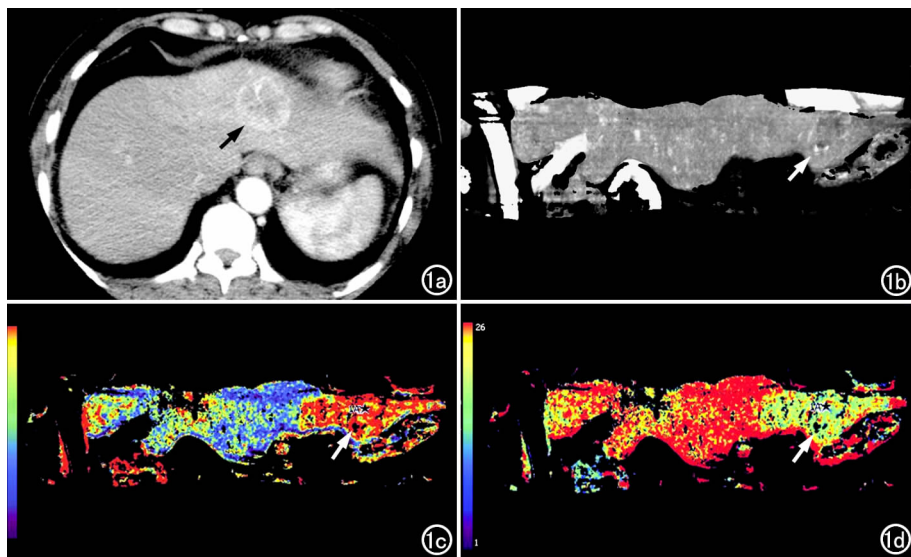


图 1 肝左叶肝癌。a) 横轴面增强扫描动脉期,示肝左叶顶部类圆形不均匀强化肿块(箭); b) CPR MIP 图,示主动脉、门静脉、脾脏及病灶(箭)在同一平面; c) CPR 灌注 HAP 伪彩图,示肿块肝动脉灌注增加呈红色(箭); d) CPR 灌注 PVP 伪彩图,示肿块门静脉灌注减少呈绿色(箭)。

2. TDC 形态

正常肝实质 TDC 呈动脉期曲线上升缓慢,门静脉期上升较快并达峰值;肝细胞癌 TDC 表现为动脉期曲线迅速上升并在脾峰附近达到峰值,呈速升型,曲线峰值明显前移。

3. 灌注参数值分析

本组患者 CT perfusion 专用灌注软件,时间轴以帧数为单位(而其它同类软件时间轴以秒为单位),经换算获得的灌注参数值见表 1~4。

表 1 正常肝组织横轴面和 CPR 灌注成像各参数值的比较

指标	横轴面	CPR	t 值	P 值
HAP	31.1±5.0	29.3±6.3	0.832	0.430
PVP	94.3±12.7	96.1±15.2	0.635	0.538
HPI(%)	24.8±6.2	23.4±5.8	0.972	0.346
BF	124.5±15.6	125.4±15.2	1.575	0.139
TTP(s)	20.8±2.8	19.2±3.2	1.660	0.118

注:HAP、PVP 和 BF 单位为 ml/(min·100ml)。

表 2 两位操作者对肝癌 CPR 灌注参数的测量结果

指标	操作者 1	操作者 2	t 值	P 值
HAP	61.2±8.4	62.3±7.8	0.816	0.427
PVP	32.8±4.8	32.9±4.5	0.699	0.489
HPI	65.1±6.1	65.4±6.3	0.226	0.823
BF	256.9±21.0	254.1±18.9	1.244	0.229
TTP(s)	11.2±3.3	11.2±3.5	1.558	0.140

注:HAP、PVP 和 BF 单位为 ml/(min·100ml)。

表 3 操作者 1 在 CPR 图像上对肝癌灌注参数的测量重复性

指标	第 1 次	第 2 次	t 值	P 值
HAP	60.9±5.6	61.5±6.7	0.199	0.843
PVP	32.5±4.1	32.9±4.8	0.307	0.760
HPI	65.2±6.4	65.1±6.1	0.297	0.771
BF	254.9±19.1	256.9±19.8	1.191	0.242
TTP(s)	11.2±3.0	11.2±3.6	1.406	0.180

注:HAP、PVP 和 BF 单位为 ml/(min·100ml)。

表 4 操作者 2 在 CPR 图像上对肝癌灌注参数测量的重复性

指标	第 1 次	第 2 次	t 值	P 值
HAP	61.8±7.1	61.5±8.3	1.022	0.314
PVP	32.4±4.1	32.9±4.8	0.245	0.808
HPI	65.6±6.4	65.1±6.0	0.200	0.841
BF	252.6±18.5	256.7±18.1	1.524	0.148
TTP(s)	11.2±3.3	11.2±3.8	1.670	0.096

注:HAP、PVP 和 BF 单位为 ml/(min·100ml)。

由表 1 可以看出,正常肝组织横轴面和 CPR 图像上测量的灌注参数值无统计学差异,初步显示了 320 排 CT 曲面重组技术在肝脏灌注成像中的可行性。表 2 显示,两个操作者在 CPR 图像上测量的肝癌灌注参数在操作者间重复性较好。表 3、4 显示两个操作者在 CPR 图像上对肝癌灌注参数的测量结果的操作者内重复性较好。

讨 论

CT 灌注成像作为一种无创性评价器官、组织血

流灌注状态的功能成像方法,因操作简单,可测定多种灌注指标,在一次扫描过程中可同时显示良好的解剖细节及有关的灌注定量信息,并能得到近似真实灌注状态的彩色图像^[1]。在肝脏及其疾病的应用中较其它影像学检查方法正发挥着越来越明显的优势。

1. 320 排 CT 全肝灌注模式成像技术的优势

以往的单层或多层螺旋 CT 灌注成像技术在肝脏及其疾病的应用中,受到以下诸多限制:单层或多个层面扫描的扫描范围窄,不利于显示器官或病变的全貌,且易漏诊,极大地限制了其临床应用^[2,3];对患者屏气质量要求高,容易出现灌注分析失败,对年老体弱或婴幼儿患者以及不合作者的检查,受到限制更大,因呼吸运动影响,易产生图像漂移,导致测量结果不准确或检查失败^[4-6]。320 排 CT 全肝灌注扫描采用先进的动态容积扫描,无需屏气,扫描过程中不移动床位,扫描一圈覆盖的范围是 16 cm,其亚秒水平的时间分辨力和亚毫米级的空间分辨力保证了良好的图像质量,达到了容积扫描及各向同像性。后处理采用 Registration 自动对位,有效地降低图像的运动伪影。因而全肝灌注模式具有不可替代的优点:能够实现全脏器和/或病灶整体的大范围灌注成像,有利于灵活选择合适的层面设置 ROI,使获得的灌注参数更准确、更全面,扩大了临床应用范围。

2. CPR 图像上肝脏的灌注特征

正常肝实质 TDC 曲线表现为动脉期上升缓慢,门静脉期上升较快并达峰值,曲线走行自然;而肝细胞癌的 TDC 与肝实质明显不同,在动脉期迅速上升并达到峰值,呈速升型,曲线峰值明显前移,在脾峰值附近达峰值,而后可维持平衡或较快速下降。

灌注参数显示肝细胞癌为血供丰富的恶性肿瘤,病灶 HAP、HPI 和 BF 值均较肝脏正常组织明显增高,而 PVP 明显下降。这是因为肝细胞癌内部富含大量的新生血管,血流丰富,流速较快,血管内皮细胞结构不完整、基底膜稀疏且易于渗漏^[7]。

曲面重组是多层螺旋 CT 的一种特殊的二维重组方式,图像为厚度一个像素的垂直于所选路径的图像,可以通过路径的选择将感兴趣的纡曲器官全程及邻近组织在一帧 2D 图像上显示,使因弯曲度大难以显示的器官或病变全貌得以清晰显示,尤其适于管状或条带状的结构,如血管、结肠、胃十二指肠、输尿管、肺门支气管、颌骨、面神经管和脊柱等。而且曲面重组技术操作简单,图像重组时间一般不超过 5 分钟。CPR 灌注成像是在 CPR 技术基础上的同层灌注成像,对远离肝门层面的病变均能获得满意的灌注图像。传统的横轴面图像上灌注成像很难分析远离肝门的病变,而采用 CPR 方法,将脾脏、主动脉、门静脉及病灶中心重组

到同一层面上,从而使灌注分析得以实现,获得远离肝门层面病变的灌注曲线和灌注参数。因此,对远离肝门病变的灌注分析是 CPR 灌注的独特优势。

CPR 的诊断价值在很大程度上依赖于操作者对曲面的选择,如未选择在病灶和血管的最大径上,容易造成假象^[11,12]。因此,本研究 CPR 沿脾脏长径、主动脉及门脉中心点进行选择重组。由于算法的原因,从理论上讲 CPR 可能造成结构的变形,从而使测量不够准确,但本研究的结果表明在 CPR 灌注上各参数的测量具有较高的可重复性,三次测量的曲线和数值基本相近,且与横轴面灌注测量的各个参数值趋于一致,其数值较横轴面灌注值偏小,CPR 灌注的 TDC 与横轴面灌注相近,能够很好的反映肝脏血流灌注状态。这一方面是由于软件技术的改进,另一方面也可能与研究者示踪血管过程中严格沿血管中心走行有关^[13]。本研究中,远离肝门病变共 7 例,在横轴面图像上由于无法在同一层面显示主动脉、门静脉和脾脏,大部分软件不能进行血流灌注的评价,但是在 CPR 灌注中,能够形成病灶的 TDC 及灌注伪彩图,进行血流灌注分析,根据 TDC 和灌注伪彩图,得到的结论与临床和病理的最终结果一致。因此,CPR 灌注对远离肝门病变的血流灌注的分析中,较横轴面灌注具有明显优势,是横轴面灌注的一个很好补充。

总之,320 排 CT 全肝灌注扫描不仅克服了以往 CT 灌注成像的不足,而且操作简单实用,可以很好地在毛细血管水平上反映组织血流动力学改变;CPR 灌注作为全肝灌注的一种新的成像方法,是灌注分析从横轴面向容积过渡的较好方法,更好地显示了远离肝门层面的病变,增加了病变间的对比,具有较高的临床应用价值;但 CPR 灌注解剖层次显示不及横轴面图像,需结合横轴面灌注分析,且肝脏病变的血流变化错

综复杂,数据分析要紧紧密结合临床才有意义。

参考文献:

- [1] 王守安,白人驹. 肝脏 CT 灌注成像及临床应用现状[J]. 国外医学临床放射学分册,2003,26(6):372-376.
- [2] 周作福,黄洪磊,徐彪,等. 原发性肝细胞癌的 CT 灌注成像[J]. 中国医学影像技术,2006,22(2):272-274.
- [3] 江利,杨建勇,杨旭峰,等. 肝脏 CT 灌注成像技术及其在肝硬化中的初步应用[J]. 临床放射学杂志,2004,23(3):214-217.
- [4] 王爽,赵心明,林蒙,等. 原发性肝脏肿瘤的 CT 灌注研究[J]. 中国医学影像技术,2006,22(1):95-98.
- [5] 文利,丁仕义,周代全,等. 正常肝脏 CT 灌注的研究[J]. 第三军医大学学报,2002,24(6):670-673.
- [6] 史丽静,田建明,毕永民,等. 不同对比剂注射流率下多层螺旋 CT 肝脏灌注值的比较[J]. 中华放射学杂志,2005,39(10):1060-1063.
- [7] Leggett DA, Kelley BB, Bunce IH, et al. Colorectal cancer: diagnostic potential of CT measurements of hepatic perfusion and implications for contrast enhancement protocols [J]. Radiology, 1997,205(3):716-720.
- [8] Jang HJ, Choi B, Kim TK, et al. A typical small hemangiomas of the liver: "brightdot" sign at two phase spiral CT[J]. Radiology, 1998,208(2):543-546.
- [9] Miles KA, Griffiths MR. Perfusion CT: a worthwhile enhancement? [J]. Br J Radiol, 2003,76(4):220-231.
- [10] Quiroga S, Sebastia C, Palfisa E, et al. Improved diagnosis of hepatic perfusion disorders: value of hepatic arterial phase imaging during helical CT[J]. RadioGraphics, 2001,21(1):65-81.
- [11] 张翀,张云亭,李锋坦. 壶腹周围癌螺旋 CT 曲面重建诊断意义[J]. 天津医科大学学报,2008,14(2):192-194.
- [12] Nino-Murcia M, Jeffrey RB Jr. Multi-detector row CT and volumetric imaging of pancreatic neoplasms[J]. Gastroenterol Clin North Am, 2002,31(3):881-882.
- [13] 陈英敏,李宝山,刘蓉辉,等. 多层螺旋 CT 曲面重建技术在正常阑尾显示中的应用价值[J]. 中国医学影像技术,2006,22(1):111-113.

(收稿日期:2011-01-19 修回日期:2011-07-02)

下期要目

卵巢恶性肿瘤的 MRI 诊断与误诊原因分析
64 层螺旋 CT 在埋伏牙诊断中的应用价值
输尿管结核伴结核性腹膜炎的 CT 诊断
卵巢畸胎瘤的 MRI 诊断
胰尾、脾门区域占位病灶 CT 诊断及鉴别诊断
侵袭性纤维瘤病的 CT 和 MRI 表现
恶性纤维组织细胞瘤影像征象分析与诊断

原位裸小鼠肝癌模型的建立及高场 MR 成像的实验研究
二氧化碳激发试验评估脑血管储备功能的临床研究
冠脉钙化积分扫描对前门控冠脉成像扫描长度的界值确定研究
脂肪成分在肾上腺髓样脂肪瘤 CT 和 MRI 诊断中的价值分析
MSCT 和 DSA 用于 HCC TACE 术后复发诊断价值的比较
经导管动脉灌注术缓解胰腺癌癌性疼痛的疗效分析
节段性狭窄闭塞型布-加综合征的介入治疗