

## • 腹部影像学 •

## 双源 CT 双能量碘图评价主动脉病变肾灌注水平

高立, 袁旭春, 邱翔, 胡国迎, 廖文凌, 侯金成

**【摘要】 目的:**探讨双源 CT 双能量成像碘图评价主动脉病变患者肾灌注水平的临床应用价值。**方法:**10 例主动脉病变患者行 CT 血管成像(CTA)后行双能量扫描,应用 Liver VNC 程序,重建肾灌注碘图,测量双肾实质正常灌注及低灌注感兴趣区的 CT 值、碘浓度、对比增强率及脂肪分类。**结果:**10 例受检者 CTA 共扫描 20 侧肾脏,其中 6 侧灌注异常减低。双能量碘图检查结果与 CTA 一致;肾脏低灌注区的碘浓度和对比增强率低于对照侧,差异有统计学意义( $t=5.08$ ,  $P<0.05$ ;  $t=4.16$ ,  $P<0.05$ );0.5 融合图像低灌注区 CT 值低于对照侧,差异有统计学意义( $t=6.20$ ,  $P<0.05$ );肾低灌注区与对照侧的脂肪分类差异无统计学意义( $t=1.94$ ,  $P=0.08$ )。**结论:**应用双能量碘图可直观显示肾灌注水平,测量感兴趣区 CT 值、碘浓度和对比增强率等定量指标可反映肾灌注水平,与 CTA 联合应用有助于准确评价主动脉病变患者的肾灌注水平。

**【关键词】** 双源 CT; 双能量成像; 体层摄影术, X 线计算机; 肾灌注

**【中图分类号】** R543.1; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)01-0072-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.01.017

**Evaluation of the renal perfusion by iodine maps of dual energy CT in patients with aortic lesions** GAO li, YUAN Xu-chun, QIU Xiang, et al. Department of Radiology, Sun yet-sen Cardiovascular Hospital, Guangdong 518020, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the clinical value of dual energy CT iodine maps in evaluation of the renal perfusion in patients with aortic lesions. **Methods:** Ten cases with aortic lesions underwent CTA and dual energy CT examination. The Liver VNC software of dual energy CT was used to analyze the iodine maps of renal perfusion. The CT value, iodine concentration, rate of contrast enhancement and fat classification of kidney were measured on iodine maps. **Results:** CTA was performed in 10 patients with 20 Kidneys. Six kidneys with hypoperfusion were found in 20 kidneys, consistent with the result of dual energy iodine maps. The CT value, iodine concentration and rate of contrast enhancement in renal hypoperfusion group were lower than those in control group ( $t=6.20$ ,  $P<0.05$ ;  $t=5.08$ ,  $P<0.05$ ;  $t=4.16$ ,  $P<0.05$ ). There was no statistical significant difference of fat classification between the renal hypoperfusion group and control group ( $t=1.94$ ,  $P=0.08$ ). **Conclusion:** Iodine maps of dual energy CT can directly reveal the level of renal hypofunction, it may be useful for evaluation of the renal perfusion when combined with CTA in patients with aortic lesions.

**【Key words】** Dual source CT; Dual energy imaging; Tomography, X-ray computed; Renal perfusion

主动脉病变包括主动脉夹层、穿透性动脉硬化性溃疡及壁内血肿,典型临床表现为胸背部疼痛,是临床重症。主动脉病变最常累及的器官动脉为肾动脉,可造成肾动脉狭窄、血流灌注异常,进而发展成为肾梗死。应用影像学方法准确评价主动脉病变患者肾灌注水平,及时发现肾灌注异常,有助于临床积极干预,防治肾功能不全,改善患者预后。双源 CT(dual-energy CT)双能量成像利用能谱分析技术获得碘离子分布图,能直观清晰地显示器官灌注状态并测量相关定量参数。本研究应用双能量 CT 成像,重建肾灌注碘图,旨在探讨双源 CT 双能量成像碘图评价主动脉病变肾脏灌注水平的临床应用价值。

## 材料与方 法

## 1. 研究对象

搜集 2015 年 3 月—8 月在我院就诊的 10 例主动脉病变患者,10 例患者均在主动脉 CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)后行双能量扫描。10 例患者均为男性,年龄 36~76 岁,平均 63.3 岁,其中 7 例为主动脉夹层支架术后复查,2 例为主动脉壁内血肿,1 例为主脉壁内血肿合并新发腹主动脉夹层。CT 检查前所有患者均签署知情同意书。

## 2. 检查方法

采用 Siemens Somatom Definition Flash 双源 CT 机,患者仰卧位,足先进。先行常规定位扫描,包括整个胸腹腔,再行胸部及全腹部平扫(胸廓入口至双侧股动脉水平)。

主动脉 CTA 扫描参数:对比剂采用碘帕醇注射液(370 mg I/mL),剂量 1.0~1.5 mL/kg,流率 3.5~

作者单位:518020 广东,深圳市孙逸仙心血管医院放射科

作者简介:高立(1976—),女,武汉人,博士,副主任医师,主要从事心血管影像诊断工作。

基金项目:深圳市龙岗区科技研发资金资助项目(ys2012142)

4.0 mL/s,经右肘静脉注射,对比剂注射结束后马上以相同速率注射生理盐水 40 mL;采用对比剂示踪技术,感兴趣区(region of interest,ROI)放置于升主动脉或主动脉弓,阈值为 100 HU,自动触发扫描,若发现 ROI 放置于夹层假腔则手动启动扫描,扫描方向从头到足。CTA 扫描结束后行双能量扫描,扫描参数:两个球管的管电压分别为 100 kV、Sn140 kV,管电流分别为 157 mAs、126 mAs,旋转时间 0.5 s/r,探测器准直为  $32 \times 0.6$  mm,螺距 0.6,层厚 0.75 mm,视野  $275 \text{ mm} \times 275 \text{ mm}$ 。扫描范围从第 11 胸椎下缘至双侧髂嵴连线。经计算腹部双能量扫描的平均辐射剂量为 4~5 mSv。

### 3. 图像分析

分别采用最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、多平面重组(multiplanar reformation, MPR)和容积再现(volume rendering, VR)技术进行主动脉 CTA 图像重组,结合薄层增强图像,观察主动脉病变及器官动脉受累情况,评价双肾灌注水平(灌注正常、灌注减低和无灌注)。

双能量扫描原始数据被自动重组为 3 组数据,分别为 100 kV、Sn140 kV 和两者以 1:1 比例融合图像(即 0.5 融合图像),重建卷积函数核值为 30f,重建层厚 0.75 mm。将双能量数据调入工作站,进入 Dual Energy 程序,确定双能量图像重建视野范围,选择最佳对比度图像,采用腹部增强对比的 Liver VNC 应用程序进行图像重组,得到彩色编码的双能量灌注图像,即肾灌注碘图。通过轴面、冠状面和矢状面多方向观察双侧肾脏的灌注图像,记录灌注缺失或稀疏的部位和范围,肾脏灌注稀疏或缺失表现为灌注色彩减低或无色彩,并与 CTA 结果对照。

应用 ROI 技术在主动脉设置 ROI 作为双能量归一化对比标准,需注意避开主动脉病变和植入的支架;在双肾上、中、下极肾实质区分别设置 ROI,工作站自动生成相关数据,包括 CT 值(包括分别在 100 kV、Sn140kV 及 0.5 融合图像的测量值)、碘浓度、对比增强率及脂肪含量;对于灌注异常区测量 3 次取平均值,对照侧肾脏取上、中、下极肾实质测得数据的平均值。

### 4. 统计学分析

应用 SPSS 16.0 软件进行统计学分析,测量数据以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用配对  $t$  检验比较双能量成像肾脏异常灌注区与正常灌注区对照侧的 CT 值、碘浓度、对比增强率和脂肪含量的差异,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

10 例急性主动脉病变患者经 CTA 检查发现 6 例患者单侧肾脏灌注减低,其中 5 例为主动脉夹层支架植入术后患者(患侧肾动脉狭窄 4 例,走行曲折 1 例),1 例为主动脉壁内血肿合并新发腹主动脉局限性夹层,其左肾动脉开口于夹层假腔。

肾灌注碘图发现 6 例肾脏灌注异常,与 CTA 结果一致,4 例表现为灌注稀疏,2 例表现为灌注缺失(图 1、2)。在灌注异常减低区及对照侧设置 ROI 并进行相关数据测量,经统计学分析显示,肾脏灌注异常区 CT 值低于对照侧( $t = 6.20, P < 0.05$ );肾低灌注区的碘浓度及对比增强率低于对照侧,差异均有统计学意义( $t = 5.08, P < 0.05$ ;  $t = 4.16, P < 0.05$ );肾低灌注区与对照侧的脂肪分类差异无统计学意义( $t = 1.94, P =$

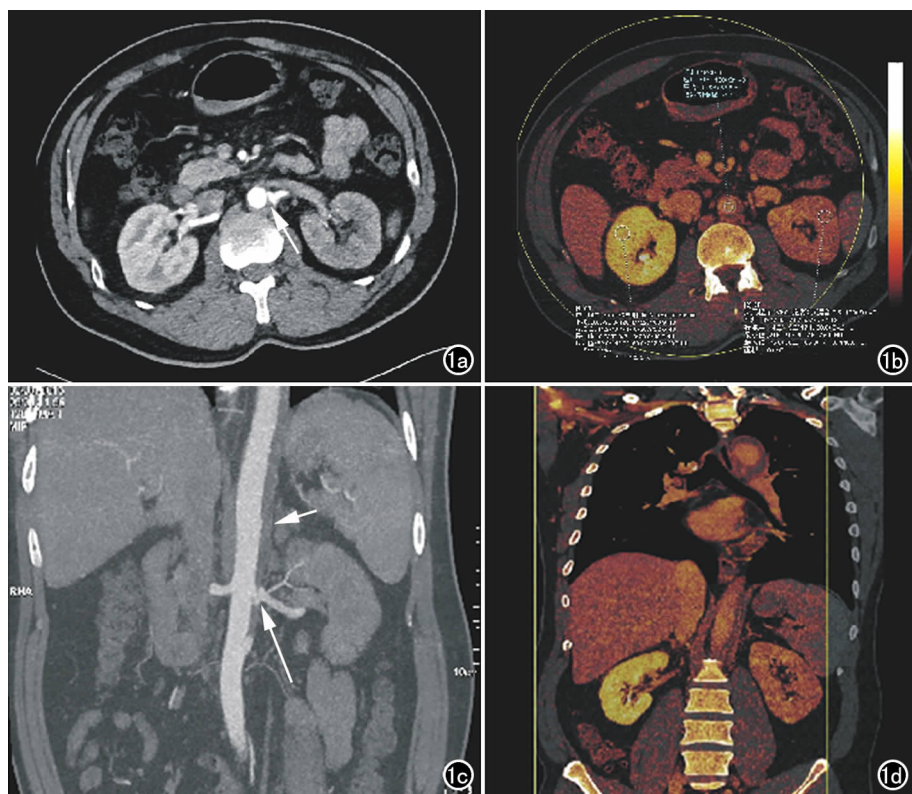


图 1 患者,男,37 岁,急性胸痛。a) 主动脉 CTA 薄层轴面图像示腹主动脉局限夹层(箭),左肾动脉开口于假腔,左肾实质强化程度明显低于对侧; b) 肾灌注碘图轴面图像示左肾灌注稀疏; c) 主动脉 CTA 冠状面 MIP 图像示降主动脉壁内血肿(短箭)和腹主动脉局限夹层(长箭)累及左肾动脉开口; d) 肾灌注碘图冠状面图像。

0.08,表 1)。

表 1 肾脏灌注碘图测量数据统计

| 肾灌注参数             | $\bar{x}\pm s$ | t 值  | P 值  |
|-------------------|----------------|------|------|
| 0.5 融合图像 CT 值(HU) |                | 6.20 | 0.00 |
| 对照侧               | 122.2±11.6     |      |      |
| 低灌注               | 81.3±15.2      |      |      |
| 碘浓度(mg/mL)        |                | 5.08 | 0.01 |
| 对照侧               | 5.23±0.68      |      |      |
| 低灌注               | 3.14±0.96      |      |      |
| 增强率(%)            |                | 4.16 | 0.02 |
| 对照侧               | 149.1±24.7     |      |      |
| 低灌注               | 85.1±36.4      |      |      |
| 脂肪分类(%)           |                | 1.94 | 0.08 |
| 对照侧               | 16.0±4.6       |      |      |
| 低灌注               | 11.5±5.1       |      |      |

讨 论

1. 主动脉病变肾灌注异常的病理基础

主动脉病变包括主动脉粥样硬化改变、主动脉夹层、壁内血肿,最常累及的器官动脉为肾动脉。主动脉粥样硬化病变累及肾动脉,造成肾动脉壁增厚,或者肾动脉开口附近主动脉病变造成肾动脉起始部走行折曲,都会造成肾动脉管腔狭窄。若主动脉夹层内瓣膜进入肾动脉,或者肾动脉开口于夹层的假腔,则会造成肾缺血和/或梗死。主动脉壁内血肿是主动脉中层局部出血形成主动脉壁内不流动的血肿,当主动脉真腔受压变形时,可能影响器官动脉开口,造成血流灌注不足。

王湘等<sup>[1]</sup>对 77 例主动脉孙氏术后患者进行回顾性分析,发现 77 例患者中 11 例出现急性肾功能衰竭,及时行血液透析治疗,其中 10 例肾功能得到改善。主动脉夹层真腔受压、内膜撕裂致肾动脉开口受累而导致肾脏灌注不足是术前或术后出现急性肾功能衰竭的主要原因。因此,评价主动脉 CTA 图像时,除明确主

动脉病变性质外,还需观察主动脉所有分支是否受累,实质器官是否有强化减低或强化缺损。准确评价肾灌注水平,及时发现肾灌注异常,对于临床防治主动脉病变相关肾功能衰竭具有重要意义。

本研究 CTA 显示 6 例肾脏灌注异常的病例,其中 5 例为主动脉夹层支架植入术后患者,均为左肾动脉受累,管腔狭窄,肾实质灌注减低;1 例为主动脉壁内血肿合并新发腹主动脉夹层,左肾动脉开口于夹层假腔,导致肾血流灌注减低。主动脉夹层的真假腔排列在腹主动脉水平,趋向于左右排列,假腔位于左侧,真腔位于右侧,因此左肾动脉受累概率明显高于右肾动脉。

2. 双能量肾灌注碘图的临床应用及意义

双源 CT 具有两套球管-探测器系统,能同时进行高、低能量射线的扫描,依据不同密度物质在高、低能量射线下衰减特性的不同实现物质成分分离,对增强后碘成分提取得到的碘物质密度成像即为碘图,能够灵敏地探测器官内极微量的碘离子分布差异<sup>[2,3]</sup>。在注射碘对比剂后行一次双能量 CT 扫描,经后处理软件重组即可获得反映组织器官血流灌注水平的双能量碘图,不会增加患者的碘对比剂用量;相对于单源 CT 灌注成像需行多期、多时相扫描,双能量碘图的有效辐射剂量相对较低。本研究腹部双能量 CT 扫描的有效辐射剂量值 4~5 mSv,相当于一次常规腹部螺旋 CT 平扫的辐射剂量。

本研究双能量成像肾灌注碘图共发现 6 例肾脏灌注异常病例,与 CTA 结果相符。肾灌注碘图应用色彩编码可清晰显示肾灌注减低和灌注缺失,表现为灌注色彩减低和无色彩,相对于 CTA 薄层图像更加直观、灵敏。本研究于主动脉 CTA 扫描结束后立即行肾脏双能量扫描,在不增加患者对比剂注射剂量的情

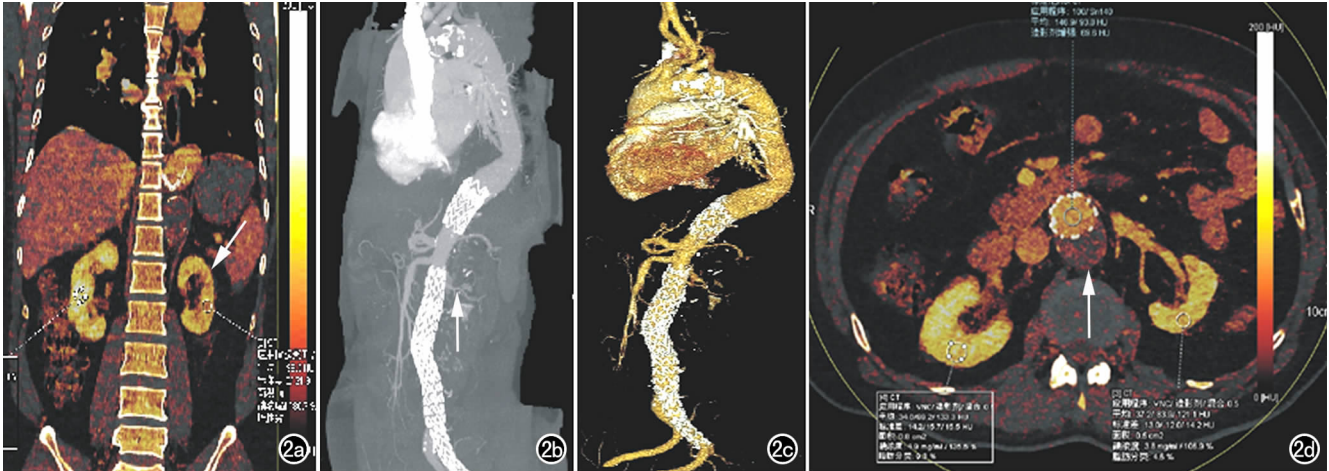


图 2 患者,男,61 岁,主动脉支架术后复查。a) 肾灌注碘图冠状面图像示左肾实质轻度萎缩,肾实质灌注不均匀、稀疏(箭); b) 主动脉 CTA 重建 MIP 图像示左肾动脉起始部显影淡(箭); c) 主动脉 CTA 重建 VR 图像; d) 肾灌注碘图轴面图像示腹主动脉壁内血肿(箭)。

况下,获得处于肾实质强化期(肾皮、髓质均强化)的肾灌注碘图,观察双肾灌注状态,并应用 ROI 技术定量测量相关参数。对肾灌注碘图进行定量分析,设置腹主动脉 ROI 作为双能量归一化对比标准,测量双肾的灌注参数,以避免在双肾血流灌注水平均减低的情况下出现偏差。本研究结果显示肾灌注异常侧的 CT 值、碘浓度和对比增强率均明显低于对照侧,两者间差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。碘浓度反应组织器官内碘离子的分布,能敏感反映碘离子的微量差异。对比增强率是 ROI 相对于所设置的双能量归一化对比标准的碘对比剂强化程度的百分比。碘浓度和对比增强率均是较客观的器官血流灌注指标,对于评价肾灌注水平有重要临床意义。

脂肪分类以百分比表示,代表感兴趣区的脂肪含量,一定程度上反映组织结构信息。本研究结果显示肾灌注异常侧与对照侧的脂肪含量差异无统计学意义( $P>0.05$ ),说明本研究中所设置的双肾灌注减低侧与对照侧 ROI 的组织结构大致相仿,无明显偏差,研究结果较客观。

目前双源 CT 双能量灌注成像的临床应用是影像学研究的热点,大多应用于缺血性心脏病的心肌灌注成像、脑灌注成像、肺动脉栓塞肺灌注成像以及部分实质器官肿瘤病变的灌注研究<sup>[4-9]</sup>,而用于大血管病变的体部实质器官灌注的研究和报道较为少见。本研究应用双能量碘图可直观显示并评价主动脉病变患者的双肾灌注水平,获得相关定量数据,与主动脉 CTA 检查结果的一致性较好;碘浓度和对比增强率是能客观有效评价肾灌注异常的定量指标。

主动脉病变患者大多为重症患者,并非临床常见病,因而本研究纳入病例数量较少。在今后的研究中

将不断扩大样本量,丰富数据,进一步探讨碘浓度和对比增强率应用于器官灌注评估的临床价值和意义,并获得其对于肾灌注水平定量评价的参考值范围。

综上所述,双能量碘图能直观、准确评价肾脏灌注水平,为主动脉病变的相关器官灌注提供有临床价值的信息,可作为主动脉病变 CTA 的辅助检查手段。

#### 参考文献:

- [1] 王湘,李刚,杨建安,等. 孙氏手术治疗 74 例 Stanford A 型主动脉夹层[J]. 中华心血管外科杂志,2014,30(6):335-337.
- [2] Paul J, Krauss B, Banckwitz R, et al. Relationships of clinical protocols and reconstruction kernels with image quality and radiation dose in a 128-slice CT scanner: study with an anthropomorphic and water phantom[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(5):699-703.
- [3] Lin XZ, Wu ZY, Tao R, et al. Dual energy spectral CT imaging of insulinoma-value in preoperative diagnosis compared with conventional multi-detector CT[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(10):2487-2494.
- [4] Ho LM, Marin D, Neville AM, et al. Characterization of adrenal nodules with dual-energy CT: can virtual unenhanced attenuation values replace true unenhanced attenuation values? [J]. AJR, 2012, 198(4):840-845.
- [5] So A, Hsieh J, Imai Y, et al. Prospectively ECG-triggered rapid kV-switching dual-energy CT for quantitative imaging of myocardial perfusion[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2012, 5(8):829-836.
- [6] 贾飞鸽,彭珂文,汪春荣,等. 双源 CT 双能量肺灌注成像对急性肺动脉栓塞诊断价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2013, 11(6):41-43.
- [7] 宋巍,吕梁,李文佳,等. 双源 CT 心肌灌注在猪急性心肌梗死模型中的应用[J]. 安徽医科大学学报, 2014, 49(11):1676-1679.
- [8] 张龙江,卢光明. 双源 CT 及其临床应用[J]. 中华放射学杂志, 2008, 42(2):206-208.
- [9] 卢光明,张龙江. 双能量 CT:何去何从[J]. 放射学实践, 2014, 29(9):986-987.

(收稿日期:2015-08-23 修回日期:2015-10-25)