

双流率扫描技术在活体肾移植术前供肾血管评估中的应用价值

薛鹏, 郑红伟, 张伟, 陈勇, 马秀华, 刘忠贤, 漆剑频

【摘要】 目的:探讨双流率一期扫描法在供肾血管评价中的应用价值。方法:将 48 例活体供肾者分为 I (21 例)、II (15 例)、III (12 例) 三组进行肾血管成像检查, 每组采用不同的扫描方法, 分别为自动触发扫描、固定时相扫描和双流率一期扫描, 再采用容积再现 (VR)、最大密度投影 (MIP) 和曲面重组 (CPR) 等后处理技术进行肾动、静脉重建。对三组肾血管图像质量进行评价。结果:对三组间肾动脉和肾静脉的 CT 值均数分别作单因素方差分析, 三组间肾动脉和肾静脉的 CT 值差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 肾动脉的 CT 值均值比较, I 组 $>$ II 组 $>$ III 组; 肾静脉的 CT 值均值比较, I 组 $>$ III 组 $>$ II 组。对三组肾静脉图像质量进行非参数秩和检验, 各组间不同等级图像的构成比差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 即图像质量存在差异; 两两比较, I、II 组间及 II、III 组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$), I、III 组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。按照肾动、静脉差值的高低, 将 III 组肾静脉的图像质量分为良好、一般及较差三个级别, 各级别例数分别为 6、4 和 2 例。结论:双流率扫描法可实现一期扫描完成肾动、静脉检查, 能有效降低受检者接受的辐射剂量, 并可获得较理想的动、静脉融合图像, 满足诊断要求。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 肾移植; 肾动脉; 肾静脉

【中图分类号】 R699.2; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)01-0055-04

Value of dual flow rate scanning technique in the evaluation of renal blood vessels in living donor XUE Peng, ZHENG Hongwei, ZHANG Wei, et al. Department of Radiology, Zhengzhou People Hospital, Zhengzhou 450003, P. R. China

【Abstract】 **Objective:** To study the value of one-phase scan with dual flow rate technique in the preoperative evaluation of renal blood vessels in living donor. **Methods:** 48 living renal donors were divided into 3 groups: Group I ($n=21$), (Group II ($n=15$), Group III ($n=12$)). CT angiography (CTA) with different techniques including auto touching off in the early artery phase, settled time at the arterial phase and venous phase and one phase scan with dual flow rate technique was performed in different groups separately. Post-processing techniques including VR, MIP, CPR were used to reconstruct the renal artery and vein and the image quality of these 3 groups were compared and analyzed. **Results:** The mean CT values of renal arteries and veins of the 3 groups were analyzed statistically, showing significant statistical differences ($P < 0.05$). The mean CT values of renal artery of the 3 groups showed Group I $>$ Group II $>$ Group III; which of renal vein showed Group I $>$ Group III $>$ Group II. The image quality of renal vein of these 3 groups were analyzed with Rank sum test showing that significant difference was existed in proportion of different grades among these three groups ($P < 0.05$), which means that difference of the image quality of renal vein were showed. Comparison of the image quality in each separated two groups, significant difference was showed between Group I and Group II; Group II and Group III ($P < 0.05$). No statistically significant difference was found between Group I and Group III. According to the differences of CT value of renal artery and vein, the image quality was scored as good, fair and poor, showing that there were 6 cases, 4 cases and 2 cases in each grade. **Conclusion:** Examination of renal artery and vein can be completed using dual-flow rate scanning with one-phase scan technique, and radio-exposure received by living donors could be greatly reduced, also ideal images could be obtained and requirement for diagnosis could be satisfied.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Kidney transplantation; Renal artery; Renal veins

随着活体肾移植的发展, 术前对供肾血管的评价成为一项重要的准备工作, 其对于供肾的选择和手术方案的制定具有极为重要的意义。近年来, 随着影像技术的快速发展, 多层螺旋 CT 血管成像 (MSCTA) 已逐步取代传统的数字减影血管造影 (DSA), 成为活体

供肾术前评估必不可少的常规检查。合理的扫描技术 是保证 MSCTA 图像质量的先决条件, 直接关系到供肾术前血管评价的准确性。本文通过对比研究, 旨在探讨对比剂双流率注射技术对于供肾血管评价的应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

搜集我院 2009 年 9 月—2011 年 6 月间拟行供肾

作者单位: 450003 郑州, 郑州人民医院放射科 (薛鹏、郑红伟、张伟、陈勇、马秀华); 450003 郑州, 郑州大学统计学教研室 (刘忠贤); 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科 (漆剑频)

作者简介: 薛鹏 (1970—), 男, 河南郑州人, 硕士, 副主任医师, 主要从事腹部 CT 和 MRI 影像诊断及技术工作。

通讯作者: 郑红伟, E-mail: zhw19780312@126.com

摘取术并经双源 64 排 CT 机增强检查的肾移植活体供者 48 例,其中男 31 例,女 17 例,年龄 22~67 岁,平均 44.83 岁;本组除 1 例为自体肾移植外,其余各例供者与受者均为亲属关系。48 例供者中,除 1 例因肾血管不符合移植条件而放弃供肾外,其余 47 例均行开放式供肾切取术。

2. 检查设备与方法

CT 检查采用西门子 Somatom Definition 双源 64 排 CT 机,Medrao 公司 Stellant 双筒高压注射器;采用非离子型对比剂尤维显(碘普罗胺,370 mg I/ml),18G 注射针头。

检查准备:受检者禁食 4~6 h,确定对比剂过敏试验阴性后,在肘前静脉建立静脉通路,并于扫描前 15 min 饮水 750 ml。

扫描参数:120 kV,250 mA,螺距 0.938,球管转速 0.75 s/r,进床速度 15 mm/s,准直器宽度 0.75 mm,原始数据层厚 2 mm,层间距 1 mm,重建层厚、层间隔均为 0.75 mm。扫描范围为胸 11 椎体上缘至髂嵴水平。受检者取仰卧位,均先行平扫,后使用高压注射器经肘静脉注射非离子型对比剂(浓度均为 370 mg I/ml) 80~100 ml 行增强扫描。受检者分为 I、II、III 三组,例数分别为 21、15 和 12 例,各组分别采用不同的扫描方法。I 组采用自动触发扫描:早动脉期延迟时间采用对比剂追踪技术,监测点位于主动脉膈顶层面,于注射对比剂 10 s 后启动监测系统,当监测阈值达 150 HU 以上时启动扫描;晚动脉期扫描在早动脉期扫描结束后 15 s 开始。II 组采用动脉期、静脉期固定时相扫描:根据经验估计,动脉期、静脉期扫描分别于注药后 25~30 s、60~65 s 进行。III 组采用一期双流率触发扫描:采用对比剂追踪技术,于左肾静脉主干中段设立监测点,开始以 4 ml/s 流率注射对比剂 40 ml,再以 2.5 ml/s 流率注射对比剂 60 ml,注药后 15 s 启动监测系统,当监测阈值达 150 HU 以上时启动扫描。

3. 图像后处理技术

将扫描所得原始数据进行标准重建,再将重建数据传至工作站,采用容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、曲面重组(CPR)等技术进行图像重组。

对于 I 组受检者,利用早动脉期数据进行肾动脉重组,晚动脉期数据进行肾静脉重组;对于 II 组受检者,利用动脉期数据重组肾动脉图像,静脉期数据重组肾静脉图像;对于 III 组受检者,利用一期扫描所得数据进行肾动脉和肾静脉的图像重组。

4. 图像分析

由 3 位经验丰富的放射诊断医师分别阅片,评价图像质量,最后汇总意见,统一诊断结果。通过 VR、MIP 和 CPR 图像,再结合原始轴面图像,观察双侧肾

动脉的部位、分支、数目、长短、粗细、走行和空间关系,判断肾动脉是否存在管壁钙化、斑块、狭窄及动脉瘤等病变;观察双侧肾静脉的数目和位置,是否存在异常属支和走行变异。

肾静脉图像质量评价:48 例受检者均获得较理想的肾动脉图像,三组间图像质量无明显差异,均能满足诊断要求。三组间肾静脉图像质量存在差异,按照肾静脉 VR 图像的连续性、清晰度、分辨力高低,将肾静脉图像质量分为 3 级。1 级,肾静脉全程显示良好,管壁光滑,边缘清晰锐利,无伪影及血管中断,各段重建图像密实,无需下调阈值。2 级,肾静脉全程显示,密度稍淡,边缘略欠光整,各段重建图像密度均匀或欠均匀,无血管中断或通过下调阈值可使连续性欠佳之处显示,能满足诊断要求。3 级,肾静脉显示浅淡且不连续,各段密度不均匀,边缘毛糙模糊,下调阈值效果仍不理想,分辨力差,周围组织显示,干扰较大,不能满足诊断要求,需结合轴面图像。

5. 统计学处理

采用 SPSS 13.0 软件包对计量资料进行单因素方差分析,分级资料进行非参数秩和检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 三种扫描方法轴面图像肾血管 CT 值比较

三组肾动脉和肾静脉 CT 值均数比较见表 1。对三组间肾动脉和肾静脉的 CT 值分别作均数的单因素方差分析,发现三组间肾动脉的 CT 值差异和肾静脉的 CT 值差异均有统计学意义($P < 0.05$)。肾动脉的 CT 值均值比较, I 组最高,然后依次为 II 组和 III 组;肾静脉的 CT 值均值比较, I 组最高,其次为 III 组, II 组最低。对三组间肾动脉和肾静脉 CT 值均数分别作两两比较,肾动脉 CT 值比较: I 组和 III 组间差异有统计学意义($P = 0.010$), I 组和 II 组、II 组和 III 组间差异均无统计学意义(P 值分别为 0.080 和 0.351)。肾静脉 CT 值比较: I 组和 II 组、II 组和 III 组间差异均有统计学意义(P 值分别为 0.000 和 0.016), I 组和 III 组间差异无统计学意义($P = 0.061$)。

表 1 三组肾动脉和肾静脉 CT 值比较 (HU)

肾血管	I 组	II 组	III 组	F 值	P
肾动脉	325.83±44.53	298.29±45.61	281.65±47.25	3.921	0.027
肾静脉	215.83±37.01	165.74±23.49	194.96±22.50	12.139	0.000

2. 三种扫描方法肾静脉后处理图像质量分级

三组肾静脉图像质量按前述标准分为 1、2、3 级,其中 1、2 级图像可满足诊断要求,3 级图像不能满足诊断要求,每组各级图像例数见表 2。I 组、II 组、III 组肾静脉图像可满足诊断要求的例数占该组的比例分

别为 90.5% (19/21)、53.3% (8/15) 和 91.6% (11/12)。对三组间不同质量等级的例数进行非参数秩和检验, $\chi^2=9.540$, $P=0.008$, 各组间不同等级图像的构成比差异有统计学意义, 即图像质量存在差异; 三组间再进行两两比较, I、II 组间及 II、III 组间差异有统计学意义 (P 值分别为 0.005 和 0.017), I、III 组间差异无统计学意义 ($P=0.880$)。

表2 三组肾静脉图像质量分级对比 例(%)

分级	I 组	II 组	III 组	合计
1 级	13(61.9)	3(20.0)	7(58.3)	23(47.9)
2 级	6(28.6)	5(33.3)	4(33.3)	15(31.3)
3 级	2(9.5)	7(46.7)	1(8.4)	10(20.8)

3. 双流率一期扫描法肾动、静脉 CT 值差值分析

本研究 III 组受检者采用双流率法, 一期扫描完成肾动、静脉检查, 在后处理过程中采用图像融合技术同时显示肾动、静脉。在确保血管内有足够对比剂的前提下, 动、静脉的 CT 差值越大, 则两者的对比度和分辨力就越高。按照肾动、静脉差值的高低, 将 III 组肾静脉的图像质量分为良好 (CT 差值 ≥ 80 HU, 图 1a)、一般 (CT 差值介于 40 和 80 HU 之间, 图 1b) 和较差 (CT 差值 ≤ 40 HU, 图 1c) 三个级别, 本组良好、一般、较差例数分别为 6、4 和 2 例。

讨论

在供肾血管的 CTA 检查过程中, 目前最常采用的扫描方法有两种, 即跟踪触发法和固定时相法, 两者均通过双期扫描分别显示肾动脉和肾静脉, 尽管可获得较理想的效果, 但受检者接受射线剂量较大, 且增加了检查时间。活体供肾者是一个相对健康的人群, 接受大量的射线势必会造成潜在的伤害。所以, 如何在保证图像质量能满足诊断需要的前提下, 最大限度地减少受检者接受的辐射剂量成为当前研究的一个热点^[1-2]。本研究有 12 例采用了双流率一期扫描法完成肾血管 CTA 检查, 旨在探讨其取代上述两种双期扫描方法的可能性, 以减少受检者的辐射剂量并节省检

查时间。

1. 传统扫描方法及其利弊

和一般的血管成像有所不同, 供肾术前评价要求在一次检查中显示动、静脉两种血管, 对扫描技术提出了更高的要求。目前对于肾动脉成像技术的研究较多, 扫描方法比较成熟。相对于肾动脉而言, 肾静脉成像的扫描延迟时间较难把握, 可能与静脉血为代谢后的回流血, 流速较慢有关, 加之在供肾术前评估中必须首先保证肾动脉的成像质量, 这就更增加了扫描难度。

目前关于肾静脉成像的研究较少, 尚未形成一套切实可行的扫描方案。从国内外文献来看, 多数学者采用双期扫描分别显示肾动脉和肾静脉。最常用的一种为固定时相扫描, 也称盲目法, 扫描延迟时间根据经验而定^[3-5], 由于受检者的循环状况存在个体差异, 若人为设定延迟时间则准确性不易把握, 难免出现偏差, 很难保证检查的成功率。有学者主张在扫描前先进行小剂量的预扫描试验来确定每一个体的最佳延迟时间, 以提高扫描成功率^[6-7], 但小剂量试验不仅增加了对比剂用量, 而且还延长了扫描时间, 增加了患者的辐射剂量。另一种较常用的方法为跟踪触发扫描, 此法延迟时间根据实时监控调整, 因人而异, 能有效避免因个体差异而导致检查失败, 但这种方法辐射剂量亦较大, 且多不能在一幅图像上同时很好地显示肾动、静脉的解剖关系^[3]。

有学者曾采用一期 (动脉晚期) 结合图像融合技术同时显示肾动静脉, 效果较满意^[8], 但此期动脉的强化程度明显降低, 对血管重建的准确性很大程度上依赖于医师的水平, 且图像后处理耗时较多。

2. 双流率扫描技术的优势

除降低扫描条件和增大扫描层厚外, 缩短扫描时间也是减少辐射剂量的一种行之有效的办法, 但如何实施, 目前仅有少数学者提出了有价值的观点。李清海等^[9]采用双流率扫描方案对活体供肾者进行术前检查, 即开始以 2 ml/s 流率注射 40 ml, 后改为 4 ml/s 流率注射 60 ml, 延迟时间根据 SmartPrep 软件系统监测



图1 双流率扫描法获得不同质量级别的肾动脉、静脉融合 VR 图像。a) 动静脉对比度良好, CT 值差值为 136HU; b) 动静脉对比度一般, CT 值差值为 73HU; c) 动静脉对比度较差, CT 值差值为 32HU。

而定,一期扫描获得清晰的肾动、静脉图像,可满足临床需求,且大大降低了辐射剂量,只是对于肾静脉属支及交通支的显示情况,还需要大样本对比研究。对于此法,笔者也曾尝试采用,但并未取得预期效果,可能与一些技术细节执行时存在偏差有关。

此外,笔者认为,先期若以低流率注射较小剂量的对比剂,不能使肾动脉充盈足够浓度的对比剂,对提升肾动脉和肾静脉 CT 值的作用较小,后期的高流率对比剂尽管能使动脉很快达到峰值,但由于对比剂很快注射完毕,使肾静脉缺少足够时间达到较高浓度,肾动脉的 CT 值则在此过程中持续降低,进而导致肾动、静脉不易在较高 CT 值出现时间交叉点。

本研究中有 12 例采用了双流率扫描法,但与李清海等采用的方法不同,我们对对比剂的注射流率和扫描延迟时间进行了调整,在左肾静脉设立了监测点。在开始阶段,以 4 ml/s 的高流率注射对比剂 40 ml,目的是先以团注法保证肾动脉内充填一定量的对比剂,CT 值迅速上升,但并未达到峰值;而后再以 2.5 ml/s 流率注射对比剂 60 ml,此时肾动脉 CT 值继续上升,但幅度减慢,达峰值后开始缓慢下降。由于对比剂进入静脉的时间较动脉滞后,故此时肾静脉 CT 值缓慢上升,但有足够的上升时间。当监测点 CT 值在 150 HU 以上时启动扫描,从而保证了肾静脉的 CT 值,而此时肾动脉 CT 值仍维持在较高值。

从扫描后的重建图像来看,总体效果较满意。12 例肾动脉均显示良好,尽管 CT 值低于自动触发扫描组($P < 0.05$),但能满足诊断要求。12 例肾静脉 CT 值均数高于固定时相扫描组($P < 0.05$),而略低于自动触发扫描组,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。其中 11 例肾静脉图像完全满足诊断需求,仅 1 例肾静脉 CT 值偏低,但通过下调重建阈值仍可基本满足诊断需求。对于肾静脉成像不佳的原因,笔者进行了回顾性分析和总结,可能因为个体循环状况的差异,扫描阈值设置相对过高,当启动扫描时,肾静脉 CT 值已接近峰值;扫描设备经过短暂延迟准备,又经肾上极扫至肾静脉水平时,肾静脉 CT 值已处于下降阶段,故未能达到预期扫描效果。今后需通过大样本继续总结经验,适当降低阈值,寻求相对合理的数值,以提高成功率。

值得注意的是,对于一期扫描法获得的动、静脉融合图像,其质量除与 CT 绝对值有关外,还与动、静脉间的 CT 差值呈正相关,差值越大,动、静脉图像的分辨力和对比度越高,越利于诊断。若差值过低,即使动、静脉 CT 值均较高,也会降低两者的对比度,影响

诊断,必要时需采用剪除法分别重建动、静脉。本研究双流率扫描组中,有 2 例 CT 差值低于 40 HU,融合图像分辨力较差,经过动、静脉分别重建才满足诊断需求。所以,在利用双流率法扫描时,应在保证血管内有足够对比剂充填的前提下,尽量选择肾动、静脉 CT 差值较大的时间点启动扫描。本研究的缺陷在于受扫描设备性能所限,不能同时在动脉和静脉设立两个监测点,从而根据两者时间-密度曲线选择恰当的扫描启动时间,仅根据经验和目测,由肾静脉单一的监测点来判断,故影响了扫描效果。

综上所述,双流率扫描法可实现一期扫描完成肾动、静脉检查,并可获得较理想的动、静脉融合图像,满足诊断要求。当然,由于我们对双流率扫描法的研究尚处在尝试阶段,样本量较小,检查的成功率及其对肾静脉细小属支的显示情况需要大样本试验研究进一步证实。但可以肯定的是,此法节省了一期的扫描时间,可有效降低受检者接受的辐射剂量,若在技术细节上再加以改进和完善,则可作为供肾血管术前 MSCT 检查的常规扫描方法加以推广应用。

参考文献:

- [1] Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Strategies for CT radiation dose optimization[J]. Radiology, 2004, 230(3): 619-628.
- [2] Ertl-Wagner BB, Hoffmann RT, Bruning R, et al. Multi-detector row CT angiography of the brain at various kilovoltage settings [J]. Radiology, 2004, 231(2): 528-535.
- [3] Kawamoto S, Montgomery RA, Lawler LP, et al. Multidetector CT angiography for preoperative evaluation of living laparoscopic kidney donors[J]. AJR, 2003, 180(6): 1633-1638.
- [4] Kawamoto S, Lawler LP, Fishman EK. Evaluation of the renal venous system on late arterial and venous phase images with MDCT angiography in potential living laparoscopic renal donors[J]. AJR, 2005, 184(2): 539-545.
- [5] 陈玉勤, 张廉良, 施海彬. CT 血管成像技术在肾动脉的应用[J]. 介入放射学杂志, 2005, 14(2): 194-195.
- [6] 宦怡, 葛雅丽, 郭苏晋. 利用血管同步计划控制增强 CT 扫描最佳时机的实验[J]. 第四军医大学学报, 2001, 22(10): 949-951.
- [7] Tanaka J, Tsukuda S, Amanuma M, et al. Detection of recurrent rectal cancer using helical CT with SmartPrep: a new technique for obtaining optimal contrast enhancement [J]. Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi, 1998, 58(4): 160-162.
- [8] 李清海, 严福华, 徐鹏举, 等. 动脉晚期 CTA 融合图像在肾动静脉系统评估中的价值[J]. 实用放射学杂志, 2007, 23(9): 1210-1213.
- [9] 李清海, 严福华, 朱同玉, 等. 多层螺旋 CT 在活体肾移植供体术前综合评估中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2008, 42(4): 387-391.

(收稿日期: 2011-10-31 修回日期: 2012-05-09)