

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2016.33.012

利用数字化三维模型评估 CTA 及 MRA 腹盆腔血管成像特点的研究*

陈春林¹, 陈 兰¹, 刘 萍^{1△}, 唐 雷², 陈 斌³, 李彩霞³, 段 慧¹, 唐 连¹, 陈硕臻¹

(1. 南方医科大学南方医院妇产科, 广州 510515; 2. 南方医科大学人体解剖与组织胚胎教研室, 广州 510515; 3. 南方医科大学南方医院影像科, 广州 510515)

[摘要] **目的** 通过 CT 血管造影(CTA)和磁共振血管成像(MRA)原始图像分别构建腹盆腔血管数字化三维模型,用三维模型评估 CTA 及 MRA 对腹盆腔血管显示的差异。**方法** 采集 25 例健康青年女性的 CTA 及 MRA 原始数据集,利用三维重建软件(Mimics 10.01)分别构建腹盆腔动静脉血管的三维模型,观察两类模型中腹主动脉、下腔静脉、髂总动静脉、髂内外动静脉、子宫动脉、闭孔动静脉、臀上下动脉及其分支、阴部内动脉、骶正中动静脉、卵巢动静脉、骶前静脉丛的重建情况。并用卡方检验统计分析两类模型中上述血管显示率是否有差异。**结果** 两种方法对于腹主动脉、下腔静脉、髂总动静脉、髂内外动静脉、臀上下动脉、子宫动脉几乎均能达到 100% 显示,CTA 模型对于左右闭孔动静脉的显示率分别为 92%、80%、44%、32%;MRA 模型则分别是 84%、72%、36%、44%,二者显示差异无统计学意义($P=0.382, P=0.508, P=0.564, P=0.382$)。对于骶前静脉丛,包括骶 1 横静脉、骶 2 横静脉、骶 3 横静脉、骶 4 横静脉,25 例 CTA 模型的显示率分别是 4%、8%、0%、4%;而 MRA 模型的显示率分别是 76%、92%、96%、44%,二者差异具有统计学意义($P<0.01, P<0.01, P<0.01, P=0.01$)。**结论** 基于三维模型的观察,MRA 对于腹盆腔四级血管的显示率与 CTA 差异无统计学意义,且 MRA 对于骶前血管网的显示优于 CTA。

[关键词] CT 血管造影;磁共振血管成像;腹盆腔血管;三维模型**[中图分类号]** R445.4**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2016)33-4646-04

Using digitized 3D model for assessing characteristics of pelvic and abdominal vessel imaging of CTA and MRA*

Chen Chunlin¹, Chen Lan¹, Liu Ping^{1△}, Tang Lei², Chen Bin³, Li Caixia³, Duan Hui¹, Tang Lian¹, Chen Shuozen¹

(1. Department of Obstetrics and Gynecology, Nanfang Hospital, South Medical University, Guangzhou, Guangdong 510515, China; 2. Teaching and Researching Section of Human Anatomy and Histoembryology, South Medical University, Guangzhou, Guangdong 510515, China; 3. Department of Radiology, Nanfang Hospital, South Medical University, Guangzhou, Guangdong 510515, China)

[Abstract] **Objective** To construct the digitalized 3 dimensional(3D)model by using the CTA and MRA original images and to assess the differences in the pelvic and abdominal vessel display between CTA and MRA. **Methods** The original data set in 25 healthy youth female cases of CTA and MRA were collected. The datasets, reconstructed the 3D models of arteries and venous on 3D reconstruction software Mimics10.0 was used to construct the 3D model of pevic and abdominal vessels. The reconstruction situation of abdominal aorta, inferior vena cava, common iliac artery and common iliac venous, internal and external iliac artery and iliac venous, uterine artery, obturator artery and obturator venous, hip artery and its branches, internal pudendal artery, middle sacral artery and venous, ovarian artery and venous and sacral venous plexus were observed. Moreover the chi-square test was used to analyze whether the above vessel display rate having differences between the two kinds of model. **Results** The abdominal aorta, inferior vena cava, common iliac artery and common iliac venous, internal and external iliac artery and iliac venous and uterine artery almost reached 100% display. The display rates of CTA model for right and left obturator artery and venous were 92%, 80%, 44% and 32% respectively, while which of MRA model were 84%, 72%, 36% and 4% respectively, the difference was not statistically significant($P=0.382, P=0.508, P=0.564, P=0.382$). The sacral venous plexus, including S1, 2, 3, 4 transverse vein, the display rates in 25 cases of CTA 3D models were 4%, 8%, 0% and 4% respective, while which of MRA models were 76%, 92%, 96% and 44% respectively, the differences between them were statistically significant($P<0.01, P<0.01, P<0.01, P=0.01$). **Conclusion** Based on the observation of 3D models, the displaying rate of grade 4 pelvic and abdominal vessels has no statistical difference between MRA imaging technology and currently widely used CTA technology, moreover the MRA technology is superior to the CTA technology in presacral vessel net display.

[Key words] MRA; CTA; pelvic and abdominal blood vessels; 3D models

对于腹盆腔系统的疾病,尤其是血管系统的病变,传统的检查方法主要是彩色多普勒超声(彩超)、增强 CT 血管成像及数字减影血管造影术(digital subtraction angiography, DSA),

其中以 DSA 作为血管成像的金标准,但其为有创性检查,操作复杂,费时费力,对插管者技术要求甚高。增强 CT 血管成像以其成像速度快、成像范围广等优势逐步应用于临床,已具备

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(81370736, 81571422);国家自然科学基金重大项目(61190120 61190122);南方医科大学南方医院高层次匹配课题(2013020);南方医科大学南方医院院长基金(2012Z010)。 作者简介:陈春林(1963—),教授/主任医师,主要从事宫颈癌做创治疗与妇产科数字医学方面的研究。 △ 通讯作者, E-mail:lpivy@126.com。

良好的人体各部位血管成像的条件和满意的血管成像效果^[1], 但该项检查具有放射性, 并不利于年轻育龄女性、儿童及体弱患者。磁共振技术因其微创、无辐射及无需对比剂成像等优势迅速受到广大医患的欢迎, 但由于腹腔盆血管范围广, 易受到腹腔脏器蠕动、肠气等因素的干扰, 无需对比剂的磁共振血管成像已不能满足临床诊断及治疗的需要。磁共振的超快速增强血管成像技术应运而生, 该技术通过注射对比剂和图像后处理技术, 增加血管与周围组织的对比度, 能清楚显示充盈对比剂的血管。目前三维动态增强磁共振血管成像技术(three-dimensional contrast-enhanced MR angio-graphy, 3D CE-MRA)在脑血管、下肢血管成像方面的研究相对较多, 并认为 CE-MRA 是一种有效评价下肢及脑部疾病的方法, 其诊断价值可与 DSA 相媲美^[2-4], 但是在盆腔血管成像的研究相对较少, 尤其是在评价盆腔血管成像效果, 能否达到目前大家公认的 CT 血管造影(CTA)的血管显示效果等方面。本文旨在通过 25 例健康青年女性的 CTA 和磁共振血管成像(MRA)三维模型的对比分析, 进一步说明磁共振血管成像技术在显示盆腔血管中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 研究对象为 25 例健康青年女性, 年龄 20~26 岁, 平均(22.3±1.8)岁, 身高 152~172 cm, 平均(160±4)cm; 体质量 44~60 kg, 平均(51±4)kg。所有对象均无妊娠史、手术史及过敏史, 本研究已通过南方医科大学南方医院伦理委员会的批准, 所有受试者均签署相关知情同意书, 在非月经期先行 CTA 检查, CTA 检查后 1 周内再行 MRA 检查。

1.2 方法

1.2.1 研究方法 根据上述研究对象的 CTA、CE-MRA 扫描的原始数据集, 利用三维重建软件 Mimics(Materialise 公司, 比利时)进行腹腔盆血管的数字化三维重建, 获得血管的三维模型, 在模型上观察腹腔盆血管的显示情况, 如腹主动脉、下腔静脉、髂总动静脉、髂内外动静脉、子宫动脉、闭孔动静脉、臀上下动脉、卵巢动静脉、骶前静脉等。并进一步分析计算臀上下动脉发出的分支数, 了解两种成像方式下血管显示的特点。

1.2.2 检查方法 CTA 检查: 德国西门子公司双源 CT(SO-MATOM Definition)。扫描条件: 管电压 120 kV, 管电流 320 mA, 层厚 5 mm。检查前禁食 4~6 h, 未予其他特殊处理。患者取仰卧位, 扫描范围从第 3 腰椎下缘至股骨上段。先行常规平扫(平扫期), 经受试者右侧肘正中静脉先以 4.0 mL/s(A 筒)的速率经高压注射器注射造影剂——碘普罗胺 80 mL(商品名优维显, 德国先灵广州药业有限公司), 再以 4.0 mL/s(B 筒)注射生理盐水 20 mL; 应用对比剂示踪法, 选择腹主动脉分叉上 2 cm 的层面为感兴趣区域(region of interest, ROI), 并动态监测其 CT 扫描灰度值(CT 值), 设定当 ROI 内 CT 值达到 100 Hu 时自动触发扫描(动脉期)。延迟 35 s 后再重复扫描 1 次(静脉期), 最后将各期图像插值处理至层厚为 1.0 mm, 并存储备份。

MRA 检查: 美国 GE 公司生产的 Signa Excite 超导型 3.0T 全身磁共振扫描仪。扫描条件: 受试者检查过程中取仰卧位, 身体位于床面中央, 正中矢状面与床面垂直, 双手抱头, 双腿并拢伸直。扫描范围从第 3 腰椎下缘至股骨上段。常规序列扫描后, 再行 CE-MRA 序列冠状位扫描: TR/TE 5.3/1.8 ms, 翻转角 30°, 带宽 ±50 kHz, 矩阵 360×224, FOV 39, 层厚 1.5 mm, 经肘静脉以 3 mL/s 的速度高压注射钆喷酸葡胺对比剂(拜耳公司)18 mL, 同样速率追注生理盐水 20 mL。采用透

视触发技术, 在开始注射对比剂后, 同时启动超快速二维梯度回波序列, 将腹主动脉作为目标血管进行监控, 一旦对比剂进入目标血管, 立刻切换到 CE-MRA 序列并启动扫描, 可连续不间断扫描获得多个时相的数据。将所获得的各个时相数据集以 DICOM 格式保存。

1.2.3 重建方法 CTA 数据重建: 将上述 CTA 扫描数据集以 DICOM 格式导入 Mimics 软件中。参照刘萍、陈春林等^[5-7]的研究, 先用平扫期数据集构建出骨盆的三维模型并保存为 STL 格式, 再和动脉期数据一起导入 Mimics 中, 通过布尔运算算出动脉血管网的蒙罩, 再重建出腹腔盆动脉血管网的三维模型, 并保存为 STL 格式供调用。同理, 将骨盆和动脉的 STL 格式文件及静脉期 DICOM 数据集导入软件中, 通过布尔运算计算出静脉血管网的三维模型。

MRA 数据重建: 在多个 CE-MRA 扫描时相中, 选择动脉期时相, 即仅有动脉血管显影, 而静脉血管尚未显影的时相, 参照陈若兰、陈若兰等^[8]的研究, 生成动脉蒙罩后进行动脉血管的数字化三维模型的构建, 并导出动脉模型的 STL 格式。在剩下的血管时相中, 根据造影剂在体内运行代谢情况, 选择动静脉血管同时显影的静脉期时相, 新建空白蒙罩, 调整阈值后生成包含动、静脉血管同时显示的动静脉蒙罩。将重建好的动脉模型的 STL 文件导入, 利用布尔运算以动静脉蒙罩减去动脉蒙罩而生成单独的静脉血管网蒙罩, 逐层擦除无关边缘噪声及冗余数据, 并弥补丢失信号, 经三维计算后构建出盆腔静脉血管的数字化三维模型, 并同样以 STL 的格式导出并保存。

1.3 模型观察与统计 对比观察两种数据集构建的腹腔盆血管数字化三维模型, 记录各个模型上述血管的显示情况, 并采用配对 χ^2 检验比较两种血管成像方式在不同腹腔盆血管显示方面是否存在差异。

2 结果

25 例研究对象的 CTA、CE-MRA 数据集均能成功构建腹主动静脉、髂总动静脉、髂内、外动静脉、子宫动脉、闭孔动静脉、臀上下动脉、骶前静脉(图 1、2)。在此将腹主动脉作为一级血管、髂总血管作为二级血管、髂内外血管作为三级血管, 换言之, 无论是 CTA 成像或是 CE-MRA 成像, 三级动静脉血管均可清晰显示, 并可完整重建显示其形态走形, 显示率为 100%。而对于四级或四级以下血管, 显示状况不佳, 尤其是对静脉血管系统的显示, 如四级动脉子宫动脉, 两种成像方式显示情况均好, 而对于子宫静脉, 两种成像方式显示效果均不佳。阴部内动脉基本都能显示, 闭孔动静脉显示情况不一, 但两种成像方式显示率的差异并没有统计学意义。臀上下动脉干均可显示, 但是不同成像方式对于臀上下动脉分支的显示情况不一。骶前静脉的显示情况, CE-MRA 成像方式明显优于 CTA 成像方式。而卵巢动静脉、骶正中动静脉两种方式均未显示。各类血管显示情况, 见表 1、2。

表 1 CTA 与 MRA 模型对腹腔盆血管显示率的比较

血管名称	CTA 模型		MRA 模型		P
	显影总数	%	显影总数	%	
一级血管	25	100	25	100	1.000
二级血管	25	100	25	100	1.000
三级血管	25	100	25	100	1.000
左臀上动脉(LSGA)	25	100	25	100	1.000
右臀上动脉(RSGA)	25	100	25	100	1.000

续表 1 CTA 与 MRA 模型对腹盆腔血管显示率的比较

血管名称	CTA 模型		MRA 模型		P
	显影总数	%	显影总数	%	
左臀下动脉(LIGA)	25	100	25	100	1.000
右臀下动脉(RIGA)	25	100	25	100	1.000
左子宫动脉(LUA)	24	96	25	100	0.312
右子宫动脉(RUA)	25	100	24	96	0.312
左阴部内动脉(LPA)	22	100	25	100	1.000
右阴部内动脉(RPA)	23	100	25	100	1.000
左闭孔动脉(LOBA)	23	92	21	84	0.384
右闭孔动脉(ROBA)	20	80	18	72	0.508
左闭孔静脉(LOBV)	11	44	9	36	0.564
右闭孔静脉(ROBV)	8	32	11	44	0.382
骶 1 横静脉	1	4	19	76	0.000
骶 2 横静脉	2	8	23	92	0.000
骶 3 横静脉	0	0	24	96	0.000
骶 4 横静脉	1	4	11	44	0.010

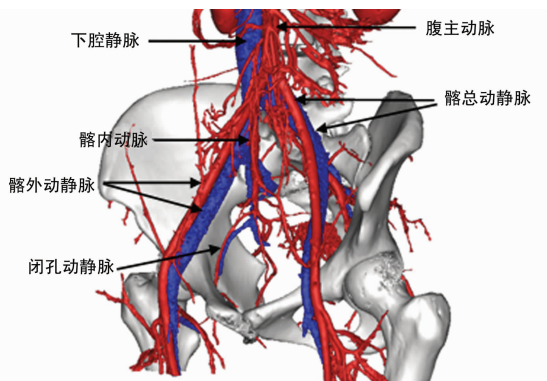


图 1 CTA 数字化三维模型

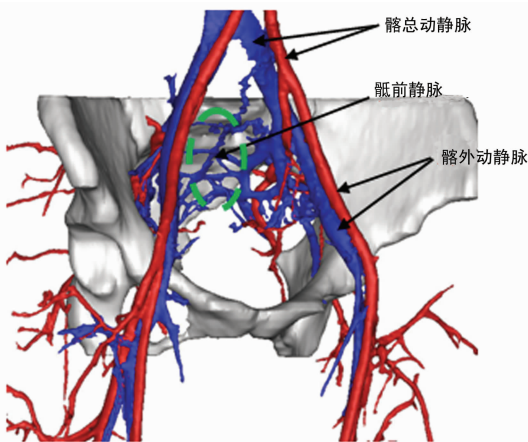


图 2 MRA 数字化三维模型

表 2 CTA 及 MRA 模型左右臀上下动脉的分支显示情况(n)

模型分类	n	LSGA	RSGA	LIGA	SIGA
CTA	25	47	50	38	36
MRA	25	76	81	61	63

3 讨论

彩色多普勒超声作为传统的评价盆腔血管血流的方法之一,其简便易行,价格低廉,但是容易受到肺部和肠气的干扰,且非常依赖操作者技术的熟练程度,且超声图片专业性较强,一般非超声专业的临床医师较难看懂彩超图像上血管血流情况,不利于临床医师对于盆腔血管情况的观察了解。后续的 DSA、CTA 以及 MRA 技术,其共通点也是不同于彩超的地方是均需要经静脉注射一定剂量的对比剂,从而提高人体血管的对比度,有利于临床医师对于血管形态走形的辨识和观察分析。

MRA 是一种新的血管成像技术,近年来发展迅速,国内外临床已将此项技术广泛应用于全身大部分血管检查,并取得了较好的成像效果^[9]。但对于盆腔血管的研究,大部分还是集中于腹主动脉、下腔静脉、门静脉、髂总动静脉等大血管,对于盆腔的四级血管的研究还是不多。由于盆腔血管具有纤细迂曲,分布密度大,血流方向多样等特点,因此盆腔血管的 MR 成像技术必须具有高空间分辨率以显示迂曲的血管,同时还需对各个方向血流信号的高敏感性以显示整体血管,必须尽可能具有动脉和静脉分别显示的能力,以减少显示的血管的密度、减少重叠。CT 血管成像技术目前已被广泛应用于各个科室,其成像速度快,成像范围广,空间分辨率高,一个患者从双肾动脉扫描至股动脉上段的动脉期成像也只需要 15 s 左右;而 MRA 成像所需时间相对较长,空间分辨率相对较低,但是 MRA 安全、无辐射;CTA 显示血管细节必须采用薄层扫描,大范围的薄层扫描增加辐射剂量,不利于儿童和体弱患者,而 MRA 则可以多次重复扫描了解造影剂的代谢情况;且 MRA 使用的是顺磁性造影剂,安全性更高,几乎无肾脏毒性,肾衰的患者也能安全使用,发生过敏反应的概率也低,文献报道碘的重度过敏反应发生率为 0.157%^[10],而顺磁性造影剂的不良反应率仅为 0.07%^[11]。而 CTA 碘造影剂用量较大,发生过敏反应概率相对偏高,且具有肾脏毒性,致使高危人群不能行此检查。正是由于 MRA 所特有的优势,其在妇产科的应用前景将更为广阔,妇产科疾病患者大多为育龄女性,卵巢功能均需要保护,她们更愿意接受无辐射的 MRA 检查,即使 MRA 的费用相对更高一些。近年来,国内外关于 MRA 研究的相关报道也逐渐增多,Naguib 等^[12]利用 MRI 增强扫描三维重建血管成像技术重建了 49 例行子宫动脉栓塞术治疗的患者的盆腔动脉血管网,重建的三维动脉血管网可以显示大部分髂内动脉的分支及其起源,其中与 UAE 密切相关的子宫动脉的显示率为 97%(95 支)。因此,其认为 MRI 增强扫描三维重建血管成像技术是一种可以在 UAE 术前清楚显示盆腔动脉血管网的好方法,可以很好地实现对 UAE 的个性化指导。其在随后的另一项研究中,利用术前 MRI 增强扫描血管成像技术计算出的最佳球管倾斜角度指导子宫动脉栓塞术,可以有效地减少患者的 X 线辐射剂量、曝光时间以及造影剂剂量^[13]。

CTA、MRA 作为现在影像学上最常用的两种血管成像技术,各有优势。在成像效果和成像质量上各有特点。CTA 扫描是以多层螺旋 CT 扫描为基础,通过血管注射对比剂以达到显示全身各部位血管为目的的一项无创性血管显示技术。其在靶血管内对比剂充盈的高峰期进行连续的原始数据容积采集,然后利用计算机的后处理功能重建靶血管,形成血管影成像。传统 MRA 多采用二维时间飞跃法,该法是利用流动血液的流入增强效应成像,最大的缺点是平行于扫描层面的血流和缓慢血流容易饱和和致信号减弱,如横断面扫描时锁骨下动静

脉、肾动静脉显示差。而 3D-CEMRA 不依赖流空效应,避免了涡流和湍流影,不受血流流速和方向的影响,对平行于扫描层面的血管、血管分叉及扭曲的血管均能清晰显示。本研究结果发现,由于 CTA 及 MRA 成像原理的差异,加之 CTA 扫描方向是横断面扫描,而 MRA 主要是冠状面扫描,对不同走行方向的血管显示情况不一样,根据原始数据所得重建模型显示效果也不一样。两种成像方式对于一到四级动脉血管的显示率并无太大差异,但 CTA 成像速度快,成像范围较 MRA 广,能一次显示全身动脉血管,对于巨大的盆腔包块、卵巢肿瘤,需要在术前了解包块血供来源从而评估手术时,CTA 成像则是首选。而对于静脉系统的显示 CTA 常常仅显示到髂内外静脉,对于子宫静脉及髂内外静脉的其他分支则显示不佳,对于骶前静脉几乎不显影。CE-MRA 不仅能同等程度的显示 1~4 级的动脉血管,而且对于能显示更多的臀上下动脉的分支,且能够显示更为丰富的静脉血管,尤其是骶前静脉的显影,对于像妇科盆底手术需要术前了解骶前区血管网的情况,CE-MRA 成像则是首选。除此,CE-MRA 是在 MRI 检查的基础上成像,鉴于 MRI 对于软组织的高分辨率,对于子宫肌瘤、子宫腺肌病、子宫内膜癌等盆腔疾病的诊断,或者是血管内介入治疗前后的评估,从四级血管的显示效果而言,MRA 基本能达到 CTA 显示血管的效果,从盆腔脏器、病灶等软组织的显示效果而言,MRI 是明显优于 CT 的。

总而言之,面对多种影像学检查,应根据诊断病情的需要,结合评估疾病侧重点的差异,为患者选择最佳的检查方式,既要考虑减轻患者的医疗费用,不能什么检查都做,但又要满足诊断评估病情的需要,则需要深入了解各类检查的侧重点,优劣势等特点。

参考文献

- [1] 朱兆兴,王丽,段飞雪,等. 16 排螺旋 CT 血管成像的临床价值[J]. 中国老年学杂志,2012(7):1520-1521.
- [2] 孟祥水,侯金文,曾庆师,等. 3.0T 磁共振 CE-MRA 在腹部至下肢动脉疾病中的应用价值[J]. 实用放射学杂志,2007,23(5):633-638.
- [3] 黄胜,龚沈初,姜洪标,等. 3D TOF MRA 与 3D CE-MRA 对脑血管病的诊断价值[J]. 南京医科大学学报(自然科学版),2006,26(12):1257-1260.

(上接第 4645 页)

否存在相互关系。经检测,研究并没有发现血浆 IFN- γ 水平及 IFNGR 多态性位点与 AS 斑块稳定性有相互关系,血浆 IFN- γ 及 IFNGR 基因多态性尚不能作为云南汉族人群 AS 易损斑块的预警指标。

参考文献

- [1] Gattoni A, Parlato A, Vangieri B, et al. Interferon-gamma: biologic functions and HCV therapy (type I / II) [J]. Clin Ter, 2006, 157(4): 377-386.
- [2] Virella G, Lopes-Virella MF. Atherogenesis and the humoral immune response to modified lipoproteins [J]. Atherosclerosis, 2008, 200(2): 239-246.
- [3] Getz GS. Thematic review series: the immune system and

- [4] 刘崎,陆建平,王飞,等. 三维增强 MR 血管成像是常见脑血管病诊断中的价值[J]. 第二军医大学学报,2005,26(7):724-727.
- [5] 刘萍,余艳红,陈春林,等. CT 扫描计算机三维重建女性骨盆的研究方法和应用[J]. 中国实用妇科与产科杂志,2010,26(1):35-38.
- [6] 陈春林,宋小磊,余艳红,等. 基于 CTA 的女性在体盆腔动脉血管网数字化三维模型构建的意义[J]. 中国实用妇科与产科杂志,2011,27(4):276-279.
- [7] 陈春林,欧阳振波,刘萍,等. 基于 CTA 的在体女性盆腔静脉血管网数字化三维模型构建的方法及意义[J]. 现代生物医学进展,2012(20):3801-3804.
- [8] 陈若兰,刘萍,陈春林,等. 利用磁共振血管成像原始数据集构建在体女性骶前静脉丛数字化三维模型[J]. 国际妇产科学杂志,2015,5(5):1-4.
- [9] 李吉华,陈国云,李艳丽,等. 三维对比增强磁共振成像(3D-CEMRA)的临床应用[J]. 医学信息,2014,27(3):183-184.
- [10] Caro JJ, Trindade E, Mcgregor M. The cost-effectiveness of replacing high-osmolality with low-osmolality contrast media [J]. Am J Roentgenol, 1992, 159(4): 869-874.
- [11] Cochran ST, Bomyea K, Sayre JW. Trends in adverse events after IV administration of contrast media [J]. AJR Am J Roentgenol, 2001, 176(6): 1385-1388.
- [12] Naguib NN, Nour-Eldin NE, Hammerstingl RM, et al. Three-dimensional reconstructed contrast-enhanced Mr angiography for internal iliac artery branch visualization before uterine artery embolization [J]. J Vasc Interv Radiol, 2008, 19(11): 1569-1575.
- [13] Naguib NN, Nour-Eldin NE, Lehnert T, et al. Uterine artery embolization: optimization with preprocedural prediction of the best tube angle obliquity by using 3D-reconstructed contrast-enhanced Mr angiography [J]. Radiology, 2009, 251(3): 788-795.

(收稿日期:2016-03-12 修回日期:2016-06-26)

atherogenesis [J]. J Lipid Res, 2005, 46(1): 1-10.

- [4] Whitman SC, Ravisankar P, Daugherty A. IFN-gamma deficiency exerts gender-specific effects on atherogenesis in apolipoprotein E-/- mice [J]. J Interferon Cytokine Res, 2002, 22(6): 661-670.
- [5] Daugherty A, Webb NR, Rateri DL, et al. Thematic review series: The immune system and atherogenesis [J]. J Lipid Res, 2005, 46(9): 1812-1822.
- [6] Chevillard C, Henri S, Stefani F, et al. Two new polymorphisms in the human interferon gamma (IFN-gamma) promoter [J]. Eur J Immunogenet, 2002, 29(1): 53-56.

(收稿日期:2016-03-11 修回日期:2016-06-25)