

·影像技术 Imaging technology·

多排螺旋 CT 血管成像多种重建方法在腹主动脉瘤术前影像学评估中的应用

黄小勇, 黄连军, 濮欣, 董继伟, 李杰, 晏子旭

【摘要】目的 探讨综合应用多排螺旋 CT 血管成像(MSCTA)多种重建方法对腹主动脉瘤(AAA)进行术前影像学评估的临床应用价值。方法 回顾分析 2009 年 6 月至 2010 年 5 月共 75 例 AAA 患者的 MSCTA 资料,并对比分析其中 61 例成功实施血管腔内修复(EVAR)术患者的 MSCTA 及术中 DSA 资料。应用容积再现(VRT)、多平面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)和曲面重建(CPR)分别测量 EVAR 术相关各解剖学数据,并对照 DSA 测量数据,比较各测量值之间的差异。结果 ①12 例(12/75,16.0%)行外科腹主动脉人工血管置换术,2 例(2/75,2.7%)临床定期随访,未行手术治疗,61 例(61/75,81.3%)行 EVAR 术治疗。②行 EVAR 术治疗的 61 例患者中,I 型仅 2 例(3.2%,2/61);II 型 44 例(72.3%,44/61),其中 IIa 型 27 例、IIb 型 11 例、IIc 型 6 例;III 型 15 例(24.5%,15/61)。③对比 61 例行 EVAR 术病例的术中 DSA 数据和 MSCTA 数据,近端瘤颈长度、内径,瘤体长度,远端瘤颈长度、内径,髂总动脉长度、内径等各测量值差异分析显示差异无统计学意义($F = 0.006 \sim 0.427, P = 0.653 \sim 0.999$),以 DSA 测量值为参考标准,应用 Bland And Altman 方法计算 3 种重建方法测量数值的偏倚在 0.00 ~ 1.70。结论 采用 VRT 重建图像观察 AAA 与腹主动脉及其分支的解剖关系,MPR 重建图像测量血管内径,MIP 重建图像测量血管长度和血管走行角度,CPR 重建图像观察血管及分支管腔内及管壁情况,合理应用 MSCTA 多种重建方法可以准确、直观显示 AAA 的形态学变异、腔内精确结构及分支血管关系,精确测量 AAA 与治疗相关的主要径线,为临床治疗方法的选择提供有力依据,具有显著的临床应用价值。

【关键词】 主动脉瘤;腹部;计算机断层;腔内隔绝术;测量

中图分类号:R543.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2011)-06-0482-05

Clinical application of MSCTA multiple reconstruction techniques in preoperative evaluation of abdominal aortic aneurysms HUANG Xiao-yong, HUANG Lian-jun, PU Xin, DONG Ji-wei, LI Jie, YAN Zi-xu. Department of Radiology, the Affiliated Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China.

Corresponding author: HUANG Lian-jun, E-mail: hljun@vip.sina.com

【Abstract】 **Objective** To assess the clinical value of integrated application of MSCTA and multiple reconstruction methods in preoperative evaluation of abdominal aortic aneurysms. **Methods** The MSCTA data of 75 patients with abdominal aortic aneurysms encountered in authors' hospital during the period from Jun. 2009 to May 2010 were retrospectively analyzed. And the parameters that endovascular aortic repair (EVAR) required were measured by VRT, MPR, MIP and CPR reconstruction separately in 61 cases who had underwent EVAR successfully. Compared with DSA results, the differences between different reconstruction methods of MSCTA were assessed. **Results** 1. Traditional surgeries were performed in 12 cases, clinical follow-up was made in 2 cases, and EVAR was performed in 61 cases. 2. Of 61 cases who underwent EVAR, 2 had type I (2/61, 3.2%), 44 had type II (44/61, 72.3%), among which 27 were type IIa, 11 were type IIb, 6 were type IIc, and 15 were type III (15/61, 24.5%). 3. The parameters, including the length and diameter of proximal and distal neck, the bilateral common iliac arteries, the diameter of bilateral external iliac arteries, the length of aneurysm and the angles were measured on MSCTA images. No significant difference in the above parameters existed between MSCTA and DSA ($F = 0.006 - 0.427, P = 0.653 - 0.999$). Using the Bland and Altman technique and DSA as the reference standard, the mean bias of three reconstruction techniques was 0.00 - 1.70. **Conclusion** When using VRT reconstruction to observe the relationship

作者单位:100029 首都医科大学附属北京安贞医院,医学影像科
通信作者:黄连军 E-mail: hljun@vip.sina.com

between the aneurysm and the aorta and its branches, MPR reconstruction to measure the diameters of vessels, MIP reconstruction to measure the length and the angles of vessels and CPR reconstruction to observe the wall of the vessels, the detailed information of AAA can be well demonstrated, which can provide powerful evidence to select the suitable treatment method and is of great clinical value. (J Intervent Radiol, 2011, 20: 482-486)

【Keywords】 aortic aneurysm; abdominal; computerized tomography; EVAR; measurements.

腹主动脉瘤(abdominal aortic aneurysm, AAA)已成为临床常见的、存在巨大潜在危险的疾病,肾下型占总数的 90%以上^[1]。以往主要的治疗手段是传统外科手术修复,但其危险性大,围手术期病死率高。本病 15%~30%患者为高龄,且常合并其他系统疾患,不宜行外科手术。近年来,血管腔内修复术(endovascular aortic repair, EVAR)逐渐应用于 AAA 外科高危患者的治疗,该技术近、中期疗效优于外科手术^[2]。精确、直观的影像学检查是判断患者是否适合 EVAR 治疗以及 EVAR 支架选择及预后评价的关键^[3]。目前用于 AAA 术前评估的影像学方法主要包括超声、MR 及 CT,以 CT 应用最为普遍。近年来,多排螺旋 CT 血管成像(multi slice computer tomography angiography, MSCTA)技术迅速发展,其具有快速、高空间分辨率及准确、直观等优势,逐渐成为 AAA 术前最可靠的无创性诊断手段^[4-6]。

本研究回顾性分析 75 例 MSCTA 诊断 AAA 的患者,并逐一测量其中 61 例已成功实施 EVAR 治疗的 AAA 患者的 MSCTA 数据,分别应用容积再现(VRT),多平面层建(MPR),最大容积度投影(MIP)及曲面重建(CPR)等不同重建方法测量 EVAR 术所需解剖学数据,对照术中 DSA 测量结果,探讨 MSCTA 各种重建方法在 AAA 术前影像学评估中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 临床资料

2009 年 6 月至 2010 年 5 月共 75 例经 MSCTA 诊断 AAA 的病例,其中男 61 例,女 14 例,年龄为 57~81 岁,平均(69 ± 6)岁。其中 11 例合并冠心病(14.8%),42 例合并高血压(56.0%),7 例合并糖尿病(9.3%),3 例合并脑血管病(4.0%),3 例合并慢性阻塞性肺疾病(4.0%),1 例合并白塞病(1.3%),1 例合并肾脏恶性肿瘤(1.3%),7 例合并肾功能减退(9.3%)。其中 61 例成功实施 EVAR 术。

1.2 MSCTA 扫描方法

采用东芝 320 层螺旋 CT 机(Toshiba, Aquilion

One, 日本)行全主动脉扫描。患者仰卧位,头先进,采用螺旋扫描模式,扫描范围自锁骨下动脉分叉上 2~3 cm 至髂内外动脉分叉下 2~3 cm。管电压 120 kV,管电流 250 mA,层厚 0.5 mm,感兴趣区(ROI)设定于降主动脉,阈值 100 Hu。静脉团注非离子碘对比剂(350 mg I/ml 优维显,拜耳先灵),流率 4 ml/s,总量 60 ml,同流率追加生理盐水 40 ml。延迟 15 s 触发。容积数据导入 VITAL 4.0 后处理服务器,分别采用 VRT、MPR、和 CPR。由 1 名经验丰富的影像科医师于不同重建方法的图像上分别测量 AAA 的近端瘤颈至最低肾动脉开口距离(a)、瘤体长度(b)、远端瘤颈至腹主动脉分叉距离(c)及腹主动脉分叉分别至左右髂内外动脉分叉距离(d1、d2)。并进一步测量最低肾动脉水平腹主动脉内径(A)、近端瘤颈部内径(B)、远端瘤颈内径(C)、腹主动脉分叉前腹主动脉内径(D)及双侧髂总动脉内径(E1、E2)、双侧髂外动脉内径(F1、F2)。同时,测量瘤颈扭曲角度($\angle \alpha$)、瘤颈与瘤体扭曲角度($\angle \beta$)和腹主动脉远端与左、右髂总动脉的角度($\angle \gamma_1$ 、 $\angle \gamma_2$),判定瘤颈部钙化有无(+/-)(图 1)。另由 1 名经验丰富的介入医师在无任何信息提示的前提下测量术中 DSA 图像数据,以金标猪尾导管为标尺,分别测量上述各值。以 DSA 结果为参考标准,对照分析不同重建方法在不同径线的测量值的差异。

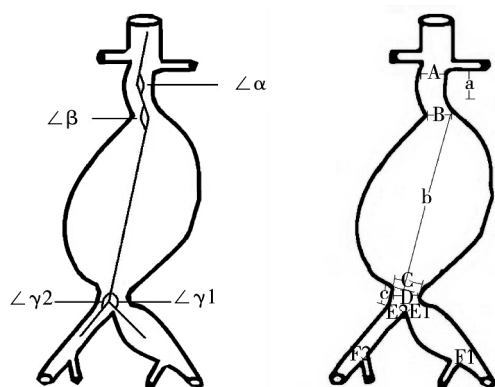
1.3 统计学处理

所有计量资料数据均以(均值 \pm 标准差)表示。对 61 例 EVAR 治疗的患者 DSA 及 MSCTA 测量数值进行单因素方差分析(F 检验), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。对所测得 MSCTA 不同重建方法测量的数值,以 DSA 为参考标准,应用 Bland And Altman 方法计算 3 种重建方法测量的数值与 DSA 测量值间的偏倚。

2 结果

2.1 本组病例转归

12 例(16.0%, 12/75)行外科人工血管置换术治疗,其中 2 例为肾型 AAA,5 例肾下型 AAA 瘤颈至



a:最低肾动脉开口距离;b:瘤体长度;c:远端瘤颈至腹主动脉距离;
d₁d₂主动脉分叉分别列左、右额内外动脉分叉距离;A:肾动脉水平
腹主动脉内径;B:近端瘤颈内径;C:远端瘤颈内径;D:腹主动脉
分叉前腹主动脉内径;E₁E₂:双侧额总动脉内径;F₁F₂:双侧额外动脉
内径; $\angle\alpha$ 瘤颈扭曲角度; $\angle\beta$ 瘤颈与瘤体成角; $\angle\gamma1$ 、 $\angle\gamma2$ 腹主动
脉远端与左右额总动脉成角

图 1 肾下型 AAA 测量示意图



2a VRT 图像示左肾动脉起自腹主动脉分叉部



2b、2c VRT 图像清晰显示瘤体形态及其与腹主动脉关系,但无法观察瘤体内及腔内情况
MPR 图像可清晰显示瘤体内血栓

图 2 VRT 后处理图像

量比较

61 例行 EVAR 术患者 MSCTA 不同重建方法对各径线、长度的测量值、术中 DSA 测量值均数及对各组测量值单因素方差分析结果,以及应用 Bland And Altman 方法计算 3 种重建方法测量值与参考标准 DSA 测量值间的偏差分析结果见表 1。依据 MSCTA 测量数值,以大于瘤颈直径 15% 选择支架直径,以测量长度选择支架长度,所选支架型号与术中实际选择支架一致。

3 讨论

AAA 已成为临床常见疾病,常见于老年患者,且多合并有心、脑、肺、肝、肾功能障碍等多种疾病,

最低肾动脉开口不足 15 mm,2 例髂总动脉直径不足 7 mm,1 例Ⅲ型 AAA,双侧髂总动脉受累,累及双侧髂内动脉,1 例肾下型 AAA 瘤体直径 57 mm,1 例肾动脉起源变异,左肾动脉开口于腹主动脉分叉(图 2)。2 例(2.7%,2/75)肾下型 AAA 管壁弥漫钙化,瘤体直径分别为 32.7 mm 和 28.3 mm,瘤腔内附壁血栓厚且可见钙化表现,未行手术治疗,临床随访观察。61 例(81.3%,61/75)患者成功行 EVAR 术治疗。

2.2 接受 EVAR 治疗患者分类

根据 AAA 3 类五分法^[7],61 例接受 EVAR 治疗的患者中,Ⅰ型仅 2 例(3.2%,2/61);Ⅱ型 44 例(72.3%,44/61),其中Ⅱa 型 27 例、Ⅱb 型 11 例、Ⅱc 型 6 例;Ⅲ型 15 例(24.5%,15/61)。61 例中仅 4 例(6.5%,4/61)术后 30 d 复查出现并发症(包括移位 1 例、内漏 3 例)。

2.3 接受 EVAR 治疗患者 MSCTA 与术中 DSA 测

瘤体破裂是其最为危险的并发症。直径大于 5 cm 的 AAA,若不治疗,2 年内自然破裂发生率高达 50% 以上。以往主要治疗手段是传统外科手术修复,手术创伤大,出血多,并发症多,尤其对于老年及合并其他系统疾病的高危患者,其手术耐受力差,围手术期病死率高^[2]。EVAR 治疗 AAA 临床已经广泛应用,其操作简便、创伤小、效果确定,逐渐成为替代外科手术的首选治疗方法。但肾型 AAA、肾下型 AAA 近端瘤颈长度不足 15 mm、瘤颈扭曲角大于 60°、瘤颈与瘤体长轴夹角小于 70°腹主动脉分叉部直径不足 18 mm 以及髂动脉直径不足 7 mm 或髂动脉全程受累均是 EVAR 治疗的禁忌证^[8]。由于动脉瘤的大小、形态变异多样,术前影像学评估的准

表 1 MSCTA 不同测量方法与 DSA 测量值检验($n = 61$)

参数	MSCTA			DSA	F 检验		偏差		
	VR	MPR	MIP		F 值	P 值	VR/DSA	MPR/DSA	MIP/DSA
长度(cm)									
a	33.49 ± 10.51	33.31 ± 10.60	33.36 ± 10.46	33.23 ± 10.46	0.074	0.965	0.87	0.90	0.13
b	78.30 ± 18.91	78.80 ± 19.62	78.8 ± 19.5	78.82 ± 19.66	0.062	0.972	- 0.90	- 0.00	- 0.00
c	12.63 ± 9.78	12.24 ± 9.61	12.22 ± 9.54	12.15 ± 9.44	0.031	0.992	0.50	0.10	0.07
d1	55.36 ± 12.14	55.63 ± 11.38	55.61 ± 11.89	55.54 ± 11.92	0.006	0.999	- 0.20	0.10	0.10
d2	56.16 ± 9.78	55.94 ± 9.72	55.88 ± 9.68	56.08 ± 9.92	0.010	0.999	0.50	- 0.30	- 0.04
内径(cm)									
A	23.12 ± 2.88	22.88 ± 3.23	23.02 ± 3.18	23.05 ± 3.19	0.063	0.979	0.07	0.17	- 0.71
B	21.38 ± 3.07	21.43 ± 2.95	21.32 ± 2.98	21.34 ± 3.05	0.008	0.999	0.17	0.12	- 0.04
C	22.01 ± 3.48	22.09 ± 3.51	21.98 ± 3.48	22.00 ± 3.51	0.012	0.998	0.01	0.09	- 0.02
D	20.72 ± 2.77	21.37 ± 2.75	20.89 ± 2.72	20.87 ± 2.70	0.053	0.984	- 0.15	0.36	0.02
E1	10.45 ± 2.61	11.30 ± 2.64	10.62 ± 2.59	10.59 ± 2.52	0.027	0.994	- 0.14	0.33	0.03
E2	10.00 ± 1.13	10.97 ± 1.20	9.89 ± 1.19	10.00 ± 1.22	0.010	0.999	0.01	0.02	- 0.01
F1	6.79 ± 0.77	7.37 ± 0.55	6.64 ± 0.51	6.82 ± 0.67	0.199	0.897	- 0.03	0.43	0.92
F2	6.56 ± 0.71	6.13 ± 0.83	6.70 ± 0.54	6.72 ± 0.61	6.813	0.000 *	- 0.18	- 0.50	- 0.02
角度									
∠α	161.73 ± 14.57	* *	161.69 ± 15.12	160.80 ± 15.39	0.075	0.928	0.90	* *	0.76
∠β	145.56 ± 17.03	* *	147.01 ± 16.34	146.18 ± 17.87	0.111	0.895	- 0.60	* *	0.80
∠γ1	136.09 ± 11.67	* *	136.20 ± 11.06	134.51 ± 11.16	0.427	0.653	1.60	* *	1.70
∠γ2	130.94 ± 9.89	* *	131.61 ± 9.53	130.62 ± 9.13	0.169	0.844	0.30	* *	1.00

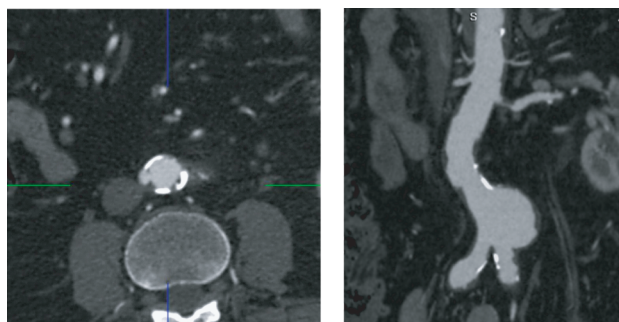
* 误差原因来源于本组病例右侧髂动脉扭曲程度较重所致; ** 重建方法无法获得测量值

确与否对 EVAR 实施的成败至关重要。在术前详细了解 AAA 的解剖和形态,精确测量瘤颈、瘤体、髂动脉管径和长度,测量近端瘤颈和髂动脉的扭曲角度,了解血管内壁斑块、钙化情况,明确 AAA 与邻近分支血管的关系等,对于确定患者是否适合 EVAR 治疗,并进而选择合适类型和尺寸的支架,甚至预测手术结果起着至关重要的作用。

MSCTA 的高空间分辨率(0.5 mm)为 AAA 的准确测量奠定了硬件基础。不同类型的后处理软件更为准确测量提供了保证。VRT 重建可以直观显示主动脉及分支动脉的解剖及空间关系,MPR、MIP 重建可以在三维容积数据上进行任一平面重构、测量,CPR 重建将扭曲的血管及走行复杂的分支动脉经血管探针技术展现于同一平面,便于观察分析靶血管管腔及管壁全程表现。因此,采用恰当重建技术,可以获得高质量主动脉及其分支图像,综合应用多种不同重建方法,包括 VRT、MPR、MIP 和 CPR 等可以达到精确测量 AAA,为 AAA 的治疗方法选择、EVAR 术前评估提供直观、准确的依据。

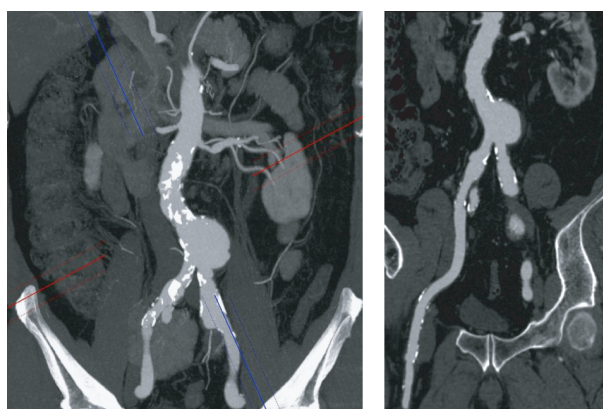
应用单一方法的 MSCTA 重建图像进行所有 AAA 参数测量并不可取的。我们体会单纯应用横轴位测量 AAA 各径线不够准确,国外亦报道当主动脉成角大于 25°或过度扭曲时横断面测量值极不可靠^[9-10]。本研究结果显示:①VRT 重建图像可用于直观显示腹主动脉整体形态,主要分支动脉,包括腰

动脉分支的数目、位置、走行和变异,及其与 AAA 的相互关系。但在径线测量上,其偏倚范围在-0.90 ~ 0.90,无法精确测量。且 VRT 图像仅能显示有血流的残余血管腔,无法观察 AAA 内附壁血栓的部分,因而导致对判断瘤颈部支架锚定区位置和径线测量不准确(图 2)。②MPR 重建图像对血管内径的测量最为准确(偏倚范围-0.50 ~ 0.40),它可以准确测量垂直于血流方向的血管直径,同时可以清晰显示瘤颈部及瘤腔内钙化、血栓形成等变化(图 3)。但 MPR 图像由于不能直接测量血管长度,而是间接依靠层厚与层数乘积的方法,增加了误差,同时受重建层厚限制,使得其对血管长度的测量不够精确(偏倚范围在-0.30 ~ 0.90)。另外由于 MPR 图像很难将血管走行显示于同一平面,无法进行角度测量。③MIP 可以在任意平面显示血管的全貌,类似 DSA 效果,因此对血管长度和成角的测量最为精确(偏倚范围在-0.04 ~ 0.13)。但对于管腔内径测量值偏差较大(偏倚范围-0.71 ~ 0.92),分析原因可能在于 MIP 层厚较厚导致血管重叠影响测量值的准确。④CPR 应用探针技术,选择靶血管中心点重建血管全程,可以清晰观察管腔和管壁情况。但对于径线、长度的测量过度依赖于探针技术对血管中心的识别,同时对血管走行的角度无法测量(图 4)。此外,EVAR 术中由于瘤颈部对移植物流支撑固定起主要作用,当瘤颈部带有血栓时,可能无法承受移植物的支



瘤颈部轴位及 MPR 图像,清晰显示瘤颈部钙化

图 3 瘤颈部钙化



4a MIP 重建图像显示 AAA 及其与腹主动脉的关系,并可见管壁钙化 4b CPR 重建显示 AAA 髂动脉血管情况

图 4 三维重建显示 AAA 与髂动脉、腹主动脉关系

撑作用,导致局部瘤体扩张,甚至破裂,或由于支撑力量不足,增加内漏和移植物移动的风险^[1]。因此,术前明确瘤颈部管壁情况及是否有附壁血栓,对 EVAR 术支架锚定点的选择、术后并发症的发生与否关系密切。应用传统 DSA 与 MSCTA 单纯 VRT 重建无法准确观察瘤颈部可能存在的血栓,而应用 MPR 及 MIP 重建,可以清晰显示瘤颈部管壁情况和附壁血栓,具有显著的优势。

因此,综合应用 MSCTA 数据,采用 VRT 重建图像判定 AAA 与腹主动脉及其分支的解剖关系,MPR 重建图像测量血管内径,MIP 重建测量血管长度和血管走行角度,辅以 CPR 重建图像观察主动脉及其管腔管壁病变,由此测得数据与术中 DSA 测得数据最为吻合,且以此为依据所选支架亦与术中吻合。同时,EVAR 术后,应用 MSCTA 随访是发现、观察内漏转归的最好方法^[2]。本组 61 例 EVGA 术后 30 d 复查,共 3 例出现并发症。1 例为瘤颈部扭曲角过小($\angle \alpha = 92^\circ$)支架近端移位,左肾动脉受累。2 例因近端瘤颈部动脉硬化显著,腹主动脉管壁不规则,致使支架近端与腹主动脉管壁贴合欠佳出现 I 型内漏。此外,AAA 患者在进行 EVAR 术前 MSCTA

检查时,扫描范围不宜仅包括腹主动脉,而应选择全主动脉扫描。因为,仅扫描腹主动脉虽然可以部分降低患者所受射线损伤,但若同时合并胸主动脉病变,EVAR 术将对患者存在潜在风险。

总之,综合地、合理地应用 MSCTA 多种重建方法可以直观显示 AAA 的形态变异、腔内结构及其与主动脉及其分支的解剖关系,精确测量 EVAR 治疗相关参数,为临床治疗方法的选择提供有力依据,且可以作为 EVAR 术前术后影像学评估的首选手段,具有显著的临床应用价值。

[参考文献]

- [1] Zankl AR, Schumacher H, Krumdorf U, et al. Pathology, natural history and treatment of abdominal aortic aneurysms [J]. Clin Res Cardiol, 2007, 96: 140 - 151.
- [2] 禹纪红, 黄连军, 蒋世良, 等. 腔内隔绝术治疗高风险腹主动脉瘤[J]. 介入放射学杂志, 2010, 19: 287 - 290.
- [3] Kritpracha B, Serres S, Beebe H, et al. Endograft planning without preoperative arteriography: a clinical feasibility study [J]. J Endovasc Ther, 2000, 7: 8 - 15.
- [4] Wyers MC, Fillinger MF, Schermerhorn ML, et al. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm without preoperative arteriography[J]. J Vasc Surg, 2003, 38: 730 - 738.
- [5] Macura KJ, Szarf G, Fishman EK, et al. Role of computed tomography and magnetic resonance imaging in assessment of acute aortic syndromes [J]. Semin Ultrasound CT MR, 2003, 24: 232 - 254.
- [6] Fukuhara R, Ishiguchi T, Ikeda M, et al. Evaluation of abdominal aortic aneurysm for endovascular stent-grafting with volume-rendered CT images of vessel lumen and thrombus [J]. Radiat Med, 2004, 22: 332 - 341.
- [7] 景在平, 陈 泉. 主动脉瘤腔内隔绝术[J]. 中国实用外科杂志, 2006, 26: 739 - 741.
- [8] White GH, Yu Weiyun, May, et al. Endoleak as a complication of endoluminal grafting of abdominal aortic aneurysms: classification, incidence, diagnosis, and management [J]. J Endovasc Surg, 1997, 4: 152 - 168.
- [9] Sprouse LR, Meier GH, Parent FN, et al. Is ultrasound more accurate than axial computed tomography for determination of maximal abdominal aortic aneurysm diameter [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2004, 28: 28 - 35.
- [10] Wolf YG, Tillich M, Lee WA, et al. Impact of aortoiliac tortuosity on endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: evaluation of 3D computer-based assessment [J]. J Vasc Surg, 2001, 34: 594 - 599.
- [11] Gitlitz DB, Ramaswami G, Kaplan D, et al. Endovascular stent grafting in the presence of aortic neck filling defects: early clinical experience[J]. J Vasc Surg, 2001, 33: 340 - 344.

(收稿日期:2010-09-13)