

DOI:10.3724/SP.J.1008.2009.00532

## 应用三维 CT 血管造影模拟颅内动脉瘤手术入路

徐 亚<sup>1</sup>, 虞正权<sup>2,3\*</sup>, 李中林<sup>3</sup>

1. 盐城市第三人民医院神经外科, 盐城 224000

2. 苏州大学附属第一医院神经外科, 苏州 215000

3. 徐州医学院附属医院神经外科, 徐州 221000

**[摘要]** **目的:**应用三维 CT 血管造影(3D-CTA)模拟颅内动脉瘤手术入路,探讨颅内动脉瘤破裂开颅手术治疗中颅脑 3D-CTA 的应用价值。**方法:**选择经手术证实的颅内动脉瘤破裂致蛛网膜下隙出血患者 134 例,术前均行 3D-CTA 检查并进行动脉瘤手术模拟,部分患者术前行 DSA 检查;将患者的术前 CTA 与术前 DSA、术中所见进行比较,分析颅脑 3D-CTA 的临床应用价值。**结果:**134 例患者共有动脉瘤 163 枚,3D-CTA 发现 162 枚,诊断阳性率为 99.4%,特异性 100%;术前 3D-CTA 能清晰地显示动脉瘤位置、大小、形态、瘤顶指向、瘤颈宽窄、载瘤动脉、动脉瘤与周围血管及骨结构关系,且与术中所见基本一致;术中 134 例患者在探查动脉瘤时均未发生动脉瘤破裂出血,出院时 GOS 预后评分:5 分 85 例、4 分 22 例、3 分 17 例、2 分 6 例、1 分 4 例。**结论:**作为术前常规检查的 3D-CTA 对颅内动脉瘤进行开颅夹闭术的模拟,有助于颅内动脉瘤手术入路的设计,从而提高手术的成功率。

**[关键词]** 三维 CT 血管造影术;颅内动脉瘤;模拟手术

**[中图分类号]** R 651.122 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2009)05-0532-05

### Three-dimensional CT angiography simulates operative approaches for intracranial aneurysms

XU Ya<sup>1</sup>, YU Zheng-quan<sup>2,3\*</sup>, LI Zhong-lin<sup>3</sup>

1. Department of Neurosurgery, the Third Hospital of Yancheng, Yancheng 224000, China

2. Department of Neurosurgery, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000

3. Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical College, Xuzhou 221000

**[ABSTRACT]** **Objective:** To simulate the surgical approaches for intracranial aneurysms using three-dimensional CT angiography (3D-CTA), so as to assess the value of 3D-CTA in the microneurosurgery for ruptured intracranial aneurysms. **Methods:** Totally 134 patients with spontaneous subarachnoid hemorrhage caused by ruptured intracranial aneurysm were confirmed by operation. All the patients were examined by CTA before operation and surgical simulation was conducted. Some patients were examined by the pre-operative DSA (digital subtract angiography). The findings of pre-operation CTA, DSA and intra-operative findings were compared and the clinical value of cerebral 3D-CTA was analyzed. **Results:** 3D-CTA discovered 162 aneurysms out of a total of 163 in 134 patients. The sensitivity and specificity of 3D-CTA for diagnosis of ruptured intracranial aneurysm were 99.4% and 100%, respectively. Moreover, pre-operation examination with 3D-CTA clearly displayed the location, size, and shape of aneurysms, the axis direction of the aneurysmatic summits and the width of aneurysmatic neck. Furthermore, the spatial relations between the parent aneurysm artery, the aneurysm, the periphery vessel and bony structures were also demonstrated. These findings were in accordance with the intra-operative findings. There was no rupture during exploration. The Glasgow outcome score was 5 in 85 patients, 4 in 22, 3 in 17, 2 in 6, and 1 in 4. **Conclusion:** The conventional pre-operative 3D-CTA examination can simulate surgery for patients with ruptured intracranial aneurysms, and it can help to design the operative approach and improve the successful rate of operation.

**[KEY WORDS]** three dimensional CT angiography; intracranial aneurysm; surgical simulation

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2009, 30(5):532-536]

随着医学影像技术、设备的发展,不断改进的手术操作技术使颅内动脉瘤的手术成功率越来越高,

**[收稿日期]** 2008-10-13 **[接受日期]** 2009-03-20

**[作者简介]** 徐 亚, 硕士, 主治医师. E-mail: xuya19770221@sina.com

\* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 0512-65216532, E-mail: yuzquan@hotmail.com

三维CT血管造影(3D-CTA)技术通过采集数据,重建三维图像,对手术进行模拟,可以提前发现手术中可能出现的问题,从而在手术中避免此类问题的发生<sup>[1-2]</sup>。本研究以徐州医学院附属医院神经外科2004年4月至2007年12月经手术证实的颅内动脉瘤破裂致蛛网膜下隙出血(SAH)患者134例为研究对象,探讨3D-CTA在颅内动脉瘤破裂开颅手术治疗中的应用价值。

## 1 材料和方法

1.1 一般资料 患者134例,男79例,女55例,年龄23~72岁,平均(46.3±3.2)岁。按责任动脉瘤的部位分为:颈内动脉-后交通动脉瘤64例;大脑前动脉-前交通动脉瘤35例;大脑中动脉动脉瘤27例;椎-基底动脉系统动脉瘤8例,包括椎动脉瘤2例、基底动脉瘤4例,大脑后动脉瘤2例。其中多发性动脉瘤22例,经手术和数字减影血管造影(DSA)证实的颅内动脉瘤共163枚。临床均突然起病,有头痛、呕吐等症状,其中出现不同程度意识障碍47例,视物模糊9例,眼睑下垂31例,面瘫1例,复视2例,眩晕2例,有精神症状8例,偏身肢体麻木、瘫痪37例。56例有高血压病史,44例发病前有明显诱因。入院时 Hunt-Hess 分级: I 级9例, II 级49例, III 级17例, IV 级51例, V 级8例。

1.2 主要仪器 Lightspeed Pro 16 层螺旋 CT 机(GE 公司,美国);Advantx-LCV/DLX 大型 DSA 机(GE 公司,美国);Advantage Workstation 4.2 三维图像重建工作站;蔡司(Zeiss S800)手术显微镜;Sony 摄像机。

1.3 术前检查 所有患者入院后立即行头颅 CT 平扫,均表现 SAH,其中 16 例出血破入脑室,19 例脑内血肿。术前均行颅脑 CTA 检查,经肘静脉由高压注射器按 1.5~2.0 ml/kg 剂量注入非离子造影剂欧苏,注射速率 2.5 ml/s,延迟时间 17~22 s,层厚 1.0 mm,重建间隔 0.6 mm,螺距 1.375:1,应用最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积显示(volume rendering, VR)技术分别对原始数据进行重建。图像后处理要求显示动脉瘤颈、载瘤动脉及其毗邻骨结构;并通过旋转、切割,对不同手术入路进行术前模拟。其中 48 例患者术前行 DSA 检查。所有的 CTA、DSA 诊断均由 2 名副主任医师共同完成。

1.4 手术治疗 134 例患者中除 27 例接受急诊手术夹闭术外,其余均为择期手术。根据术前手术模拟选定的手术入路,134 例患者采用翼点或改良翼点入路 129 例,颞下入路 3 例,枕下极外侧入路 2 例;术中依据动脉瘤与周围血管的关系及颅骨的解剖标志确定动脉瘤的空间位置,显露动脉瘤,分离动脉瘤颈,必要时术中临时阻断供瘤动脉。

本组 49 例术中临时阻断供瘤动脉或供瘤动脉近端,最长阻断时间为 11 min(包括 4 例考虑到近侧载瘤动脉难以显露的患者,采用颈部切开,直接控制颈段颈内动脉),选择合适的 Yasargil 动脉瘤夹夹闭动脉瘤。163 枚动脉瘤中 158 枚被夹闭,其中对 149 枚动脉瘤行瘤颈夹闭术,9 枚(例)动脉瘤行孤立术。对 1 例有 3 枚动脉瘤的术前 Hunt-Hess IV 级患者,术中仅处理出血侧的责任动脉瘤 1 枚;术后患者恢复良好,但拒绝接受对另 2 枚动脉瘤的再次手术治疗。1 例一侧后交通动脉瘤合并基底动脉中段动脉瘤,基底动脉瘤部分受后床突遮挡,患者术前 Hunt-Hess IV 级,仅夹闭了责任动脉瘤(后交通动脉瘤);术后患者恢复良好,拒绝接受再次手术处理基底动脉中段动脉瘤。1 例术前 Hunt-Hess V 级患者双侧颈内动脉-后交通动脉瘤,术中仅处理左侧的责任动脉瘤,术后患者死亡。1 例一侧颈内动脉-后交通动脉瘤合并对侧的颈内动脉床突段动脉瘤,术前 Hunt-Hess III 级,患者拒绝同时接受双侧手术,故仅行颈内动脉-后交通动脉瘤(为责任动脉瘤)夹闭术;术后患者恢复良好,仍拒绝接受对对侧颈内动脉床突段动脉瘤的再次手术。

## 2 结果

2.1 3D-CTA 的诊断准确率 134 例患者,3D-CTA 发现 162 枚动脉瘤,均被手术和(或)DSA 所证实;1 枚颈内动脉床突段动脉瘤漏检,被 DSA 所证实,动脉瘤直径 1.3 mm,但不是责任动脉瘤。3D-CTA 对颅内动脉瘤的诊断阳性率为 99.4%,特异性 100%。

2.2 3D-CTA 的模拟效果 所有术前 3D-CTA 均清晰地显示动脉瘤位置、大小、形态、瘤顶指向、瘤颈宽窄、载瘤动脉、动脉瘤与周围血管及骨结构关系,与术中所见基本一致(图 1);术中依据术前 3D-CTA 所模拟的手术入路影像均顺利地探查动脉瘤,手术操作中所见与 3D-CTA 所提供的模拟手术图像完全吻合。

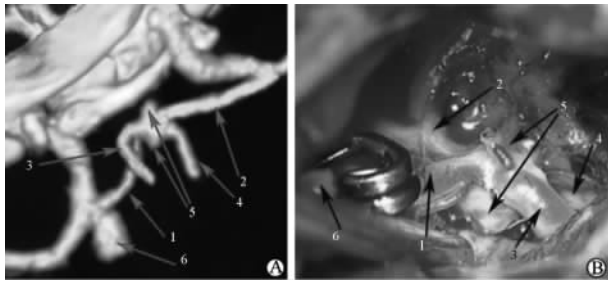


图 1 颅内多发性动脉瘤 3D-CTA 及术中所见  
 Fig 1 Multiple intracranial aneurysms demonstrated by 3D-CTA and intra-operative findings

A;3D-CTA; B;During operation. A left internal carotid artery bifurcation aneurysm combined with two anterior communicating artery aneurysms. In the left pterional approach, the findings of the pre-operative and intra-operative CTA are basically consistent with each other. 1: Left-A1; 2:Right-A1; 3: Left-A2; 4: Right-A2; 5: Anterior communicating artery aneurysm (ACoAA);6:Left internal carotid artery bifurcation aneurysm

2.3 手术结果 术中探查动脉瘤时均未发生动脉瘤破裂出血。夹闭动脉瘤颈时,2 例患者出血,其中 1 例予以加补 1 枚动脉瘤夹,1 例改行孤立术;术前者恢复良好,后者死亡。12 例患者按照术前 CTA 的模拟选择了开窗动脉瘤夹,术中 9 例选择了动脉瘤孤立术。术后复查 CTA 87 例、DSA 6 例,均未发现明显的动脉瘤残颈。出院时 GOS 预后评分:5 分 85 例、4 分 22 例、3 分 17 例、2 分 6 例、1 分 4 例,其中 1 分和 2 分的 10 例为术前 Hunt-Hess IV、V 级患者。

2.4 典型病例 例 1,患者术前 CTA 显示动脉瘤顶指向右前上方,左侧 A1 段为优势供血动脉,选择左侧翼点入路时,粗大的左侧 A2 恰好遮盖了动脉瘤颈,提示术中需选择开窗动脉瘤夹跨过左侧 A2 夹闭动脉瘤颈,操作顺利,保留了颈内动脉及双侧 A1、A2 段通畅(图 2)。

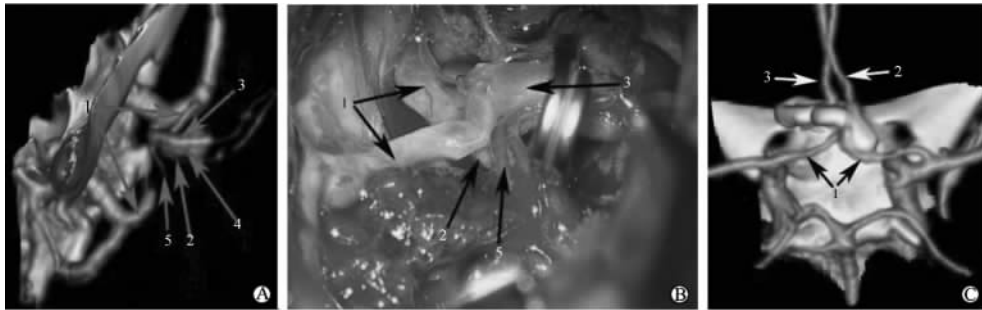


图 2 患者动脉瘤夹闭前后表现  
 Fig 2 Aneurysm before and after operation

A;Pre-operative CTA; B;During operation; C;Post-operative CTA. The pre-operative CTA showed that the axis was in a right anterosuperior direction, the left A1 section was the superior parent artery and the left A2 was thick. In the left pterional approach, the thick left A2 covered the aneurysm neck. The pre-operative CTA and intra-operation findings were basically consistent. The post-operative CTA clearly demonstrated that the aneurysm was completely clipped and bilateral A1 and A2 were patent. 1:Two-side-A1; 2:Right-A2; 3:Left-A2; 4:Anterior communicating aneurysm (ACoAA); 5:Hypothalamus perforator artery

例 2,患者术前 CTA 显示前交通动脉瘤颈骑跨于前交通动脉的左侧和左侧 A2 起始部,基底较宽伴前交通动脉发育不良,而双侧 A1、A2 发育正常,考虑术中完全夹闭动脉瘤且不残留有困难。从 CTA 图像分析双侧 A1、A2 发育正常,前交通动脉发育差且未发出明显的穿支动脉,提示前交通动脉可以牺牲。术中用直型动脉瘤夹于左侧 A2 和前交通动脉毗邻处试图夹闭动脉瘤颈,一并夹闭前交通动脉左侧段,穿刺瘤体发现动脉瘤未能完全夹闭,故于瘤颈右侧补 1 枚动脉瘤夹夹闭前交通动脉,使动脉瘤孤立(图 3)。

### 3 讨论

CTA 目前已经成为颅内动脉瘤的一种常规检

查方法,其可进行任意的多角度旋转、切割,既可观察到血管表面的信息,又可获得动脉瘤的本身特征及了解与周围结构的关系<sup>[3-5]</sup>。目前高质量 3D-CTA 可取代 DSA 成为颅内动脉瘤诊断和治疗的首选术前检查<sup>[6-9]</sup>,主要对直径大于 2 mm 的动脉瘤敏感。本组诊断敏感度为 99.4%,检出 162 枚动脉瘤均被手术和(或)DSA 所证实;所有术前 3D-CTA 均清晰地显示动脉瘤位置、大小、形态、瘤顶指向、瘤颈宽窄、载瘤动脉、动脉瘤与周围血管及骨结构三维关系,术前 CTA 与术中所见基本一致;检出最小动脉瘤直径为 1.5 mm 的基底动脉分叉处动脉瘤;漏检 1 枚颈内动脉床突段动脉瘤,被 DSA 所证实,动脉瘤直径 1.3 mm,但不是责任动脉瘤,这可能由于动脉

瘤较小及CT阈值的限制而漏检。Tomandl等<sup>[10]</sup>认为可以通过数字减影CTA技术去除颅骨结构清晰

地显示颅骨附近的颅内动脉瘤,以提高3D-CTA对颅内动脉瘤的诊断率。

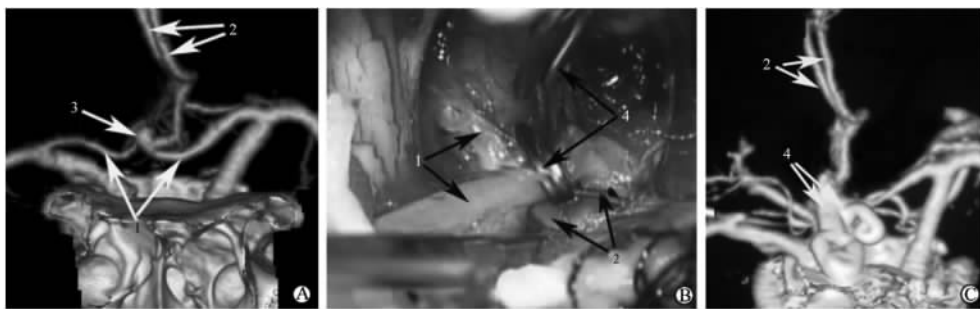


图3 患者动脉瘤孤立术前后

Fig 3 Aneurysms before and after isolating operation

A:Pre-operative CTA;B:During operation; C:Post-operative CTA. The pre-operative CTA showed that the anterior communicating aneurysm neck rode on the junction of left anterior communicating artery and left A2; the aneurysm neck was wide, and the anterior communicating artery was maldeveloped, but the two-side A1, A2 were normal. In the operation we isolated the aneurysm. The post-operative CTA showed the pair of A2 was fully filled. 1:Two-side A1; 2:Two-side A2; 3: Anterior communicating aneurysm (ACoAA); 4: Aneurysm clamps

在3D-CTA的虚拟解剖系统上,通过旋转、切割可以在拟定手术入路角度上观察动脉瘤特征及周围结构,并进行术前模拟手术。对各种手术方式及手术入路进行术前比较,详细地了解手术入路上可能遇到的血管、神经等重要的组织结构,有助于提高手术成功率,同时避免损伤重要的组织结构而引起各种术后并发症,改善患者的预后<sup>[11-14]</sup>。本组通过对134例患者术前CTA模拟手术以及术中证实,结果表明3D-CTA在探查动脉瘤、指导动脉瘤显微夹闭手术中有其独特的优势。

**3.1 手术入路的选择** 对术前CTA资料的分析提示,大部分前交通动脉瘤患者存在前交通动脉复合体变异,且以一侧A1段发育不良或缺如为主;同时,术前CTA还清晰地显示了动脉瘤瘤顶的指向。术中我们均选择了优势A1供血侧翼点入路(有利于术中必要时行载瘤动脉的临时阻断),对于双侧A1段对称者,选择瘤顶指向的对侧翼点入路(避免探查动脉瘤时首先接触到动脉瘤瘤顶而增加动脉瘤术中破裂出血的危险)。对于3例基底动脉分叉部动脉瘤,我们也选择了动脉瘤顶指向的对侧翼点入路或颞下入路模拟手术,结果显示,若从同侧进入,动脉瘤顶常将瘤颈遮挡,必须牵开动脉瘤才能显露瘤颈;如从对侧进入,则可先见到瘤颈。因此术中134例患者在探查动脉瘤时均未发生动脉瘤破裂出血。

**3.2 是否需要磨除动脉瘤周围的骨质结构** 对于颈内动脉后-交通动脉瘤及基底动脉尖的动脉瘤,术

前CTA清晰地显示了动脉瘤与前床突、后床突的三维关系。从手术入路方面观察动脉瘤与前床突、后床突的关系,可指导我们术中是否需要磨除前床突、后床突。本组64例颈内动脉-后交通动脉瘤中3例术中磨除前床突,基底动脉尖的动脉瘤3例无需磨除后床突,与术前CTA评价一致。

**3.3 借助颅骨的解剖标志确定术中动脉瘤的空间位置** 通过术前CTA清晰地显示了动脉瘤与周围骨性结构(特别是前床突、鞍背、后床突)的三维关系,术中可将前床突、鞍背、后床突等骨性结构作为动脉瘤的定位标志,有利于术中准确寻找及显露动脉瘤,安全分离动脉瘤颈,避免动脉瘤的破裂,这对前交通动脉瘤、颈内动脉后-交通动脉瘤、基底动脉分叉处及大脑后动脉P1段动脉瘤尤为重要。

**3.4 指导动脉瘤颈部的术前处理,直接控制颈段颈内动脉** 本组64例颈内动脉-后交通动脉瘤中术前CTA提示3例动脉瘤瘤体部分被前床突遮挡,1例与前床突关系较紧密,动脉瘤顶指向前内方。考虑到术中近侧载瘤动脉难以显露,无法在颅内控制近端颈内动脉,遂采用颈部切开,直接控制颈段颈内动脉。术中顺利,最长临时阻断时间为11 min;4例均复查术后CTA示动脉瘤颈无残留。出院时GOS 3、4分各1例,术前均为Hunt-Hess V级;GOS 4分2例,术前为Hunt-Hess III、IV级。

**3.5 指导术前准备好合适的动脉瘤夹** 对于颈内动脉-后交通动脉瘤(特别是动脉瘤起源于颈内动脉内侧壁及后壁,瘤顶指向内后方的动脉瘤)及部分前

交通动脉瘤,在术前 CTA 模拟手术中发现,这些动脉瘤颈常受颈内动脉或同侧 A1、A2 的遮挡,提示我们术中需选择开窗动脉瘤夹跨过颈内动脉或同侧 A1、A2 夹闭动脉瘤颈。对 12 例患者术中完全按照术前 CTA 的模拟选择了开窗动脉瘤夹,术后 1 例患者死亡(术前 Hunt-Hess V 级),其余患者恢复良好;术后 10 例复查 CTA 清晰地显示动脉瘤夹闭完全,颈内动脉及双侧 A1、A2 充盈良好。

3.6 指导选择正确的夹闭方式 术前 CTA 模拟发现,对于起源于颈内动脉-后交通动脉交接处的宽颈动脉瘤,同侧的大脑后动脉 P1 段发育良好;基底较宽的前交通动脉瘤伴前交通动脉发育不良,而双侧 A1、A2 发育正常;椎动脉梭形动脉瘤,基底动脉主要由对侧椎动脉供血。考虑到这些动脉瘤术中完全夹闭且不留残颈有困难,我们术中 9 例选择了动脉瘤孤立术,术后患者恢复良好,复查 CTA 示双侧 A2 充盈满意,术后 1 例死亡,为术前 Hunt-Hess V 级患者,其余患者恢复良好,术后复查 CT,1 例并发枕叶小面积的脑梗死。

总之,3D-CTA 可清晰地显示动脉瘤与周围血管及骨性结构的三维关系,并可进行任意方位和任意角度的旋转,使动脉瘤得以准确定位。同时在手术设计上具有其他设备不能比拟的优点。可以在 3D-CTA 工作站上进行模拟手术,手术操作中术者可按图索骥,找到动脉瘤并成功实施手术,用它设计的大多数手术方法及入路是可靠的。但是在术前模拟手术时有部分穿支动脉不能显示,特别是前交通动脉瘤、大脑中动脉瘤及基底动脉分叉处动脉瘤,术中要注意保护这些穿支动脉。

## [参考文献]

- [1] Kumar M V, Karagiozov K L, Chen L, Imizu S, Yoneda M, Watabe T, et al. A classification of unruptured middle cerebral artery bifurcation aneurysms that can help in choice of clipping technique[J]. *Minim Invasive Neurosurg*, 2007, 50:132-139.
- [2] Wada K, Arimoto H, Ohkawa H, Shirotani T, Matsushita Y, Takahara T. Usefulness of pre-operative three-dimensional computed tomographic angiography with two-dimensional computed tomographic imaging for rupture point detection of middle cerebral artery aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2008, 62 (3 Suppl 1):126-132.
- [3] Chaudhary S R, Ko N, Dillon W P, Yu M B, Liu S, Criqui G I, et al. Prospective evaluation of multidetector-row CT angiography for the diagnosis of vasospasm following subarachnoid hemorrhage: a comparison with digital subtraction angiography[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2008, 25(1-2):144-150.
- [4] Gatscher S, Brew S, Banks T, Simcock C, Sullivan Y, Crockett J. Multislice spiral computed tomography for pediatric intracranial vascular pathophysiology[J]. *J Neurosurg*, 2007, 107 (3 Suppl):203-208.
- [5] Lubicz B, Levivier M, François O, Thoma P, Sadeghi N, Collignon L, et al. Sixty-four-row multisection CT angiography for detection and evaluation of ruptured intracranial aneurysms: interobserver and intertechnique reproducibility[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28:1949-1955.
- [6] Westerlaan H E, Gravendeel J, Fiore D, Metzemaekers J D, Groen R J, Mooij J J, et al. Multislice CT angiography in the selection of patients with ruptured intracranial aneurysms suitable for clipping or coiling[J]. *Neuroradiology*, 2007, 49:997-1007.
- [7] Pozzi-Mucelli F, Bruni S, Doddi M, Calgaro A, Braini M, Cova M. Detection of intracranial aneurysms with 64 channel multidetector row computed tomography: comparison with digital subtraction angiography[J]. *Eur J Radiol*, 2007, 64:15-26.
- [8] Yoon D Y, Lim K J, Choi C S, Cho B M, Oh S M, Chang S K. Detection and characterization of intracranial aneurysms with 16-channel multidetector row CT angiography: a prospective comparison of volume-rendered images and digital subtraction angiography[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28:60-67.
- [9] Chen W, Yang Y, Xing W, Qiu J, Peng Y. Sixteen-row multislice computed tomography angiography in the diagnosis and characterization of intracranial aneurysms: comparison with conventional angiography and intraoperative findings[J]. *J Neurosurg*, 2008, 108:1184-1191.
- [10] Tomandl B F, Hammen T, Klotz E, Ditt H, Stemper B, Lell M. Bone-subtraction CT angiography for the evaluation of intracranial aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27:55-59.
- [11] Taschner C A, Thines L, Lernout M, Lejeune J P, Leclerc X. Treatment decision in ruptured intracranial aneurysms: comparison between multi-detector row CT angiography and digital subtraction angiography[J]. *J Neuroradiol*, 2007, 34:243-249.
- [12] Joo S P, Kim T S, Choi J W, Lee J K, Kim Y S, Moon K S, et al. Characteristics and management of ruptured distal middle cerebral artery aneurysms[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2007, 149:661-667.
- [13] Rohde V, Hans F J, Mayfrank L, Dammert S, Gilsbach J M, Coenen V A. How useful is the 3-dimensional, surgeon's perspective-adjusted visualisation of the vessel anatomy during aneurysm surgery? A prospective clinical trial[J]. *Neurosurg Rev*, 2007, 30:209-216.
- [14] Miley J T, Taylor R A, Janardhan V, Tummala R, Lanzino G, Qureshi A I. The value of computed tomography angiography in determining treatment allocation for aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *Neurocrit Care*, 2008, 9:300-306.

[本文编辑] 贾泽军