

·影像技术 Imaging technology·

C 臂 CT 在颅内支架置入术中的应用价值

沈 辉, 王永春, 王敏杰, 丁海岭, 秦亚山, 冒亚琴, 李松华, 毛燕君, 郝 强

【摘要】 目的 探讨 C 臂 CT(Dyna CT)技术在颅内支架置入术中的应用价值。**方法** 选取 39 例行颅内支架置入术的患者,术中应用 C 臂 CT 技术扫描实时评价颅内支架置入情况。**结果** 39 例患者共置入 47 枚支架,术中常规造影确认支架位置适当,再经 C 臂 CT 多平面重建得到影像显示证实支架贴壁良好。**结论** 应用 C 臂 CT 技术可以术中实时及术后很好显示支架轮廓以及管腔内的情况,进一步了解支架与周围组织的关系。该技术评估支架置入情况具有非常高的临床实用价值。

【关键词】 C 臂 CT; 颅内支架; 体层摄影术; 可视性

中图分类号:R743 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2011)-03-0314-05

The application of DynaCT in performing the placement of intracranial stent SHEN Hui, WANG Yong-chun, WANG Min-jie, DING Hai-ling, QIN Ya-shan, MAO Ya-qin, LI Song-hua, MAO Yan-jun, HAO Qiang. Department of Radiology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

Corresponding author: HAO Qiang, E-mail: haoqiang@189.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the clinical application of DynaCT technique in performing intracranial stent implantation. **Methods** Thirty-nine patients who were planned to receive intracranial stent implantation were involved in this study. During the procedure DynaCT scanning was employed to monitor the real-time situation of stent implantation. **Results** A total of 47 stents were implanted in intracranial vessels in the 39 patients. By using conventional angiography during operation the position of these stents was observed and was assured to be in the proper position. The adherence of these stents to the vascular wall was demonstrated with DynaCT multi-planar reconstruction images and the stent adherence in good condition was ensured. **Conclusion** DynaCT applied during and after intracranial stent implantation is very helpful for displaying the contours of the stents as well as the vascular lumen and for providing a detail picture of the relationship between the stent and the surrounding anatomy. Therefore, DynaCT scanning is of great clinical significance for performing the intracranial stent implantation. (J Intervent Radiol, 2011, 20: 314-318)

【Key words】 DynaCT; intracranial stent; tomography; visualization

在过去 10 年中, 颅内血管成形术以及支架成形术辅助治疗已经取得长足的进步,越来越多的患者得益于这种技术^[1]。成功的脑血管腔内治疗取决于对脑血管解剖的理解、靶血管与腔内治疗器械(支架和弹簧圈)以及周围组织关系的认识^[2]。在血管支架成形术中,支架的可视性非常重要,对支架置入和术后评估具有重要的参考价值。本文应用双平板探测器旋转数字血管造影系统的图像重建技术(C 臂 CT, 也称 DynaCT 技术)所产生的类 CT 样图像,探讨不同类型金属支架的可视性对颅内支架

置入术的指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 临床资料 39 例患者,男 20 例,女 19 例;年龄为 21 ~ 77 岁,平均 59 岁。中支架辅助弹簧圈动脉瘤栓塞术 20 例,颅内动脉狭窄支架置入术 15 例,颅内动脉夹层动脉瘤单纯支架置入术 1 例,微小动脉瘤支架置入术 2 例,动脉瘤复发单纯支架置入术 1 例。

1.1.2 器材 本研究采用 2 种不同材料支架,进口镍钛合金自膨胀支架和国产不锈钢球扩支架。支架辅助动脉瘤栓塞术采用的型号为 Enterprises 支

基金项目:上海市科委计划项目(10411952700)

作者单位:200433 上海 第二军医大学长海医院放射科

通信作者:郝 强 E-mail: haoqiang@189.cn

架 (美国 Johnson & Johnson Corp.) 4.0 ~ 4.5 mm × 22 ~ 37 mm, LEO 支架 (法国 Balt Extrusion Corp.) 5.5 mm × 35 mm, Solitaire 支架 (美国 Ev3 Corp.) 4.0 ~ 6.0 mm × 15 ~ 30 mm, Neuroform 2 支架 (美国 Boston Scientific Corp.) (2.0 ~ 4.5) mm × (15 ~ 20) mm。颅内动脉狭窄支架置入术采用支架型号为 Wigsaw 支架 (美国 Boston Scientific Corp.) 2.5 ~ 4.5 mm × 15 ~ 20 mm, Apollo 支架 (中国微创医疗有限公司) 3.5 mm × 13 mm, Firebird 2 支架 (中国微创医疗有限公司) 3.0 mm × 13 mm。

1.2 方法

1.2.1 术时操作 患者均为平卧位全身麻醉下成功施行颅内支架置入术, 术后正侧位全脑血管造影, 初步证实手术结果满意。即刻行 DynaCT 扫描验证支架置入术是否成功, 进一步了解支架展开情况以及与血管、周围组织的关系。旋转 C 臂图像采集时关闭呼吸机, 患者暂停呼吸时间约 22 s。

1.2.2 设备与参数 使用设备为双平板探测器血管造影系统 (AXIOM Artis Zee Biplane Angio suite with DynaCT; Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany), 应用 DynaCT 软件通过以下参数采集获得图像: C 臂中以患者头部为圆心, 球管和平板探测器围绕头部兴趣区域作 20 s 旋转采集; 0.4° 的增量; 总旋转 220° 角; 20°/s; 矩阵为 512 × 512; 15 ~ 30 帧/s; 采 490 帧; 采集获得的二维图像自动传输到工作站 (Leonardo, syngo X Workplace VC13) 进行后处理。同时纠正散射、硬化射束以及环状伪影^[3-4]。

1.2.3 重建步骤 实施方法, 透视下定好头颅正侧位, 选取支架部位为 C 型臂的圆心, 经 20 s·DR 程序采集, 采集的原始旋转图像自动传输到工作站重建。在工作站中使用 Inspace Reconstruction 选项卡,

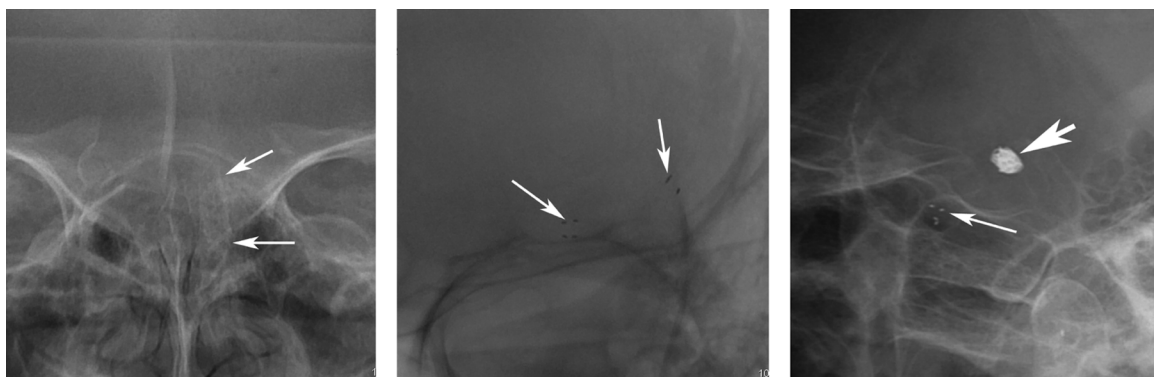
选取更小的兴趣区域 (支架周围) 选用 small 菜单对支架影像 2 次重建, 再经多平面重建 (MPR) 产生类 CT 样图像。得到的横断面、冠状面和矢状面影像中支架的可视性非常好。类 CT 样图像重建参数为: 5 ~ 8 mm 层厚重建可以清晰显示支架的具体轮廓和网丝结构, 支架内腔 (即横切面和纵剖面) 采用 0.5 ~ 1 mm 层厚重建。对整体支架轮廓的评价可在 5 ~ 8 mm 层厚重建的基础上再采用最大密度投影 (MIP), 同样具有参考意义。

2 结果

39 例次颅内支架置入术共置入 47 枚支架。术后常规脑血管造影证实支架置入 100% 成功, 颅内血管成形满意, 支架内血流通畅, C 臂 CT 证实支架置入位置与术前既定解剖位置基本吻合。其中 3 例在 20 s·DR 程序扫描过程中因患者移动, 三维图像重建不成功, 2 例由于患者全麻过程中即将苏醒, 1 例由于患者呛咳。图像重建成功率为 76%。

选取 3 种具有代表性的颅内支架作为研究对象, 支架型号相近但是支架材质以及释放方式不同。①球扩支架 (Apollo™) 3.5 mm × 13 mm; ②自膨胀支架 (Wingspan™) 3.0 mm × 15 mm; ③电解脱支架 (Solitaire™AB) 4.0 mm × 20 mm。重建的类 CT 样图像经 3 名 (2 名神经介入和 1 名影像医学专家) 具有丰富临床经验的副教授对支架的可视性作评价。结果证实支架的可视性基本满足临床要求 (图 1 ~ 5)。

在普通 DR 图像 (本文所采用图像经不减影再通过黑白翻转所得) 中具体的支架结构均无法辨认。图中隐约可见不锈钢支架轮廓, 镍钛合金支架只可见到两端的铂铱合金标记带显影, 而支架的走

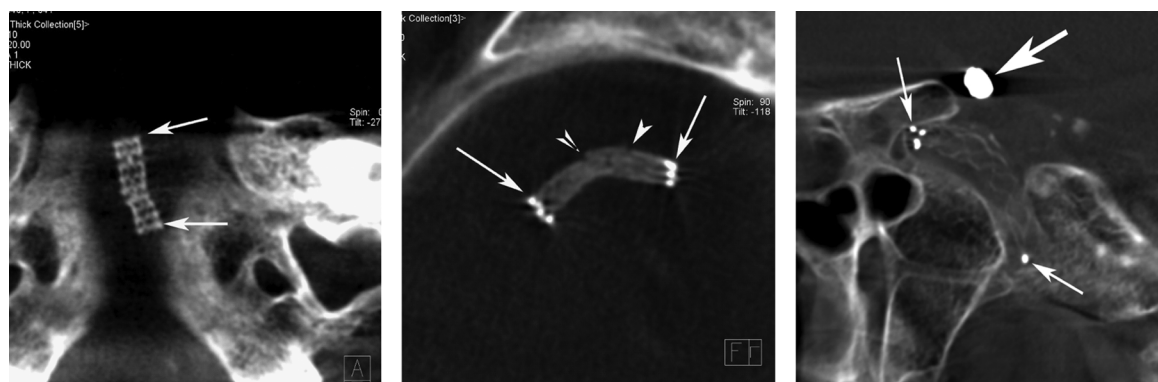


1a DR 图像中在两箭头之间隐约可见 Apollo 支架影, 但具体支架结构无法辨认

1b DR 图像中箭头所指为远、近端各带有 4 个不透 X 线的铂铱合金标记带, Wingspan 支架影无法辨认

1c DR 图像中大箭头所指的是栓塞动脉瘤用的弹簧圈, 小箭头所指的是 Solitaire 支架远端的 3 个不透 X 线的铂铱合金标记带, 支架影无法辨认

图 1 DR 图像中依稀可见的支架

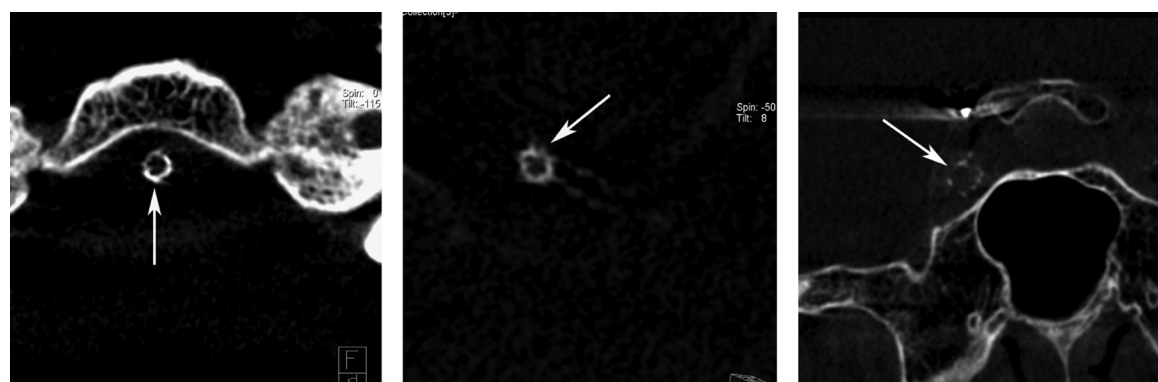


2a C 臂 CT 图像 5 mm 重建 Apollo 支架的开环结构明晰可辨,轮廓清楚

2b C 臂 CT 图像 5 mm 重建 Wingspan 支架开环结构明确辨认,轮廓明显,小箭头显示支架外侧壁支架支柱略变形

2c C 臂 CT 图像 5 mm 重建 Solitaire 支架的闭环结构清晰可辨,轮廓较明显,在 DR 图像中不可辨认的近段单个铂铱合金标记带(下方小箭头所指),现明晰可辨,大箭头所指的是栓塞动脉瘤用的弹簧圈

图 2 C 臂 CT 图像显示支架清晰可见

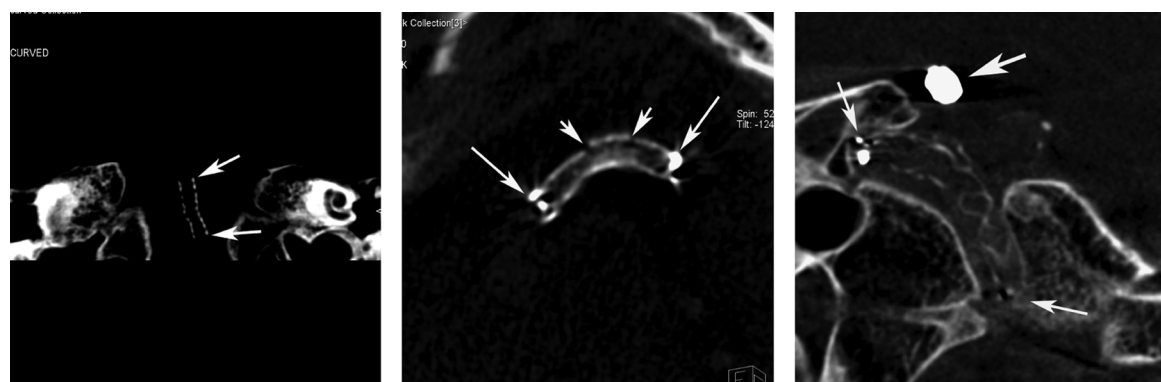


3a C 臂 CT 图像 1 mm 横断面重建 Apollo 支架轴位网丝清晰,轮廓清楚

3b C 臂 CT 图像 1 mm 横断面重建 Wingspan 支架轴位网丝可清晰辨认,轮廓明显

3c C 臂 CT 图像 1 mm 横断面重建 Solitaire 支架轴位细小的网丝结构可辨,轮廓较明显

图 3 C 臂 CT 图像横断面重建



4a C 臂 CT 图像 1 mm 纵剖面重建 Apollo 支架剖面网丝清晰,轮廓清楚

4b C 臂 CT 图像 1 mm 纵剖面重建 Wingspan 支架剖面网丝可清晰辨认,轮廓明显,小箭头所指处支架支柱略有变形

4c C 臂 CT 图像 1 mm 纵剖面重建后 Solitaire 支架剖面细小的网丝结构可辨,轮廓较明显,大箭头所指的是栓塞动脉瘤用的弹簧圈

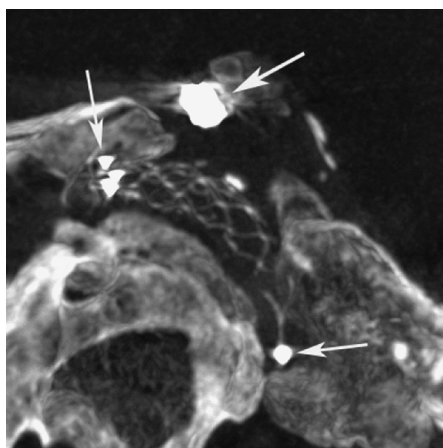
图 4 C 臂 CT 矢状面重建图像

行只能通过标记带间接推断。

本研究认为 5 ~ 8 mm 的厚层 MPR 重建的优势是评价支架总体的可视性。本组均采用 5 mm 层厚重建。5 mm 重建后 3 种支架轮廓均显示明显,外

观可视性极佳,支架编织的网丝结构清晰可辨。图 2B 中小箭头所指处,支架支柱略微变形,横断面图像可以证实(图 3B 所示)支架放置效果可以接受。

采用 0.5 ~ 1 mm 薄层 MPR 重建的横断面和纵



5 mm 重建后 Solitaire 支架采用最大密度投影(MIP)厚层重建(thick)。支架轮廓更为明显,三维立体感更强,但细节有丢失。目的是评价支架总体形态

图 5 后处理(MIP)技术显示支架轮廓

剖面图像,主要优势是观察支架腔内的形态(图 3, 4)。在 1 mm 薄层重建横断面图像中显示支架轴位形态以及与血管壁和周围组织的关系(图 3),采用 1 mm 薄层重建冠状面显示支架剖面及其与血管壁和周围组织的关系(图 4)。有些钙化的硬斑块会造成支架支柱略有变形(图 4B),与斑块重叠处支架结构被斑块影像掩盖。

3 讨论

通过 C 臂上球管和平板探测器围绕患者旋转,获得两维图像经立体投影、三维重建后得到类 CT 样图像^[5]。通过对软组织成像,二维断层图像具有 20 lp/cm 的空间分辨率及小于 10 HU 的密度分辨率,可以对密度差在 10 HU 的 10 mm 对象成像^[6-7]。在介入手术过程中可以即时得到类 CT 样图像,能提高诊断能力,正确判断支架植入术是否成功,及时监控并发症的出现,为下一步临床决策提供帮助^[5-6]。

针对颅内血管直径小、走行迂曲的解剖特点,颅内支架设计要求是支架外形小、柔顺性高、可跟踪性佳以及径向支撑力更好。但这也限制了普通透视下支架的可视程度。术中支架对位是否准确、贴壁是否良好及释放程度情况等,利用常规血管造影或在 DR 图像中支架可视性均很差^[3-4],只能间接推断支架与血管壁的关系。

大量心脏病学相关文献指出,支架位置和形态的良好可视性是支架置放成功以及取得良好手术效果的关键点。目前越来越多地使用支架治疗动脉粥样硬化病,随着多种治疗颅内动脉瘤的技术的出现,如双支架置入技术、覆膜支架及不同材料支撑

臂支架等的应用,术中对支架可视性的要求越来越高^[3]。神经介入术中,更清晰的支架可视性,便于手术医师分清血管与支架的关系。颅内动脉细小迂曲,颅内支架置入术操作原则是尽量减少不必要的重复操作,亚满意扩张状态是普遍遵循的技术原则^[7]。颅内动脉粥样硬化的硬斑块常导致支架不能完全展开,支架贴壁不好,需不需要球囊后扩张,术中决策至关重要;还有文献报道采用开环设计的支架支柱由于血管迂曲容易向动脉瘤腔内塌陷,常规血管造影和透视下很难或者几乎不可能发现^[4]。C 臂 CT 技术进入临床应用后,这些问题迎刃而解。通过对横断面、冠状面和矢状面 3 个位置图像的分析,明确了解支架走行情况、展开是否完好以及支架与血管壁的关系。在支架辅助动脉瘤栓塞时还能明确支架与动脉瘤颈、支架和栓塞弹簧圈之间的关系^[8]。

对于尺寸很小的颅内血管支架,由于和颅骨的骨骼结构叠加,在造影图像中几乎不能被识别,在 DR 图像中也仅能得到隐约可见的支架影像^[9]。而在重建的类 CT 图像中,从任意断面都能够观察到清晰可见的支架影像。这就说明利用全新的数字旋转血管造影重建技术能够让支架可视性非常好,为置入支架的形态学评估奠定重要基础。

该技术最初应用于术中并发症的监测。介入术中如果患者出现并发症,如颅内动脉破裂出血,患者必须被转运到附近的 CT 室行头颅扫描,搬送患者耽误抢救时间,监护和护理不便,可能进一步延误治疗^[9],患者在导管床上迅速执行 C 臂 CT 扫描是一个最佳的选择;此外,患者仍然在手术床上,就可以对支架作出评估,有助于临床决策^[10]。Irie 等^[11]认为此项技术在血管腔内治疗以及神经手术中有巨大潜力,将开启神经介入手术新局面。

本研究表明,C 臂 CT 技术可以解决支架可视性问题,并对判断支架内狭窄情况及其原因有极大帮助。现将术中的应用体会报道如下:①便于术中了解与评价支架总体形态。相对支架可视性很差的 DR 图像,C 臂 CT (AXIOM Artis Zee Biplane Angio suite)系统平板探测器的空间分辨率的约为 200 μm (探测器元 = 154 μm),虽然有些支架的支柱(例如 CYPHER 支架为 141 μm ;Cordis)比这更小,但是 C 臂 CT 的空间分辨率仍然可以分辨出^[3],由此可以推断,C 臂 CT 的空间分辨率就像一个放大镜,甚至可以检测出结构比探测器元略小的物体。厚层重建三维立体感更强,故采用 5 ~ 8 mm MPR 重建(图 2),可展示支架全貌,优势是便于术中了解与评价支架

形态、轮廓以及展开情况,对支架总体评价。此外,还可以采用 MIP 重建,同样有参考价值,缺点是直径太小(3 mm 以下)的支架 MIP 重建效果不佳。②便于术后评价支架内狭窄情况。体外研究表明,常规脑血管造影支架狭窄程度往往被高估,C 臂 CT 可以弥补此项不足^[12]。因此了解支架腔内形态,薄层(0.5 ~ 1 mm)MPR 重建则更有优势,横断面和矢状面的支架可视性有助于对置入术后的支架内狭窄的评估,如支架内是否有血栓形成、斑块移位情况及分支及穿支血管是否受影响等。Moskowitz 等^[13]认为低剂量注射对比剂的类 CT 影像可以用来随访颅内动脉狭窄,评估小血管(比如颅内动脉)支架后血管通畅情况,还可以作为颅内支架再狭窄的评估手段。③有助于判断狭窄的原因。薄层重建图像有助于判断支架内再狭窄到底是内膜增生还是支架内血栓形成,术中可实时通过对图像的 X 轴和 Y 轴定位基线的移动与旋转,根据不同层面支架腔内情况,最终定位到最狭窄处观察支架内腔以及周围组织形态,为进一步临床决策提供帮助。④有助于术前判断新鲜血栓的动脉狭窄。超选择性动脉插入导引导管,通过高压注射器经导管注射 10% ~ 15% 稀释对比剂的同时执行 C 臂 CT 扫描。因为该技术是超选择性的注射对比剂,所以此过程中产生重建的类 CT 图像对由新鲜血栓所致的动脉狭窄评价的优势是其他任何检查手段都无法比拟的。

本研究探讨的颅内支架置入术中的应用只是旋转数字血管造影系统的图像重建技术其中一项功能,而其他功能有待进一步开发。旋转数字血管造影重建技术提供的容积三维重建模式,可以做到只通过一次图像采集进行全方位的血管、组织观察分析。完全可以替代以往的多次多角度数字减影(DSA)图像采集,从而大大节省了手术时间。对靶血管的理解以及治疗方案的选择提供了完备的解剖学信息。另外,强大的软件后处理系统支持多种类型的重建模式。如透明血管重建模式,能够清晰显示导管在血管内的走行和位置,双容积重建技术在动脉瘤栓塞以及神经外科手术定位中起着重要辅助的作用,可以为介入手术的成功保驾护航^[14]。

综上所述,C 臂 CT 所产生的类 CT 样图像,是对常规血管造影的极为有效的补充,在颅内支架置入术起着不可或缺的作用。对颅内支架的放置、对位、展开以及贴壁是否良好等术中、术后评估评估,

此技术安全有效。

[参考文献]

- [1] Schumacher HC, Meyers PM, Higashida RT, et al. Reporting standards for angioplasty and stent-assisted angioplasty for intracranial atherosclerosis[J]. Stroke, 2009, 40: e348 - 365.
- [2] Namba K, Niimi Y, Song JK, et al. Use of Dyna-CT angiography in neuroendovascular decision-making: a case report [J]. Interv Neuroradiol, 2009, 15: 67 - 72.
- [3] Benndorf G, Strother CM, Claus B, et al. Angiographic CT in cerebrovascular stenting[J]. AJNR, 2005, 26: 1813 - 1818.
- [4] Benndorf G, Claus B, Strother CM, et al. Increased cell opening and prolapse of struts of a neuroform stent in curved vasculature: value of angiographic computed tomography: technical case report[J]. Neurosurgery, 2006, 58: e380.
- [5] Turk AS, Rowley HA, Niemann DB, et al. CT angiographic appearance of in-stent restenosis of intracranial arteries treated with the Wingspan stent[J]. AJNR, 2007, 28: 1752 - 1754.
- [6] Heran NS, Song JK, Namba K, et al. The utility of DynaCT in neuroendovascular procedures[J]. AJNR, 2006, 27: 330 - 332.
- [7] Lylyk P, Cohen JE, Ceratto R, et al. Angioplasty and stent placement in intracranial atherosclerotic stenoses and dissections [J]. AJNR, 2002, 23: 430 - 436.
- [8] Engelhorn T, Struffert T, Richter G, et al. Flat panel detector angiographic CT in the management of aneurysmal rupture during coil embolization[J]. AJNR, 2008, 29: 1581 - 1584.
- [9] Mordasini P, Al-Senani F, Gralla J, et al. The use of flat panel angioCT (DynaCT) for navigation through a deformed and fractured carotid stent [J]. Neuroradiology, 2010, 52: 629 - 632.
- [10] 顾一峰, 吴春根, 程永德, 等. 旋转 DSA 的软组织断层重建技术在经皮椎体成形术后并发症诊断中的价值[J]. 介入放射学杂志, 2006, 15: 547.
- [11] Irie K, Murayama Y, Saguchi T, et al. Dynact soft-tissue visualization using all angiographic C-arm system: initial clinical experience in the operating room[J]. Neurosurgery, 2008, 62: 266 - 272.
- [12] Trossbach M, Hartmann M, Braun C, et al. Small vessel stents for intracranial angioplasty: in vitro evaluation of in-stent stenoses using CT angiography[J]. Neuroradiology, 2004, 46: 459 - 463.
- [13] Moskowitz SI, Kelly ME, Haynes J, et al. DynaCT evaluation of in-stent restenosis following Wingspan stenting of intracranial stenosis[J]. J NeuroInterv Surg, 2010, 2: 2 - 5.
- [14] Akpek S, Brunner T, Benndorf G, et al. Three-dimensional imaging and cone beam volume CT in C-arm angiography with flat panel detector[J]. Diagn Interv Radiol, 2005, 11: 10 - 13.

(收稿日期:2010-08-09)