

高分辨率 C 形臂 CT 联合金属条纹伪影消除技术在颅内动脉瘤支架辅助栓塞中的应用

朱 涛, 李 晓, 吕丽红, 方 毅, 李 磊, 韩新巍, 马 骥, 李腾飞, 李 娟

【摘要】 目的 探讨高分辨率 C 形臂 CT 扫描联合金属条纹伪影消除技术(SMART)在颅内动脉瘤介入治疗术中的应用价值,并评价其有效性。**方法** 2018 年 1 月至 5 月郑州大学第一附属医院郑东院区采用支架辅助弹簧圈栓塞连续治疗 41 例(42 枚)颅内动脉瘤患者,术中和术后对支架置入区域分别作常规 DynaCT 和高分辨率 Dyna microCT 扫描,扫描图像经常规重建和 SMART 重建。2 名神经介入专家对重建图像质量(支架金属丝显影程度、弹簧圈金属伪影程度等),并结合操作位造影对支架打开程度、动脉瘤栓塞致密程度等,进行观察和定量统计分析。**结果** 42 枚颅内支架(Neuroform EZ 支架 26 枚,低剖面可视化腔内支架 LVIS 16 枚)顺利辅助完成 42 枚动脉瘤栓塞(40 例患者为单枚,1 例为双枚)。与常规 DynaCT 重建和 Dyna microCT 重建相比,Dyna microCT 联合 SMART 重建图像所示支架金属丝显影清晰,弹簧圈金属伪影消除明显,图像质量显著提高($P<0.05$)。根据后者重建图像并结合操作位造影发现 2 枚支架局部打开不全,给予微导管头端位置后继续栓塞术,直至栓塞效果满意。**结论** 高分辨率 Dyna microCT 联合 SMART 能有效降低颅内动脉瘤栓塞术中支架和弹簧圈金属伪影,提高图像质量,有利于术者判定载瘤动脉内金属支架打开情况和动脉瘤瘤颈区栓塞是否致密,继而选择相应的治疗策略。这种新颖成像技术对于颅内动脉瘤介入治疗中评估具有较大应用价值。

【关键词】 C 形臂 CT; 金属条纹伪影消除技术; 颅内动脉瘤; 支架

中图分类号: R743.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2019)-09-0826-06

Clinical application of high-resolution C-arm CT scanning combined with streak metal artifact removal technology in stent-assisted embolization of intracranial aneurysms ZHU Tao, LI Xiao, LÜ Lihong, FANG Yi, LI Lei, HAN Xinwei, MA Ji, LI Tengfei, LI Juan. Operating Room, Department of Interventional Radiology, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan Province 450052, China

Corresponding author: LI Juan, E-mail: 13592447533@163.com

【Abstract】 Objective To assess the application value of high-resolution C-arm CT scanning combined with streak metal artifact removal technology(SMART) in stent-assisted embolization of intracranial aneurysms, and to evaluate its effectiveness. **Methods** From January 2018 to May 2018 at Zhengdong District Branch of the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University of China, stent-assisted coil embolization was adopted in 41 consecutive patients with intracranial aneurysms(42 aneurysms in total). Both conventional C-arm CT(Dyna CT)scanning and high resolution C-arm CT(Dyna microCT)scanning of stent implantation areas were separately performed during and after the treatment. The obtained images were processed with conventional reconstruction and SMART reconstruction. Two experts of neurointervention evaluated the reconstruction image quality and conducted quantitative statistical analysis of reconstruction image quality, including the visualization degree of the meticulous structures of the stent, the coil metal artifact, the opening

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2019.09.004

基金项目: 国家自然科学基金(81801806)

作者单位: 郑州大学第一附属医院介入手术室(朱 涛、李 晓、吕丽红、李 娟)、放射介入科(方 毅、李 磊、韩新巍、马 骥、李腾飞)、介入治疗研究所(朱 涛、李 晓、吕丽红、方 毅、李 磊、韩新巍、马 骥、李腾飞、李 娟)

通信作者: 李 娟 E-mail: 13592447533@163.com

degree of stent, the density of the embolized aneurysm, etc. **Results** A total of 42 intracranial stents (26 Neuroform EZ stents and 16 LVIS stents) were used in successfully assisting embolization procedure of 42 aneurysms (single aneurysm in 40 patients and 2 aneurysms in one patient). Compared with Dyna CT with conventional reconstruction, Dyna microCT combined with SMART reconstruction remarkably improved the visualization of meticulous structures of the stent and strikingly reduced the metal artifacts produced by the platinum coils, the image quality was significantly improved ($P < 0.05$). With the help of the images produced by Dyna microCT combined with SMART reconstruction, also combined with operating-position angiography imaging, incomplete opening of 2 stents was detected, after stent dilatation with looped micro-guidewire or balloon the stent position was improved. The density at aneurysmal neck area was not thick in 4 patients, and the embolization procedure was continued after adjusting the head end position of the microcatheter until satisfactory embolization effect was obtained. **Conclusion** The combination use of high-resolution C-arm CT and SMART can effectively reduce the metal artifacts produced by the stent and coils and improve the quality of image, which are very helpful for the operator to judge the opening extent of metal stent in aneurysm parent artery and to estimate the embolization degree of the aneurysm neck area, based on which the operator can choose the corresponding treatment strategy. This novel imaging technique is of great value for making intraoperative evaluation in interventional operation of intracranial aneurysms. (J Intervent Radiol, 2019, 28: 826-831)

【Key words】 C-arm CT; streak metal artifact removal technology; intracranial aneurysm; stent

支架辅助弹簧圈栓塞是颅内宽颈动脉瘤常见治疗策略,目前越来越多患者得益于该技术^[1-3]。成功的颅内动脉瘤介入栓塞治疗取决于术者对脑血管解剖、靶血管与腔内治疗器械(辅助支架和弹簧圈)及周围组织关系的理解和认识^[4]。C形臂 CT 解决了以往神经介入治疗中很多结构不可视的问题,具有跨时代意义。Dyna microCT 为德国 Siemens 公司 2016 年研究开发的新一代高分辨率 C 形臂 CT,其局部空间分辨率与传统 DynaCT 相比更高,结合金属伪影消除系统(metal artifact reduction system, MARS)后处理技术,在支架可视性上较前有明显提高,并经动物实验研究证实^[5]。郑州大学第一附属医院于 2016 年 10 月引进国内首台具 Dyna microCT 扫描功能的 Artis Zeego 型大平板 DSA 机(德国 Siemens 公司)并应用于颅内动脉瘤治疗,图像重建采用最新一代金属条纹伪影消除技术(streak metal artifact removal technology, SMART)。本文前瞻性分析本院郑东院区 2018 年 1 月至 5 月连续收治的 41 例患者 42 枚颅内动脉瘤支架辅助栓塞过程中分别应用常规 DynaCT 技术及 Dyna microCT 联合 SMART 技术重建图像,比较两种技术处理重建图像的质量、影像学特征及对血管内治疗方法的指导,探讨 Dyna microCT 联合 SMART 重建图像在颅内动脉瘤支架辅助栓塞治疗中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 一般资料

41 例(42 枚)颅内动脉瘤患者中男 19 例,女 22 例,平均年龄(53.1 ± 11.7)岁。未破裂动脉瘤 25 枚(1 例患者同时存在 2 枚颅内宽颈动脉瘤),破裂出血 17 枚(Hunt-Hess 分级 I 级 4 例,II 级 10 例,III 级 2 例,IV 级 1 例),以剧烈头痛、意识障碍、呕吐为主要症状。42 枚动脉瘤中前循环 31 枚(颈内动脉海绵窦段 3 枚,颈内动脉床突段 4 枚,眼动脉段 7 枚,后交通段 7 枚,大脑前动脉 A1 段 1 枚,前交通 7 枚,大脑中动脉分叉处 2 枚,后循环 11 例(椎动脉 5 枚,基底动脉主干 3 枚,基底动脉尖 3 枚)。动脉瘤平均直径(4.6 ± 1.6) mm。

1.2 治疗方法和 Dyna microCT 扫描

术前准备和颅内支架辅助栓塞具体操作参照既往文献报道^[1,2,6]。术中和术后对支架置入区域分别采用常规 DynaCT 和 Dyna microCT 扫描。后者扫描采集参数:X 射线管电压为 109 kV,电流 460 mA,视野 22 cm,最大旋转范围 200° ,496 帧,20 s 旋转。数据采集后在 InStudio 3D 图像重建的 Syngo 后处理工作站,自动执行图像数据至数据集后处理操作,并作常规图像重建和 SMART 软件消除金属伪影重建。

1.3 两种图像重建技术质量评价

DynaCT 及 Dyna microCT 联合 SMART 重建图像,由 2 名从事神经介入工作 10~12 年、经验丰富

的医师共同评价。评估标准:①铂金标记点或双螺旋显影丝——看不见,0分;模糊,1分;清晰,2分。②镍钛金属丝——看不见,0分;模糊,1分;清晰,2分。③弹簧圈金属伪影——严重,0分;轻微,1分;无伪影,2分。④镍钛金属丝伪影——严重,0分;轻微,1分;无伪影,2分。

1.4 治疗效果评价

采用 DSA 造影并结合 Raymond 分级,评估术后即刻及后续随访时动脉瘤栓塞程度及复发率。评价标准:Ⅰ级——动脉瘤瘤体和瘤颈无对比剂充盈(完全栓塞);Ⅱ级——动脉瘤瘤体无对比剂充盈,瘤颈内有对比剂充盈(次全栓塞);Ⅲ级——动脉瘤瘤体有对比剂充盈(部分栓塞)。改良 Rankin 量表(mRS)评分评估治疗效果:0分——完全无症状;1分——尽管有症状,但无明显残障,能够完成经常从事的活动;2分——轻度残障,不能够完成所有以前能完成的活动,但生活能自理;3分——中度残障,需要一些协助,但能够独立行走;4分——重度残障,不能够独立行走和照顾自己的生活;5分——严重残障,卧床不起,大小便失禁,需持续护理;6分——死亡。本研究 mRS 评分 0~2 分视为疗效良好。

1.5 术后随访

临床随访包括门诊随访、住院随访和电话随访。术后 3~6 个月采用 DSA、Dyna microCT 或 CTA 进行影像学随访,明确动脉瘤闭塞情况、血管有无狭窄、支架是否移位。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,图像质量评价用方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。2名医师分析组间各指标数值一致性用 Kappa 检验, $Kappa \geq 0.75$ 为一致性良好。

2 结果

2.1 手术结果

42 枚颅内支架顺利辅助完成 42 枚动脉瘤栓塞。其中 Neuroform EZ 支架 26 枚(尺寸 2.5 mm×15 mm 3 枚,2.5 mm×20 mm 2 枚,3.0 mm×15 mm 3 枚,3.0 mm×20 mm 2 枚,3.5 mm×20 mm 8 枚,4.0 mm×20 mm 6 枚,4.5 mm×20 mm 2 枚),低剖面可视化腔内支架(LVIS)16 枚(3.5 mm×15 mm 2 枚,3.5 mm×20 mm 1 枚,4.5 mm×20 mm 7 枚,4.5 mm×30 mm 5 枚,5.5 mm×30 mm 1 枚)。

术中支架区域 Dyna microCT 扫描结合多操作

位造影证实,2 枚支架(LVIS)局部打开不全或未完全贴壁,给予微导丝成襻支架内抚摸或球囊扩张后贴壁情况改善;4 例患者瘤颈区栓塞未致密(3 例 Neuroform EZ 支架,1 例 LVIS),调整微导管头端位置后继续栓塞术,直至栓塞效果满意;1 例患者动脉瘤栓塞过程中栓塞微导管头端脱出动脉瘤腔,因动脉瘤残余部分体积较小且受已置支架网丝影响,未能成功钻支架网孔超选,遂放弃;余 35 枚动脉瘤栓塞满意,支架打开良好。术后即刻 Raymond 栓塞分级,Ⅰ级 35 枚(83.3%),Ⅱ级 6 枚(14.3%),Ⅲ级 1 枚(2.4%)(图 1①~③,⑦~⑨)。

2.2 Dyna microCT 联合 SMART 图像质量评价

相比于常规 DynaCT 重建和 Dyna microCT 重建,Dyna microCT 联合 SMART 重建图像能够更加清晰地显示支架镍钛金属丝,弹簧圈金属伪影消除效果明显,图像质量显著提高($P < 0.05$) (表 1、2)(图 1④~⑥、⑩~⑫)。

2.3 随访结果

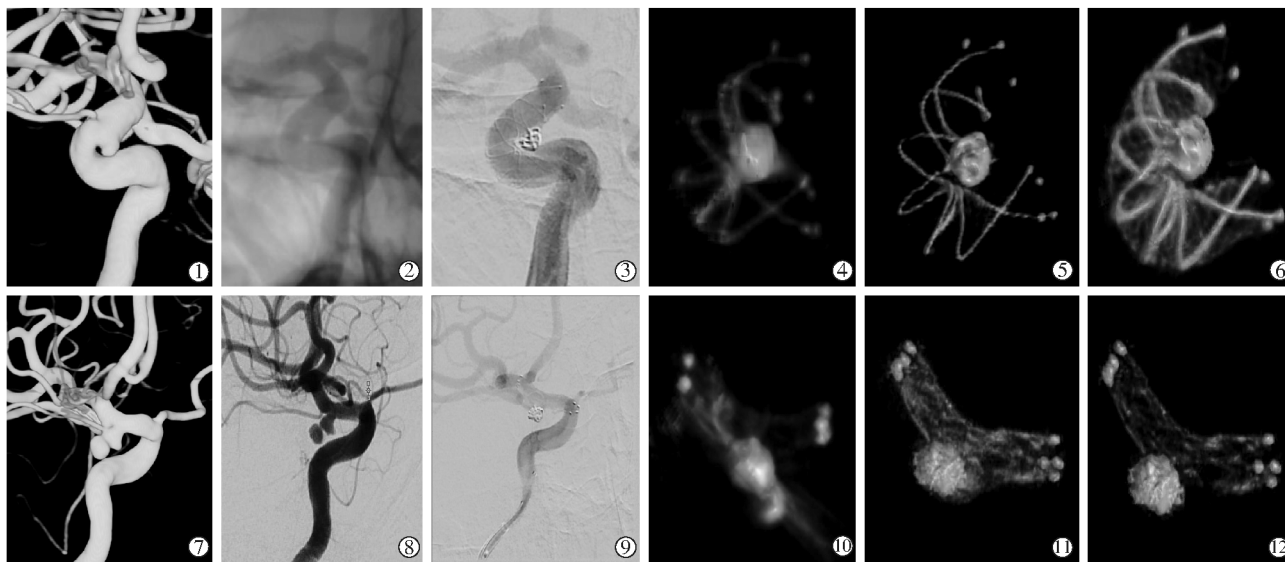
41 例患者平均随访 7.2 个月(5~9 个月),21 例患者(含 1 例术后即刻 Raymond 栓塞Ⅲ级)22 枚动脉瘤术后 3 个月 DSA 复查显示,Raymond 栓塞Ⅰ级 20 枚(90.9%),Ⅱ级 2 枚(9.1%);随访 mRS 评分显示,0 分 22 例,1 分 9 例,2 分 7 例,3 分 2 例,4 分 1 例。

2.4 并发症

4 例患者出现术中并发症,均为不同程度脑血管痉挛(随访 mRS 评分 2 例 0 分,1 例 1 分,1 例 2 分);未发生术中动脉瘤破裂和支架内血栓形成。随访期间 1 例并发亚急性脑积水(随访 mRS 评分 3 分),1 例新发脑梗死(非载瘤动脉狭窄所致),以上患者新增病患均与动脉瘤治疗无关。

3 讨论

血管内介入栓塞术已成为颅内动脉瘤治疗的重要手段,国际蛛网膜下腔出血动脉瘤临床试验(ISAT)研究已肯定血管内栓塞治疗颅内动脉瘤的安全性和有效性^[7]。但是单纯弹簧圈栓塞治疗颅内宽颈动脉瘤(瘤颈>4 mm 或瘤颈:瘤体>1:2),仍然是技术上的一个挑战。支架应用既可辅助栓塞,又可促进瘤颈愈合,很好地解决了这一问题。然而目前市场上常见动脉瘤辅助支架镍钛金属丝的直径已接近 X 线可视化极限(如 LVIS 金属丝直径 0.0024 英寸,Neuroform EZ 支架金属丝直径 0.01 英寸),尽管有铂金标记点或双螺旋显影结构存在,部分患者



▲患者 1:①② DSA 造影和三维重建显示右侧颈内动脉眼动脉段动脉瘤(3.1 mm×2.5mm);③LVIS (4.5mm×20mm)辅助完成动脉瘤完全闭塞,同时载瘤动脉通畅;④术后即刻常规 Dyna CT 重建显示支架双螺旋钽丝标记显影良好,但支架金属丝显影较差,同时弹簧圈金属伪影较大;⑤术后即刻 Dyna micro CT 重建显示支架双螺旋钽丝标记显影良好,支架金属丝仍显影较差,但支架金属丝及弹簧圈金属伪影较普通 Dyna CT 明显改善;⑥术后即刻 Dyna micro CT 联合 SAMRT 重建显示支架双螺旋钽丝标记及镍钛金属丝显影均良好,支架金属丝及弹簧圈金属伪影明显降低,图像整体质量明显提高。▲患者 2:⑦⑧ DSA 造影和三维重建显示左侧后交通宽颈动脉瘤,形态不规则,头端带有子囊(母囊 3.1 mm×3.2mm,子囊 2.9 mm×3.3mm);⑨Neuroform EZ 支架 (3.5mm×20mm)辅助完成动脉瘤完全闭塞,同时载瘤动脉通畅;⑩术后即刻普通 Dyna CT 重建显示支架头端钽金标记显影良好,但支架金属丝显影较差,同时弹簧圈金属伪影较大;⑪术后即刻 Dyna micro CT 重建显示支架头端钽金标记显影良好,同时支架金属丝显影较普通 Dyna CT 明显改善,但弹簧圈金属伪影仍较大;⑫术后即刻 Dyna micro CT 联合 SAMRT 重建显示支架头端钽金标记及镍钛金属丝显影均良好,支架金属丝及弹簧圈金属伪影明显降低,图像整体质量明显提高。

图 1 2 例患者手术过程

表 1 DynaCT、Dyna microCT 和 Dyna microCT 联合 SMART 图像质量评价(Neuroform EZ 支架)

n=26

评分	DynaCT			Dyna microCT			Dyna microCT 联合 SMART		
	0 分	1 分	2 分	0 分	1 分	2 分	0 分	1 分	2 分
铂金标记点	0/26	0/26	26/26	0/26	0/26	26/26	0/26	0/26	26/26
镍钛金属丝*	22/26	4/26	0/26	0/26	17/26	9/26	0/26	3/26	23/26
弹簧圈金属伪影*	21/26	5/26	0/26	16/26	8/26	2/26	0/26	6/26	20/26
镍钛金属丝伪影*	23/26	3/26	0/26	18/26	5/26	3/26	1/26	6/26	19/26

*Dyna microCT 联合 SMART 与单独 DynaCT 和 Dyna microCT 图像质量差异有统计学意义, $P<0.05$

表 2 Dyna CT、Dyna microCT 和 Dyna microCT 联合 SMART 图像质量评价(LVIS)

n=16

评分	DynaCT			Dyna microCT			Dyna microCT 联合 SMART		
	0 分	1 分	2 分	0 分	1 分	2 分	0 分	1 分	2 分
双螺旋标记	0/16	0/16	16/16	0/16	0/16	16/16	0/16	0/16	16/16
镍钛金属丝*	15/16	1/16	0/16	5/16	10/16	1/16	0/16	6/16	10/16
弹簧圈金属伪影*	11/16	5/16	0/16	6/16	8/16	2/16	0/16	6/16	10/16
镍钛金属丝伪影*	15/16	1/16	0/16	10/16	5/16	1/16	1/16	5/16	10/16

*Dyna microCT 联合 SMART 与单独 DynaCT 和 Dyna microCT 图像质量差异有统计学意义, $P<0.05$

术中支架局部扭曲或打开不全并不易发现,部分瘤颈栓塞不佳的动脉瘤也可因造影操作角度受限或受弹簧圈金属伪影影响而遗漏^[8-9],这是造成支架内血栓形成、穿支血管闭塞及支架内膜化时间延长等的一个重要潜在危险因素^[10]。同时因受密实填塞的弹簧圈和瘤颈区支架金属丝(尤其是 LVIS 在瘤颈区以“灯笼”技术辅助栓塞)金属伪影影响,传统平板 C 形臂 CT(如 DynaCT、VasoCT、InnovaCT 等)在明

确支架与动脉瘤颈、支架与栓塞弹簧圈之间关系方面受到限制,造成术者对动脉瘤瘤颈致密程度进行误判,成为术后动脉瘤复发的一重要因素^[11-12]。

Dyna microCT 为 Siemens 公司最新一代高分辨 C 形臂 CT,相对于常规 DynaCT,前者在扫描技术、曝光条件及图像处理上均有了进一步改进和优化,如扫描关注区域更小、“non-binned mode”技术代替既往“2×2 pixel binning”技术等,使前者在不

应用低浓度对比剂情况下的局部病变部位空间分辨率提高。MARS 后处理技术可较好地减轻金属植入物伪影,提高图像质量,在螺旋 CT 和 MRI 中应用广泛,但在平板 C 形臂 CT 中应用目前尚处于起步阶段,文献报道较少。van der Bom 等^[12]采用高分辨 VasoCT 联合 MARS 技术观察 25 例支架辅助弹簧圈栓塞局部区域扫描重建图像,结果显示图像质量得到显著改善,而栓塞弹簧圈所产生的金属伪影仍不能消除。上述研究中金属伪影消除算法基于 Prell 等^[13]提出的方法,本研究中应用 SMART 算法作出进一步修改和扩展,显著提高了容积重建中所获矩阵维度(512^3 对 256^3),进而获得更高的图像分辨率^[11]。理论上这两种技术的革新与结合有助于提高局部图像质量,但目前关于高分辨平板 C 形臂 CT 联合 MARS 临床应用,国外仅有零星研究报道,国内尚无类似报道^[11-12]。本研究中对两种不同辅助支架(Neuroform EZ、LVIS)植入区域进行扫描,结果显示 Dyna microCT 联合 SMART 重建图像的质量(支架金属丝显影程度和弹簧圈金属伪影消除程度)明显优于传统 DynaCT 重建图像和 Dyna microCT 重建图像。

本研究中,根据 Dyna microCT 联合 SMART 重建图像并结合操作位多角度造影证实 2 枚 LVIS 轻微贴壁不良,经重新引入微导丝、微导管成襻“抚摸”处理后贴壁情况改善;同时判定 4 例患者瘤颈区初次栓塞效果不满意,经调整微导管头端继续作弹簧圈栓塞而达到瘤颈区致密栓塞。对于这些患者,因受血管角度、弹簧圈及金属支架伪影影响,常规 DynaCT 和血管造影很难直接判断瘤颈区弹簧圈是否栓塞致密,弹簧圈是否突出动脉瘤腔或突入支架内,支架在动脉瘤颈处是否打开等。Caroff 等^[14]采用 VasoCT 观察颅内动脉瘤支架辅助栓塞情况,认为高分辨率平板 C 形臂 CT 能够降低血栓栓塞事件发生率。本组患者术中和术后未观察到急性血栓形成或术中动脉瘤破裂等严重并发症发生,同样予以证实。另外从动脉瘤栓塞术后即刻和随访时 DSA 造影结果看,本组患者 Raymond I 级比例均高于既往报道(83.3%对 13.2%~77.8%,90.9%对 76.7%~87.5%)^[15-18]。尽管各个中心患者入组情况、术者技术熟练程度等有所差异,但不可否认的是 Dyna microCT 联合 SMART 重建图像有助于术者观察支架有无展开和贴壁情况,瘤颈区动脉瘤栓塞是否满意。这从理论上有助于提高支架辅助栓塞动脉瘤治疗效果,降低并发症发生率。

总之,高分辨率 Dyna microCT 扫描联合 SMART 在颅内动脉瘤支架辅助栓塞治疗中具有良好适用性,这种新颖成像技术能有效降低颅内动脉瘤栓塞术中支架和弹簧圈金属伪影,提高图像质量,有利于术者判定载瘤动脉内金属支架打开情况和动脉瘤瘤颈区栓塞是否致密,继而选择相应的治疗策略;可能有助于降低术后并发症发生率和动脉瘤复发率。但本研究是单中心研究,且样本量较小,具有一定的局限性,其可靠性和远期疗效尚需长期、大样本、多中心双盲对照研究进一步证实。

[参 考 文 献]

- [1] Santillan A, Boddu S, Schwarz J, et al. LVIS Jr. stent for treatment of intracranial aneurysms with parent vessel diameter of 2.5 mm or less[J]. Interv Neuroradiol, 2018, 24: 246-253.
- [2] Iosif C, Pötter M, Saleme S, et al. Safety and effectiveness of the Low Profile Visualized Intraluminal Support (LVIS and LVIS Jr) devices in the endovascular treatment of intracranial aneurysms: results of the TRAIL multicenter observational study[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10: 675-681.
- [3] Li TF, Shui SF, Han XW, et al. The Use of Solitaire AB stents in coil embolization of wide-necked cerebral aneurysms[J]. PLoS One, 2015, 10: e0139714.
- [4] 陈 蔚, 王 武. 颅内动脉瘤血管内治疗现状与进展[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 592-597.
- [5] Yuki I, Kambayashi Y, Ikemura A, et al. High-resolution C-arm CT and metal artifact reduction software: a novel imaging modality for analyzing aneurysms treated with stent-assisted coil embolization[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37: 317-323.
- [6] 李 敏, 王 武, 李明华, 等. Neuroform 3 支架辅助弹簧圈栓塞脑宽颈动脉瘤的长期随访疗效[J]. 介入放射学杂志, 2012, 21: 356-361.
- [7] Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized trial[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2002, 11: 304-314.
- [8] Struffert T, Lang S, Adamek E, et al. Angiographic C-arm CT visualization of the Woven EndoBridge cerebral aneurysm embolization device (WEB): first experience in an animal aneurysm model[J]. Clin Neuroradiol, 2014, 24: 43-49.
- [9] Pfaff J, Struffert T, Golitz P, et al. Angiographic CT for intraprocedural monitoring of complex neuroendovascular procedures[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34: E77-E80.
- [10] Foin N, Gutierrez-Chico JL, Nakatani S, et al. Incomplete stent apposition causes high shear flow disturbances and delay in neointimal coverage as a function of strut to wall detachment distance: implications for the management of incomplete stent apposition[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2014, 7: 180-189.

- [11] Yuki I, Kambayashi Y, Ikemura A, et al. High-resolution C-arm CT and metal artifact reduction software: a novel imaging modality for analyzing aneurysms treated with stent-assisted coil embolization[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37: 317-323.
- [12] van der Bom IM, Hou SY, Puri AS, et al. Reduction of coil mass artifacts in high-resolution flat detector conebeam CT of cerebral stent-assisted coiling[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34: 2163-2170.
- [13] Prell D, Kalender WA, Kyriakou Y. Development, implementation and evaluation of a dedicated metal artefact reduction method for interventional flat-detector CT[J]. Br J Radiol, 2010, 83:1052-1062.
- [14] Caroff J, Mihalea C, Neki H, et al. Role of C-arm VasoCT in the use of endovascular WEB flow disruption in intracranial aneurysm treatment[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35: 1353-1357.
- [15] Wang CC, Li W, Feng ZZ, et al. Preliminary experience with stent-assisted coiling of aneurysms arising from small (<2.5 mm) cerebral vessels using the low-profile visualized intraluminal support device[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2017, 38: 1163-1168.
- [16] Wang CC, Fang YB, Zhang P, et al. Reconstructive endovascular treatment of vertebral artery dissecting aneurysms with the low-profile visualized intraluminal support (LVIS) device[J]. PLoS One, 2017, 12: e0180079.
- [17] 于嘉, 邓剑平, 李江, 等. LVIS 支架辅助弹簧圈栓塞颅内微小宽颈动脉瘤[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2017, 16: 301-303.
- [18] 陈骅, 苏浩波, 陈亮, 等. LVIS 支架不同释放方式在颅内宽颈动脉瘤中的应用[J]. 中国脑血管病杂志, 2016, 13: 82-87.

(收稿日期:2018-10-12)

(本文编辑:边 皓)

•病例报告 Case report•

超声导引“单针贯穿”治疗自体动静脉内瘘顽固性狭窄 1 例

张 艺, 杨顺实, 黄小妹

【关键词】 动静脉内瘘; 经皮球囊扩张成形术; 顽固性狭窄; 单针贯穿

中图分类号: R587.1 文献标志码: D 文章编号: 1008-794X(2019)-09-0831-02

Ultrasound-guided “single needle penetration” technique for the treatment of intractable stenosis of autogenous arteriovenous fistula: report of one case ZHANG Yi, YANG Shunshi, HUANG Xiaomei.

Department of Ultrasound, Affiliated Wuhan Municipal Central Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei Province 430014, China

Corresponding author: HUANG Xiaomei, E-mail: 18062421823@163.com (J Intervent Radiol, 2019, 28: 831-832)

【Key words】 arteriovenous fistula; percutaneous balloon dilatation angioplasty; intractable stenosis; single needle penetration

近年血管腔内技术在血液透析患者自体动静脉内瘘 (autogenous arteriovenous fistula, AVF) 狭窄或闭塞性病变中的应用日趋广泛^[1]。然而有一些顽固性狭窄致使血管不能完全扩张, 残余狭窄明显^[2]。本中心采用一种简便易行且价廉

的“单针贯穿”技术^[3], 成功治疗 1 例 AVF 顽固性狭窄患者。

临床资料

患者男, 79 岁。因 AVF 流量进行性下降 2 周入院。既往有高血压、糖尿病病史。2017 年 2 月曾在本中心接受右上肢腕部头静脉-桡动脉内瘘手术, 术后 1 个月开始规律性血液透析 (4 h×3 次/周)。体检: 右前臂 AVF 震颤微弱, 瘘口后方约 3 cm 处可触及狭窄。彩色超声检查: 右侧头静脉-桡动脉端-侧吻合后肱动脉内径 0.54 cm, 阻力指数 (RI) 0.77, 流量 489 mL/min, 吻合口后方静脉流出道内膜增厚致管腔狭窄, 残余内径 0.12 cm, 狭窄后内径 0.47 cm, 峰值流速比值 2.7。

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2019.09.005

基金项目: 湖北省卫生计生委科研项目 (WJ2017M1851)

作者单位: 430014 华中科技大学同济医学院附属武汉市中心医院超声影像科 (张 艺、杨顺实)、肾内科 (黄小妹)

通信作者: 黄小妹 E-mail: 18062421823@163.com