

高分辨率 C 形臂 CT 在颅内动脉瘤 Pipeline Flex 植入术中的价值

杨 凯, 王 滔, 李 彬, 万 程, 严小谷, 李庆福, 赵 卫

【摘要】 目的 探讨颅内支架专用高分辨率 XperCT 在颅内动脉瘤 Pipeline Flex 植入术中的临床价值。**方法** 回顾性分析 2019 年 10 月至 2020 年 5 月昆明医科大学第一附属医院采用 Pipeline Flex 植入术治疗的 12 例患者颅内动脉瘤患者临床资料。对比分析二维 DSA 造影、常规颅脑 XperCT 及颅内支架专用 XperCT 在显示支架打开情况、支架与动脉瘤位置、支架与血管贴壁情况方面的差异。3 名 10 年以上神经介入医师对图像质量进行量化评分。术后 3 个月患者随访复查, O'Kelly-Marotta (OKM) 分级评价动脉瘤腔闭塞情况, 同时记录相关并发症。**结果** 12 例患者 (15 枚动脉瘤) 共植入 12 枚 Pipeline Flex。颅内支架专用高分辨率 XperCT 在显示支架打开情况方面显著优于二维 DSA 造影 ($P=0.007$), 在显示支架与血管贴壁情况方面显著优于二维 DSA 造影 ($P=0.001$) 和常规颅脑 XperCT ($P=0.003$)。12 例患者获平均 4.7 个月 (3~6 个月) 随访。术后 3 个月 DSA 造影复查显示患者 OKM 分级为 A 级 0 例, B 级 2 例 (16.7%), C 级 4 例 (33.3%), D 级 6 例 (50.0%), 均未出现相关并发症; 术后 4.7 个月瘤腔完全栓塞率为 50.0% (6/12)。**结论** 颅内支架专用高分辨率 XperCT 在显示支架贴壁情况方面具有独特优势。术后常规行颅内支架专用高分辨率 XperCT, 可即刻显示支架打开及贴壁情况。

【关键词】 C 形臂 CT; 数字减影血管造影; 颅内动脉瘤; 血流导向装置

中图分类号: R543.1 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2021)-06-0544-04

The application value of high-resolution C-arm CT in performing Pipeline Flex embolization device implantation for intracranial aneurysms YANG Kai, WANG Tao, LI Bing, WAN Cheng, YAN Xiaogu, LI Qingfu, ZHAO Wei. Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan Province 650032, China

Corresponding author: ZHAO Wei, E-mail: kyyzhaowei@foxmail.com

【Abstract】 Objective To explore the clinical value of high-resolution XperCT, that is specifically used for intracranial stenting, in performing Pipeline Flex embolization device implantation for intracranial aneurysms. **Methods** The clinical data of 12 patients with intracranial aneurysm, who were admitted to the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University of China to receive Pipeline Flex embolization device implantation between October 2019 and May 2020, were retrospectively analyzed. The displaying clearness degrees of the stent opening status, the location of stent and aneurysm, and the attaching status of stent to vascular wall were compared between each other among the two-dimensional digital subtraction angiography (DSA), conventional craniocerebral XperCT and specific high-resolution XperCT. Three experienced physicians who engaged in clinical neurointervention for more than 10 years made quantitative scoring of the image quality. Follow-up check-up was carried out 3 months after treatment in all patients, O'Kelly-Marotta (OKM) classification was used to evaluate the occlusion of aneurysm cavity, and the procedure-related complications were recorded. **Results** A total of 12 Pipeline Flex embolization devices were implanted in 12 patients (15 aneurysms in total). In displaying the stent opening status, high-resolution XperCT specifically used for intracranial stenting was remarkably better than two-dimensional DSA ($P=0.007$); and in displaying the

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2021.06.003

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金 (2020J0163)

作者单位: 650032 昆明医科大学第一附属医院医学影像科

通信作者: 赵 卫 E-mail: kyyzhaowei@foxmail.com

attaching status of stent to vascular wall, high-resolution XperCT specifically used for intracranial stenting was significantly superior to both two-dimensional DSA ($P=0.001$) and conventional craniocerebral XperCT ($P=0.003$). Twelve patients were followed up for a mean period of 4.7 months (3-6 months). DSA reexamination performed at 3-month follow-up showed that OKM of grade A was obtained in 0 patient, OKM of grade B in 2 patients (16.7%), OKM of grade C in 4 patients (33.3%) and OKM of grade D in 6 patients (50.0%). No procedure-related complications occurred. The complete embolization rate of aneurysm cavity at 4.7 months after operation was 50.0% (6/12). **Conclusion** In displaying the attaching status of stent to vascular wall, high-resolution XperCT specifically used for intracranial stenting carries unique advantage. Postoperative routine performance of high-resolution XperCT scan can promptly display the stent opening status and the attaching status of stent to vascular wall. (J Intervent Radiol, 2021, 30: 544-547)

【Key words】 C-arm CT; digital subtraction angiography; intracranial aneurysm; blood flow guidance device

血流导向装置 Pipeline Flex 在置放过程中可回收,提高了术中可控性和安全性,降低了手术时间、透视时间及患者受辐射剂量^[1]。研究表明 Pipeline Flex 植入术后 6 个月颅内动脉瘤完全闭塞率为 75%^[2], 4.5% 患者可能发生缺血相关并发症,而支架贴壁不良为术后缺血性事件发生的独立危险因素^[3],增加支架贴壁性可减少支架内血栓形成概率^[4]。由于颅脑组织结构重叠,常规二维 DSA 造影难以清晰显示支架在血管内状况,C 形臂 CT 的应用使其成为可能。近年血管介入术中应用 C 形臂 CT 越来越广泛,在支架辅助弹簧圈栓塞治疗颅内动脉瘤应用中具有优势^[5-7],但在 Pipeline Flex 植入术中应用的研究较少。Philips 公司 DSA 机自带颅内支架专用高分辨率 XperCT,通过注射稀释的低浓度对比剂可从不同角度、不同层面显示支架与血管的关系,同时可通过三维重建立体显示支架与血管的位置关系。本研究回顾性分析单中心行 Pipeline Flex 植入术治疗的 12 例颅内动脉瘤患者临床资料,对比二维 DSA 造影、常规颅脑 XperCT 及颅内支架专用高分辨率 XperCT 在显示支架打开、支架与动脉瘤位置关系及支架与血管贴壁方面的差异,探讨 XperCT 在 Pipeline Flex 植入应用中的价值。

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集 2019 年 10 月至 2020 年 5 月昆明医科大学第一附属医院采用 Pipeline Flex 植入术治疗的 12 例患者颅内动脉瘤患者临床资料。其中男 7 例,女 5 例,平均年龄 (52.0 ± 4.8) 岁。术前影像检查显示均为前循环动脉瘤,其中位于左颈内动脉眼段 4 例,右颈内动脉眼段 2 例,左颈内动脉床突段 2 例,右颈内动脉床突端 2 例,左大脑中动脉 M1 段 1 例,另 1 例

为左颈内动脉床突段多发动脉瘤(上壁宽颈大动脉瘤伴血栓,侧壁宽颈中等动脉瘤伴子囊,左眼动脉起始部微小宽颈动脉瘤);动脉瘤直径为平均 (5.45 ± 3.58) $(2.72 \sim 10.29)$ mm。

1.2 治疗方法和影像采集

Pipeline Flex 围手术期准备和植入过程参考以往文献^[8-9]。术后患者影像采集均在 Philips FD20 DSA 机上进行,对比剂为碘佛醇(320 mg I/mL)。二维 DSA 影像采集:常规行颈内动脉正侧位 DSA 造影,参数为 15 fps,64 kV,242 mA,7 ms,注射总量为 6 mL,速率为 4 mL/s,压力为 200 psi;常规颅脑 XperCT 影像采集:XperCT Cereb.HD 采集参数为 120 kV,250 mA,5 ms,30 fps,注射总量为 30 mL,速率 5 mL/s,压力 200 psi,注射延迟时间为 2 s;颅内支架专用高分辨率 XperCT 影像采集:XperCT HiRes Cranial Stent 采集参数为 80 kV,260 mA,7 ms,30 fps,造影时将对比剂和 0.9%氯化钠溶液按 1:9 稀释为浓度 10%低浓度对比剂,注射总量为 65 mL,流速 3 mL/s,压力为 200 psi,注射延迟时间为 2 s,采集时间约 20.1 s。

1.3 图像重建和质量评价

影像采集完成后传送至 Philips 工作站进行图像处理,颅内支架专用高分辨率 XperCT 以最大密度投影审阅评估。图像重建时正侧位,将支架所在区域置于正中央,根据需要选取 30%或 50%,空间容积,选择支架优化模式,同时选择“Metal Artifact Reduction”消除支架金属伪影。3 名 10 年以上神经介入医师对图像进行评价。评价标准:①支架打开情况,0 分为显示不清,1 分为不完全显示,2 分为完全显示;②支架与动脉瘤位置,0 分显示不清,1 分不完全显示,2 分完全显示;③支架与血管贴壁情况,0 分显示不清,1 分不完全显示,2 分完全显示。

1.4 术后随访和效果评价

术后 3 个月患者随访复查 DSA,同时行颅内支架专用高分辨率 XperCT 成像。采用 O'Kelly-Marotta(OKM)分级评价动脉瘤瘤腔闭塞情况:瘤腔显影>95%为完全显影(A级),5%~95%为部分显影(B级),<5%为瘤颈残余(C级),完全不显影为完全闭塞(D级)。记录术后即刻及术后 3 个月相关并发症。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计学软件进行数据处理,其中符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,图像质量评估用方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

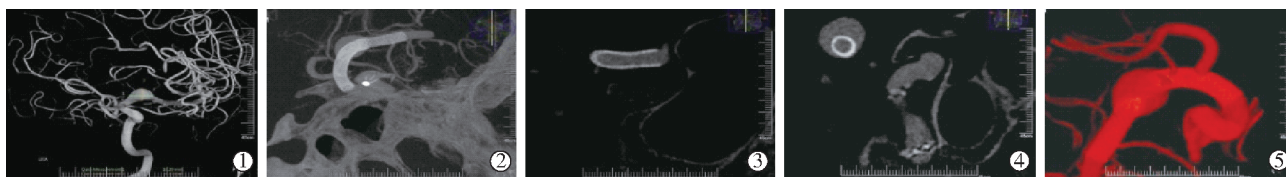
2 结果

12 例患者(15 枚动脉瘤)共植入 12 枚 Pipeline Flex。其中 10 例顺利完成 Pipeline Flex 植入术,支架打开良好,贴壁情况好,术后即刻均未出现相关并发症;1 例因瘤体较大,予以辅助弹簧圈不完全栓塞;1 例

术中见少量对比剂外溢示动脉瘤破裂,对瘤体致密栓塞。图像质量分析结果提示,在显示支架打开情况方面,颅内支架专用高分辨率 XperCT 与二维 DSA 造影相比显著占优($P=0.007$),与常规颅脑 XperCT 相比差异无统计学意义($P>0.05$);常规颅脑 XperCT 与二维 DSA 造影相比差异无统计学意义($P>0.05$)。在显示支架与瘤体位置方面,高分辨率 XperCT、常规颅脑 XperCT、二维 DSA 造影三者间差异均无统计学意义($P>0.05$)。在显示支架与血管贴壁情况方面,高分辨率 XperCT 显著优于二维 DSA 造影($P=0.001$)和常规颅脑 XperCT($P=0.003$)。(表 1、图 1)

表 1 二维 DSA 造影、常规颅脑 XperCT、颅内支架高分辨率 XperCT 图像质量评估 $n=12$

成像方法	支架打开情况			支架与瘤体位置			支架与血管贴壁		
	0分	1分	2分	0分	1分	2分	0分	1分	2分
二维 DSA 造影	3	5	4	1	3	8	5	5	2
常规颅脑 XperCT	1	5	5	1	2	9	5	4	3
颅内支架高分辨率 XperCT	0	2	10	0	1	11	0	3	9



①术前颅内动脉 CT 三维成像显示左大脑中动脉 M1 段梭形动脉瘤及其位置和大小;②③④Pipeline Flex 植入术后颅内支架专用高分辨率 XperCT 从不同角度、不同层面示支架与瘤体位置及血管贴壁情况;⑤高分辨率 XperCT 图像三维重建支架完整结构及其与瘤体位置关系,支架近端和远端、支架贴壁情况及支架覆盖的分支血管也清晰可见

图 1 一患者 Pipeline Flex 治疗前后造影图像

12 例患者获平均 4.7 个月(3~6 个月)随访。术后 3 个月 DSA 造影复查显示患者 OKM 分级为 A 级 0 例,B 级 2 例(16.7%),C 级 4 例(33.3%),D 级 6 例(50.0%);术后 4.7 个月瘤腔完全闭塞率为 50.0%(6/12)。术后 3 个月 12 例患者均未出现相关并发症。

3 讨论

血流导向装置治疗颅内动脉瘤是一种安全、有效的方式。第 2 代 Pipeline Flex 配置有安全有效的支架输入系统,可在支架未放置前进行回收,提高术中支架植入的安全性和准确性,同时其表面覆盖物可减少血栓形成。研究表明,Pipeline Flex 可有效降低手术时间,减少患者受辐射剂量^[10]。Martinez-Galdamez 等^[11-12]前瞻性研究显示 Pipeline Flex 植入术后即刻全部贴壁,术后 1 个月内未出现重大并发症,术后 6、12 个月动脉瘤完全闭塞率分别为 76.3%、

81.8%。刘涛等^[13]报道对 21 例颈内动脉海绵窦和眼段动脉瘤行 Pipeline 植入术,术后随访时间 6~12 个月,动脉瘤完全闭塞率为 88.9%。本组 12 例患者术后 4.7 个月动脉瘤完全闭塞率为 50%,略低于以往报道,考虑原因为随访时间较短、病例数较少,但其趋势大致相同。

一项纳入 27 个中心共 484 枚颅内动脉瘤 meta 分析显示,Pipeline 植入治疗后动脉瘤远期闭塞率为 82.7%(295/364,95%CI=77.4%~87.9%),仍有 17.3%动脉瘤未完全闭合;动脉瘤闭塞与支架内膜生成相关,支架内皮化源于相邻载瘤动脉细胞,因此支架贴壁情况尤为重要^[14]。Rouchaud 等^[15]报道制作 41 只家兔颅内动脉瘤并行 Pipeline 植入治疗,结果表明支架贴壁性对支架内膜生成十分重要,从而对动脉瘤闭塞率产生影响。Zhang 等^[16]报道对 58 例患者 58 枚颅内动脉瘤接受 Pipeline 植入术后 6.5 个

月随访显示,动脉完全瘤闭塞率为 70.1%;对未完全闭合动脉瘤行多因素回归分析显示,支架贴壁不良($OR=0.03, 95\%CI=0.00\sim 0.32, P=0.004$)为相关危险因素。Philips 颅内支架专用高分辨率 XperCT 具有较高的分辨率,本研究通过稀释对比剂使其在显示血管的同时显示支架结构,可从不同角度显示支架与血管壁相对位置、支架贴壁情况;通过三维重建在消除支架金属伪影的同时保留血管和支架的完整结构,立体完整地显示支架整体情况及其与动脉瘤瘤腔的位置关系(图 1)。本研究对比分析结果显示高分辨率 XperCT 显示支架打开情况、支架贴壁情况均具有优势,尤其是在显示支架贴壁情况方面,优于二维 DSA 造影和常规颅脑 XperCT。

综上所述,Philips 颅内支架专用高分辨率 XperCT 显示支架贴壁情况具有独特优势,Pipeline Flex 植入术后常规行高分辨率 XperCT 有助于及时提示临床医师,对于支架打开不良和贴壁不良情况进行球囊扩张等处理,从而提高术后动脉瘤完全闭塞率,减少不良事件发生。本研究纳入患者数较少且随访周期较短,具有一定局限性。应进一步开展多中心、大样本、双盲对照研究进一步证实。

[参考文献]

- [1] Martínez-Galdamez M, Gil A, Caniego JL, et al. Preliminary experience with the Pipeline Flex embolization device: technical note[J]. J Neurointerv Surg, 2015, 7: 748-751.
- [2] Kallmes DF, Brinjikji W, Cekirge SA, et al. Safety and efficacy of the Pipeline embolization device for treatment of intracranial aneurysms: a pooled analysis of 3 large studies[J]. J Neurosurg, 2017, 127: 775-780.
- [3] 吴桥伟,李立,邵秋季,等. Pipeline Flex 血流导向装置治疗颅内复杂动脉瘤的安全性及短期疗效[J]. 中华介入放射学电子杂志, 2020, 8:28-32.
- [4] Chesnutt JKW, Han HC. Computational simulation of platelet interactions in the initiation of stent thrombosis due to stent malapposition[J]. Phys Biol, 2016, 13: 016001.
- [5] 姚雪松,闫东,曾辉英,等. 经动脉化疗栓塞治疗肝细胞癌疗效

- 评估中 C 臂 CT 技术应用[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 588-592.
- [6] 黄郭灏,任建庄,段旭华,等. C 臂 CT 引导经皮乙醇消融术在巨块型肝癌经肝动脉化疗栓塞后的近期疗效[J]. 介入放射学杂志, 2015, 24:41-45.
- [7] 朱涛,李 晓,吕丽红,等. 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[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28:826-831.
- [8] 温运宇,王 刚,廖永鸿,等. Pipeline Flex 血流导向装置治疗颅内复杂动脉瘤的短期效果[J]. 中华神经外科杂志, 2019, 35:904-908.
- [9] 王 凯,成晓江,卡合尔曼·卡德尔,等. Pipeline Flex 血流导向装置治疗颅内动脉瘤的初步临床经验[J]. 中华神经外科杂志, 2019, 35:547-551.
- [10] Colby GP, Bender MT, Lin LM, et al. Declining complication rates with flow diversion of anterior circulation aneurysms after introduction of the Pipeline Flex: analysis of a single-institution series of 568 cases[J]. J Neurosurg, 2018, 129: 1475-1481.
- [11] Martínez - Galdamez M, Lamin SM, Lagios KG, et al. Periprocedural outcomes and early safety with the use of the Pipeline Flex Embolization Device with Shield Technology for unruptured intracranial aneurysms: preliminary results from a prospective clinical study[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9: 772-776.
- [12] Martínez-Galdamez M, Lamin SM, Lagios KG, et al. Treatment of intracranial aneurysms using the Pipeline Flex embolization device with shield technology: angiographic and safety outcomes at 1-year follow-up[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11: 396-399.
- [13] 刘 涛,那世杰,庄 宗,等. Pipeline 栓塞装置治疗海绵窦段和眼动脉段动脉瘤初步随访分析[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27:1127-1132.
- [14] Wakhloo AK, Gounis MJ. Revolution in aneurysm treatment: flow diversion to cure aneurysms: a paradigm shift[J]. Neurosurgery, 2014, 61(Suppl 1): 111-120.
- [15] Rouchaud A, Ramana C, Brinjikji W, et al. Wall apposition is a key factor for aneurysm occlusion after flow diversion: a histologic evaluation in 41 rabbits[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37: 2087-2091.
- [16] Zhang Y, Ma C, Liang S, et al. Morphologic feature elongation can predict occlusion status following Pipeline embolization of intracranial aneurysms[J]. World Neurosurg, 2018, 119: e934-e940.

(收稿日期:2020-05-27)

(本文编辑:边 佑)