DOI:10.16016/j.2097-0927.202307042

LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的安全性和有效性分析

王开杉[1],陈渝杰[1],唐 俊[2],朱 刚[1],胡 荣[1],缪洪平[1] 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院神经外科[1];400014 重庆,重庆医科大学附属儿童医院神经外科[2]

[**摘要**] **目的** 探讨使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的安全性和有效性。**方法** 收集 2018-2022 年陆军军医大学第一附属医院神经外科收治的 336 例颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤患者的临床资料及随访影像,其中 55 例患者采用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗。观察使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗动脉瘤的成功率、手术相关并发症、围手术期缺血和出血并发症的发生率。采用改良 Rankin 评分(modified Rankin scale,mRS)量表评价患者出院及临床随访时的神经功能恢复情况,使用术后即刻及随访脑血管造影 Raymond 分级评估栓塞效果、术后随访 CTA 及 MRA 评估有无复发。**结果** 55 例颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤患者均成功栓塞,未见支架打开不良、支架打折等不良事件;术中支架内血栓形成 1 例(1.82%),迟发性缺血 2 例(3.64%),未见围手术期出血事件。术后即刻造影致密栓塞(Raymond Ⅰ级)50 例(90.91%),瘤颈残留(Raymond Ⅱ级)3 例(5.45%),Raymond Ⅲ级 2 例(3.64%)。40 例患者于术后 6~24 个月获得影像随访,造影 Raymond Ⅰ级 38 例(95%),Raymond Ⅱ级 2 例(5%);9 例患者行 CTA 或 MRA 复查未见复发;术后随访动脉瘤栓塞效果较术后即刻好转。出院时 mRS 评分 0~1 分 50 例,2 分 1 例,3 分 1 例,4 分 2 例,5 分 1 例。获得 4~24 个月临床随访预后,mRS 评分 0~1 分 50 例,2 分 2 例,3 分 1 例,4 分 1 例,6 分 1 例;出院时 mRS 评分较差患者临床随访 mRS 评分好转。**结论** 使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤成功率及安全性高,复发率低,围手术期缺血事件发生率低,近期疗效可,远期疗效待进一步观察。

[**关键词**] 血管内治疗;分叉部宽颈动脉瘤;crossing Y 形支架;弹簧圈栓塞;LEO 支架
[**中图法分类号**] R181.32; R543.4; R618 [**文献标志码**] A

Safety and efficiency of crossing Y-stent-assisted coiling with LEO stents in treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms

WANG Kaishan[1], CHEN Yujie[1], TANG Jun[2], ZHU Gang[1], HU Rong[1], MIAO Hongping[1] [1]Department of Neurosurgery, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038; [2]Department of Neurosurgery, Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 400014, China

[**Abstract**] **Objective** To explore the safety and efficiency of crossing Y-stent-assisted coiling with LEO stents in treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms. **Methods** The clinical data and follow-up images of 336 patients with wide-necked intracranial bifurcation aneurysms admitted to the neurosurgery department of the First Affiliated Hospital of Army Medical University from 2018 to 2022 were collected and analyzed retrospectively. Among them, 55 patients received crossing Y-stent-assisted coiling with LEO stents. The success rate of aneurysm treatment, operation-related complications, incidences of perioperative ischemic and hemorrhagic complications were observed. Raymond classification were conducted on cerebral angiographs immediately after operation and at the end of follow-up to evaluate the efficiency of embolization. Modified Rankin Scale (mRS) was used to evaluate the neurological function of the patients at discharge and during clinical follow-up. Computed tomography angiography (CTA) and magnetic resonance angiography (MRA) were performed to evaluate the recurrence rate during postoperative follow-up. **Results**

[**基金项目**] 重庆市科卫联合科研医学项目(2022MSXM151)
[**通信作者**] 缪洪平,E-mail:montgomery2@126.com

2097-0927/Copyright © 2023, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Successful embolization was performed in the 55 patients with LEO stent-based crossing Y-shaped stenting, and no adverse events such as poor stent opening or stent folding were observed. Intraoperative stent thrombosis occurred in 1 case (1.82%), delayed ischemia in 2 cases (3.64%), and no perioperative bleeding events was observed. Immediate postoperative angiography showed dense embolism (Raymond class Ⅰ) in 50 cases (90.91%), residual tumor neck (Raymond class Ⅱ) in 3 cases (5.45%), and Raymond class Ⅲ in 2 cases (3.64%). The imaging results of 40 patients during a follow-up from 6 months to 2 years postoperatively revealed that 38 cases (95%) were at Raymond Class Ⅰ and 2 cases (5%) at Raymond Class Ⅱ. For the 9 patients undergoing CTA or MRA re-examination, no recurrence was observed. The imaging results during postoperative follow-up indicated that efficiency improvement was achieved in all cases when compared to the conditions immediately after operation. At discharge, 50 cases had a mRS score of 0~1, 1 case of 2, 1 case of 3, 2 cases of 4, and 1 case of 5. The mRS scores were obviously improved in a follow-up period from 4 to 24 months, with 52 cases having a score of 0~1, 1 case of 2, 1 case of 3, 1 case of 4, and 1 case of 6. **Conclusion** Crossing Y-stent-assisted coiling with LEO stents has advantages of high success rate and safety, low recurrence rate and incidence of perioperative ischemic events, and sound short-term efficacy in treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms. But further observation is needed for long-term efficacy.

[**Key words**] endovascular treatment; wide-necked aneurysm; crossing Y-stent-assisted coiling with LEO stents; LEO stent

Supported by the Joint Medical Scientific Research Project of Chongqing Science and Technology Commission and Chongqing Health Commission (2022MSXM151). Corresponding author: MIAO Hongping, E-mail: montgomery2@126.com

近年来,随着血管内治疗技术和器械的不断发展,经皮介入血管内治疗颅内动脉瘤已经成为国内外大中心治疗颅内动脉瘤的首选[1]。常规支架辅助栓塞颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤是安全有效的,但是疗效欠佳。尽管现在已有多种治疗方式,包括球囊辅助、灯笼技术等[2],但是颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的术后复发仍是其治疗的一大难点。徐远杰等[3]研究团队提出“Y”形支架技术,为颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤提供了新的治疗方法。Y 形支架辅助栓塞治疗颅内分叉部宽颈动脉瘤可重塑 2 个受累分支血管角度,降低分叉部动脉瘤的复发率[3-5]。Y 形支架辅助栓塞颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤主要有 2 种:crossing Y 形支架技术和 kissing Y 形支架技术。Kissing Y 形支架技术只能栓塞更大、瘤颈更宽、更靠近近心端的颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤,但载瘤血管近端并列 2 个支架会导致载瘤血管狭窄,血栓事件形成风险高,而 crossing Y 形支架可用于栓塞治疗载瘤动脉直径更小的分叉部动脉瘤,且 crossing Y 形支架更难以掌握,国内关于其安全性和有效性研究较少[3]。目前临床上 Y 形支架多采用 Enterprise、Solitaire 等雕刻支架构建,成功率高,但由于支架金属覆盖率低,动脉瘤颈修复不尽如人意,复发率高。LEO、LVIS 等编织支架金属覆盖率高[6-7],能更有效地促进血管内皮的生长,血管修复能力更强[8-10];该支架较好的顺应性,使其在血管转弯处更易贴壁;其滑动单元格的设计能够使支架在交叉部位完成 Y 形支架的穿网孔操作,因此本科室采取 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤。围手术期缺血事件与 Y 支架辅助栓塞的疗效密切相关,但编织支架 Y 形支架辅助栓塞的致栓性较高,临床上通常通过口服双抗预防围手术期血栓事件,但其发生率仍较高,严重制约了该技术治疗动脉瘤的疗效。本科室采取围手术期口服双抗联合动静脉使用替罗非班预防血栓事件取得了良好的疗效。本研究回顾性分析了本科室使用 LEO 编织支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗的 55 例颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤,评估该技术栓塞治疗动脉瘤的安全性和有效性,以期为颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的治疗及其围手术期并发症的预防提供新的方法。

1 资料与方法

1.1 临床资料及治疗方法

回顾性分析 2018-2022 年陆军军医大学第一附属医院神经外科收治的 336 例颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤患者的临床资料,其中 55 例患者采用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗。本研究中宽颈动脉瘤的定义标准:瘤颈≥4 mm 或体颈比≤2。纳入标准:①颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗;②年龄 18~80 岁。排除标准:颅内动脉分叉部微小动脉瘤。本研究经陆军军医大学第一附属医院伦理委员会审核通过[(B)KY2023084],研究过程符合临床研究伦理要求。

55 例患者中男性 33 例,女性 22 例;年龄 32~77(56.65±10.26)岁;未破裂颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤 49 例(89.09%);动脉瘤破裂致蛛网膜下腔出血 6 例(10.91%),Hunt-Hess 分级均为Ⅱ~Ⅲ级;大脑中动脉 M1 段分叉部动脉瘤 37 例(67.27%),前交通动

脉瘤 16 例(29.09%),基底动脉顶端动脉瘤 1 例(1.82%),大脑前动脉远端 A3 段动脉瘤 1 例(1.82%);动脉瘤最大径(5.06±0.39)mm;动脉瘤瘤颈长径(5.01±0.34)mm;24 例(43.64%)合并其他部位的颅内动脉瘤;所有分叉部宽颈动脉瘤累及分叉部 2 支以上分叉血管,且无分支动脉发自瘤壁;其中 32 例有高血压病史,6 例(10.91%)有糖尿病病史,15 例(27.27%)有脑梗死病史,8 例(14.55%)有高脂血症,29 例(52.73%)有颅内动脉粥样硬化病史,22 例(40.00%)有既往吸烟史,8 例(14.55%)有既往饮酒史。

1.2 围手术期抗血小板治疗方案

49 例未破裂颅内动脉瘤患者术前接受双抗抗血小板治疗(拜阿司匹林 100 mg/早,硫酸氢氯吡格雷片 75 mg/晚,口服 3 d),术中动脉内经导管分次推注替罗非班共 6~20 mL,静脉维持至术后 24~48 h,速度为 0.1 μg/(kg·min),替罗非班泵注结束前 6 h 桥接口服 100 mg 拜阿司匹林和 75 mg 硫酸氢氯吡格雷片。6 例破裂动脉瘤术前不给予口服抗血小板药物,术中及术后抗血小板用药与未破裂动脉瘤处理相同。所有患者术后常规口服硫酸氢氯吡格雷片 75 mg/晚(3 个月)及拜阿司匹林 100 mg/晨(6 个月)[5,11-12]。

1.3 手术方法

患者全脑血管造影后行血管三维重建测量动脉瘤大小,分析载瘤动脉及各分支动脉的关系、管径大小,所有颅内动脉分叉部动脉瘤均累及分叉部分支血管,且中动脉处血管变异较多,选择最佳工作角度。全身肝素化(50~70 U/kg)[5,11-12]。整个手术过程在 DSA 实时路图下操作,在微导丝引导下将支架微导管送至与载瘤动脉呈锐角的分支动脉远端,再使用微导丝引导弹簧圈微导管至瘤体 2/3 处,选用合适弹簧圈在瘤腔内成篮;将首枚较长的 LEO 支架经微导管缓慢地释放,造影确认支架打开良好;此时在微导丝引导下使用“穿网孔”技术将支架微导管穿过首枚支架网孔至另一分支血管远端,半释放第 2 枚支架,与第 1 枚支架形成“Y 形”,立即经导引导管推注替罗非班,同时静脉泵注,继续选择合适弹簧圈填塞动脉瘤至造影提示动脉瘤致密填塞。最后完全释放支架。术后即刻行多角度造影、三维重建和双容积后处理,评估动脉瘤栓塞程度及支架贴壁情况;若支架打开不良,使用微导丝或微导管对支架进行按摩,破裂出血患者行 Dyna CT 扫描判断术中有无出血。记录手术过程中有无急性血栓形成事件。

1.4 术后评估及随访

根据患者症状、体征及影像学资料判断有无术后出血及脑梗死事件;采用改良 Rankin 评分(modified Rankin scale,mRS)量表评价患者出院及临床随访时的神经功能恢复情况,即安全性分析,分为 7 级,分别为 0~6 分。0 分:完全无症状;1 分:尽管有症状,但无明显功能障碍,能完成所有日常职责和活动;2 分:轻度残疾,不能完成病前所有活动,但不需要帮助,能照顾自己的事务;3 分:中度残疾,要求一些帮助,但行走不需要帮助;4 分:重度残疾,不能独立行走,无他人帮助不能满足自身需要;5 分:严重残疾,卧床、失禁、要求持续护理和关注;6 分:死亡。使用 DSA 造影 Raymond 分级评估动脉瘤的栓塞效果,即有效性分析,分为 3 级,其中Ⅰ级为动脉瘤完全栓塞,Ⅱ级为瘤颈残留,Ⅲ级为动脉瘤残留;使用 CTA 或 MRA 判断有无复发[13]。

出院时记录患者 mRS 评分,术后 1、3、6 个月、2 年时分别电话随访记录患者 mRS 评分,记录患者最近一次随访的 mRS 评分。术后 1、3 个月时行 CTA 或 MRA 随访,术后 6 个月、2 年行 DSA 脑血管造影随访,记录患者最近一次随访的脑血管造影 Raymond 分级,未行 DSA 脑血管造影复查患者记录患者最近一次随访的 CTA 或 MRA。随访时间截至 2023 年 6 月,有 6 例患者因自身原因未行影像学随访。

1.5 统计学分析

使用 SPSS 26.0 进行统计学分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,计数资料以例(百分比)表示。使用 Fisher's 确切概率法比较术后即刻与随访时 Raymond 分级和出院时与临床随访时 mRS 评分。$P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

2018-2022 年陆军军医大学第一附属医院神经外科共收治 336 例颅内分叉部动脉瘤,经血管内介入治疗 336 例,其中 55 例分叉部宽颈动脉瘤采用 crossing Y 支架辅助栓塞治疗,110 个 LEO 支架均成功植入,支架均完全打开,贴壁良好;未见支架打开不良及打折等不良事件。术后即刻造影评估 Raymond 分级,其中Ⅰ级 50 例(85.4%),Ⅱ级 3 例(9.1%),Ⅲ级 2 例(5.5%),见表 1。手术时长 1.30~6.22(2.96±0.14)h。

表 1 动脉瘤栓塞效果 Raymond 分级[例(%)]

栓塞效果	术后即刻($n=55$)	脑血管造影随访($n=40$)
Raymond Ⅰ	50(91.0)	38(95.0)
Raymond Ⅱ	3(5.4)	2(5.0)
Raymond Ⅲ	2(3.6)	0

共有 3 例(5.5%)患者发生围手术期缺血事件;其中 1 例患者术中血栓形成,分次经导引导管微导管推注替罗非班共 20 mL 后血管再通,同时术中、术后以 0.1 μg/(kg·min)的剂量维持替罗非班静脉泵注,术后患者未见明显临床症状,复查 CTA 血管显影正常;2 例患者术后 3 d 内出现症状性脑梗死,经积极治疗后症状缓解,但出院前均仍残留肢体活动障碍;5 例患者

出现围手术期出血,包括牙龈出血、皮肤瘀点、穿刺点大片瘀斑等,围手术期经调整抗血小板药物剂量后症状改善,未再继续出血。出院时 mRS 评分 0~1 分 50 例,2 分 1 例,3 分 1 例,4 分 2 例,5 分 1 例。

2.2 随访结果

患者于术后 1~24 个月接受临床随访,最近一次临床随访时间为 4~24 个月,中位随访 6 个月,其中 mRS 评分 0~1 分 50 例,2 分 2 例,3 分 1 例,4 分 1 例,仅 1 例患者随访期间因肺癌死亡,mRS 评分 6 分;1 例患者 mRS 评分由出院前 4 分至随访 24 个月时好转为 1 分,1 例患者 mRS 评分由出院前 4 分至随访 16 个月后好转为 2 分,1 例患者 mRS 评分出院前为 5 分,经随访 12 个月后好转为 4 分;与出院前相比,最近一次随访时 mRS 评分差异无统计学意义($P=0.852$),但分级较差的患者临床随访好转。随访 6~24 个月,中位随访 10 个月,影像随访共 49 例患者,其中 DSA 随访 40 例,CTA 或 MRA 随访 9 例。术后 DSA 复查结果提示,Raymond 分级Ⅰ级 38 例(95%),Raymond 分级Ⅱ级 2 例(5%),其中 2 例由瘤体显影转变完全致密栓塞或近致密栓塞;与术后即刻相比差异无统计学意义($P=0.518$),但栓塞效果较差的患者经随访好转。9 例患者仅行 CTA 或 MRA 随访,未见明显颅内分叉部动脉瘤复发。

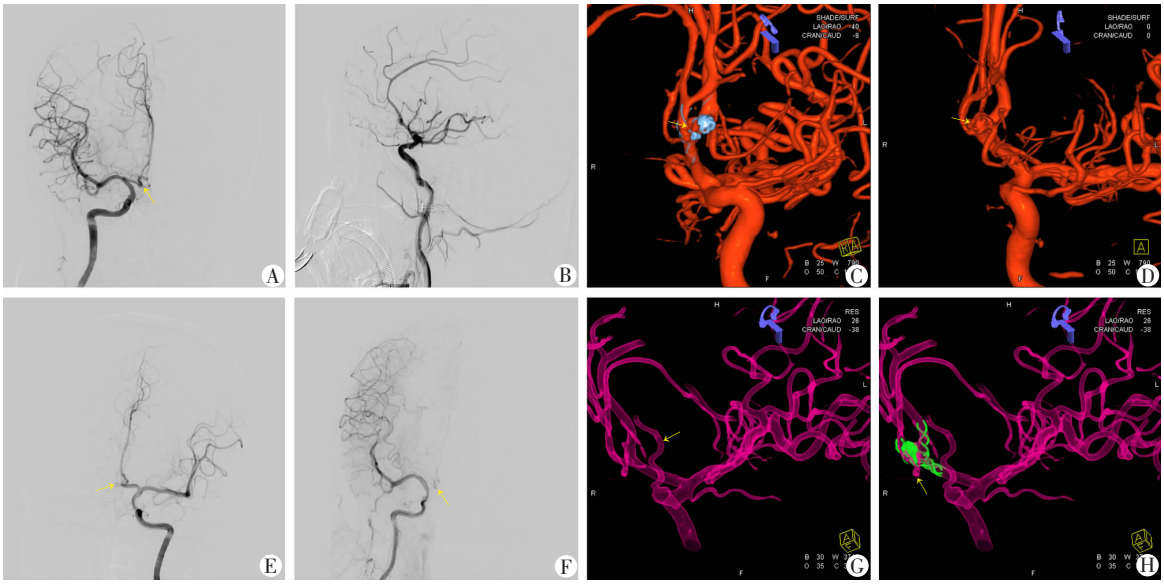
2.3 典型病例

病例 1:男性,48 岁,入院 CTA 诊断为前交通动脉瘤破裂致蛛网膜下腔出血、左侧大脑中动脉动脉瘤(图 1A、B),急诊行脑血管造影及三维重建提示前交通动脉瘤(图 1C、D),术中采用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞前交通动脉瘤,术后即刻造影(图 2A、B)及三维重建(图 2C、D),动脉瘤栓塞效果 Raymond Ⅲ级。术后 6 个月行脑血管造影术(图 2E、F)及前交通动脉瘤三维重建(图 2G、H),动脉瘤完全闭塞,达到 Raymond 分级Ⅰ级。



A:头颈部 CT 见蛛网膜下腔出血;B:头颈部 CTA 见前交通动脉瘤(↑);C:脑血管造影明确前交通动脉瘤(↑);D:三维重建见前交通动脉瘤(↑)

图 1 头颈部 CTA 及 DSA 诊断前交通动脉瘤破裂致蛛网膜下腔出血

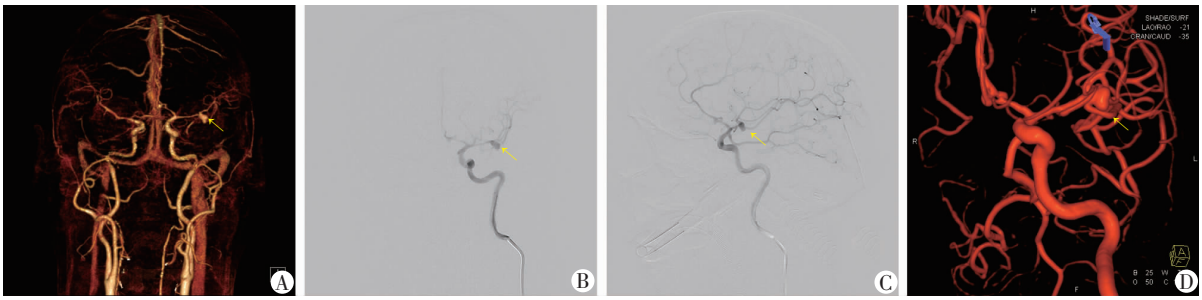


↑:示前交通动脉瘤

A:术后即刻正位脑血管造影;B:术后即刻侧位脑血管造影;C、D:术后即刻三维重建展示前交通动脉瘤栓塞情况;E、F:术后 6 个月,脑血管造影时正位展示前交通动脉瘤栓塞情况;G、H:术后三维造影展示前交通动脉瘤栓塞情况及瘤颈栓塞情况

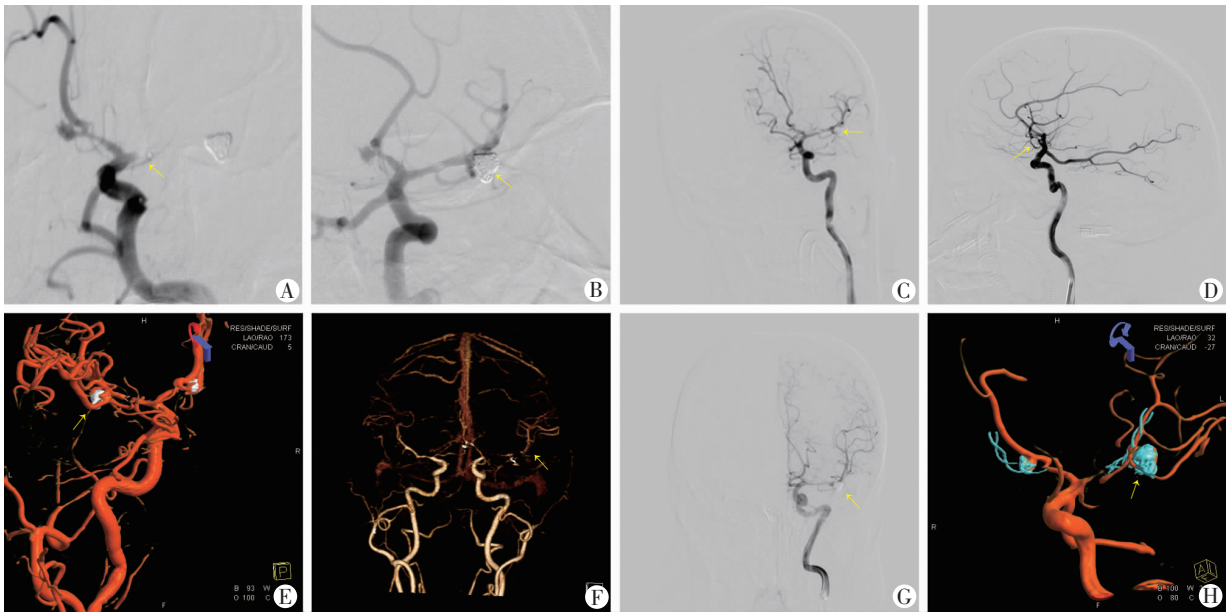
图 2 破裂前交通动脉瘤使用 LEO 支架构建 Y 形支架辅助栓塞动脉瘤的修复过程

病例2:女性,46岁,CTA诊断为左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤、前交通动脉瘤(图3A),择期行脑血管造影术,三维重建提示左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤(图3B~D),LEO支架构建crossing Y形辅助栓塞动脉瘤,栓塞术中造影提示左侧大脑中动脉主干及其远端血管不显影,考虑术中血栓形成(图4A),经导引导管及微导管3 min多次缓慢推注共20 mL替罗非班,同时经外周静脉以0.1 μg/(kg/min)的剂量泵注,推注结束10 min后,再次造影见左侧大脑中动脉显影(图4B),继续维持0.1 μg/(kg/min)的剂量泵注。栓塞结束后正侧位造影见左侧大脑中动脉显影良好(图4C、D),行三维重建,动脉瘤栓塞效果Raymond Ⅰ级(图4E),同期单支架辅助栓塞前交通动脉瘤。患者术后清醒后无缺血表现。术后13 d头颅CTA检查,左侧大脑中动脉远端分支血管显影良好(图4F)。术后15 d顺利出院,mRS评分0分。术后16个月随访行脑血管造影(图4G)及三维重建(图4H),未见复发,未见载瘤动脉远端狭窄及弹簧圈逃逸,mRS评分0分。



A:CTA重建左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤(↑);B:正侧位造影显示左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤(↑);C:侧位脑血管造影见左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤(↑);D:三维重建展示左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤(↑)

图3 未破裂左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤的CTA及DSA成像



A:栓塞术中造影见左侧大脑中动脉主干不显影(↑);B:经推注替罗非班后左侧大脑中动脉(↑)及远端分支显影良好;C、D:术后正侧位左侧大脑中动脉及其分支显影良好(↑);E:术后即刻三维重建左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤致密栓塞(↑),远端分支显影良好;F:术后13 d随访CTA,左侧大脑中动脉远端分支血管显示清楚(↑);G:术后16个月脑血管造影显示左侧大脑中动脉及其分支血管显影良好,左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤栓塞良好(↑);H:三维重建显示左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤栓塞良好(↑),远端分支血管显示清楚

图4 未破裂左侧大脑中动脉M1段分叉部动脉瘤栓塞术中并发症及术后随访

3 讨论

颅内动脉瘤治疗方法主要有外科手术显微夹闭及血管内治疗,外科手术创伤大、恢复周期长,患者接受度差[14],血管内治疗逐渐成为首选方案。但颅内动脉分叉部动脉瘤解剖位置复杂、累及动脉较多,尤其宽颈动脉瘤,采用传统单支架辅助栓塞分叉部动脉瘤完全栓塞率较低,术后复发风险较高[15],近年来 Y 形支架为颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的治疗提供了新方法[16-17]。本研究回顾性分析 2018-2022 年本科室使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗的 55 例颅内动脉瘤分叉部动脉瘤,通过评估术后即刻 Raymond 分级及随访脑血管造影 Raymond 分级得出其栓塞效果较好,其出院前 mRS 评分及随访 mRS 评分对比无明显差异。

3.1 LEO 支架构建 crossing Y 形支架要点

本科室 5 年来使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗 55 例颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤,均取得了良好效果。有关操作技术要点总结如下:①根据载瘤动脉和分支血管直径,以及分支血管与载瘤动脉的长度来选择支架的直径和长度;首枚支架置入时选择直径较大的分支血管及与载瘤动脉夹角较大的血管来放置;②首枚支架释放时,从分支血管平直段释放,利于后续微导丝微导管穿支架网孔操作;③释放首枚支架后,将支架微导管顺着支架推送导丝送至近血管分叉处,退出支架推送导丝,将微导丝塑形成猪尾状,送入支架微导管,在首枚支架近血管分叉处支架网孔进行穿网孔操作,穿孔后导丝尽量走远,跟进微导管,进行穿孔,若不能顺利通过,则稳住微导丝,并给微导管一定压力扩张网孔大小后,回撤微导管平衡张力,重新穿网孔操作;④第 2 枚支架尽可能选择短一些,避免支架之间重叠较多,引起载瘤动脉及穿支血管血栓事件;若第 2 枚支架在交叉处打开较差,需锁住支架末端 Y 阀,整体推拉支架系统以便在交叉处打开,若仍无法完全打开支架,可释放支架后采取微导管微导丝成弓背形按摩支架或使用球囊扩张技术使支架完全打开。

3.2 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗的安全性和有效性

本研究探讨 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部动脉瘤的疗效。参考中国颅内破裂动脉瘤诊疗指南:年轻、大脑中动脉分叉部动脉瘤推荐首选开颅夹闭治疗,同时结合美国心脏病协会/美国中风协会动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者管理指南:对于分级良好的前循环动脉瘤破裂的 aSAH 患者,如果同时适合栓塞和夹闭手术,在改善 1 年功能结局方面建议首选栓塞而不是夹闭手术;本研究中大脑中动脉分叉部破裂动脉瘤仅 2 例,年龄分别为 48 岁和 62 岁,均采取血管内治疗大脑中动脉分叉部宽颈动脉瘤,其余 53 例颅内动脉瘤参照定义均为宽颈动脉瘤,因此均采取 Y 形支架辅助栓塞治疗。55 例患者术中均顺利完成 Y 形支架置入,成功率 100%,未见支架打开不良及打折。55 例动脉瘤患者经栓塞后术后即刻造影结果良好:Raymond 分级Ⅰ、Ⅱ级 53 例(96.4%),未见弹簧圈移位及支架内狭窄。CAGNAZZO 等[18]在一项使用雕刻支架构建 Y 形支架辅助栓塞治疗颅内分叉部动脉瘤的 meta 分析中报道,雕刻支架的术后即刻造影 Raymond 分级Ⅰ、Ⅱ级为 82.2%;本研究使用 LEO 支架行 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部动脉瘤,手术成功率、栓塞效果 Raymond 分级优于 CAGNAZZO 等[18]的报道;与 SULEYMAN 等[19]报道的术后即刻 Raymond 分级相似。

本组 55 例患者中 40 例获术后 6 个月至 2 年影像复查,均达到 Raymond 分级Ⅰ级(95%)或Ⅱ级(5%);与术后即刻 Raymond 分级相比未见明显差异($P=0.518>0.05$),但栓塞效果较差的病例经随访好转。9 例患者因自身原因于术后仅行 CTA 或 MRA,均未见明显复发。随访患者显示弹簧圈在位良好,未见支架内狭窄。既往研究报道,使用 Y 形支架辅助栓塞分叉部动脉瘤平均随访 18.9 个月后的近完全闭塞率约 85.7%[20];据另一项 Y 形支架辅助栓塞宽颈动脉瘤的 meta 分析报道,术后平均随访 14 个月的近完全闭塞率 95.4%[18]。本组病例随访期间分叉部宽颈动脉瘤的近完全闭塞率为 100%,使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞颅内宽颈动脉瘤成功率高,瘤颈修复效果好,复发率低,是治疗颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的有效方法。

3.3 手术相关并发症的预防及预后

围手术期缺血事件与 Y 形支架辅助栓塞治疗的疗效密切相关,本研究探讨了使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉瘤围手术期缺血事件的发生率及其预防。LEO 等编织型支架的金属覆盖率高,利于动脉瘤颈的修复,但因其致栓性强,在支架辅助栓塞颅内动脉宽颈动脉瘤时血栓形成风险高[21],尤其是在 Y 形支架辅助栓塞时更容易发生缺血并发症,围手术期不合理抗血小板治疗会增加出血事件的发生率,因此需要合理的抗血小板方案。既往文献报道,张宇鹏等[22]采用激光雕刻 Neuroform EZ

支架构建 Y 形支架辅助栓塞治疗动脉瘤时,围手术期单纯口服双抗的血栓事件发生率高达 33.3%;YILDIRIM 等[20]在急性破裂宽颈颅内动脉瘤的 Y 形支架辅助栓塞术中,通过快速(3 min)大剂量(8 μg/kg)静脉内输注替罗非班后,并以小剂量[0.1 μg/(kg·min)]静脉维持输注 4~6 h,明显降低了围手术期缺血事件发生率(13.3%)。本科室的既往临床实践及国内其他研究团队发现,在单支架辅助栓塞治疗颅内破裂动脉瘤时围手术期动静脉联合应用替罗非班抗血小板治疗,围手术期血栓事件发生率为 5.6%,且未见出血风险增加[23];术中急性血栓形成后,采用动脉内推注替罗非班也能取得明显疗效[24-25],而未见出血风险升高。目前,国内外尚无口服双抗联合动静脉使用替罗非班在 Y 形支架辅助栓塞颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤的预防围手术期血栓事件的研究。

本研究中共 3 例患者发生围手术期缺血事件,发生率约 5.5%,未发生围手术期严重出血事件。分别记录出院时 mRS 评分与临床随访时 mRS 评分;与出院时比较,术后随访 mRS 评分差异无统计学意义(P0.852),但出院时 mRS 评分分级较差的患者临床随访好转。本科室缺血事件发生率明显低于国内研究报道的使用术前口服双抗或仅静脉使用替罗非班围手术期缺血事件发生率(11.1%)[3,22];也低于国外报道的针对 27 项研究 750 例患者的 Y 形支架辅助栓塞颅内动脉分叉部动脉瘤的围手术期缺血事件发生率(6.5%)[18]。本研究患者出院时的临床预后及长期预后与文献[3,22]报道基本一致。使用 LEO 支架构建 crossing Y 形技术辅助栓塞颅内动脉分叉部动脉瘤通过围手术期口服双抗联合动静脉使用替罗非班能有效预防围手术期缺血事件。

综上所述,使用 LEO 支架构建 crossing Y 形支架辅助栓塞治疗颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤可行、安全有效,围手术期缺血事件发生率低,是治疗颅内动脉分叉部动脉瘤的有效方法。本研究纳入病例数较少,且为单中心研究,随访时间较短,远期疗效仍有待进一步观察。

参考文献:

[1] CONNOLLY E S Jr, RABINSTEIN A A, CARHUAPOMA J R, *et al*. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. Stroke, 2012, 43(6): 1711-1737. DOI: 10.1161/STR.0b013e3182587839.

[2] METWALY N A, SOBH K M, AHMED M G, *et al*. Assessment of balloon remodeling techniques in endovascular treatment of wide-neck intracranial aneurysms (WN-IAs)[J]. Neurol Res, 2023, 45(5): 465-471. DOI: 10.1080/01616412.2022.2158646.

[3] 徐远杰, 管生, 袁永杰, 等. Y 形支架辅助栓塞颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤临床效果分析[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27(7): 608-613. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2018.07.002.
XU Y J, GUAN S, YUAN Y J, *et al*. Y-shaped stent-assisted embolization for wide-necked aneurysms located at bifurcation of intracranial artery: analysis of clinical results[J]. J Interv Radiol, 2018, 27(7): 608-613. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2018.07.002.

[4] MELBER K, DAN M L, DRAHEIM P, *et al*. Vascular angular remodeling by kissing-Y stenting in wide necked intracranial bifurcation aneurysms[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9(12): 1233-1237. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012858.

[5] BRASSEL F, MELBER K, SCHLUNZ-HENDANN M, *et al*. Kissing-Y stenting for endovascular treatment of complex wide necked bifurcation aneurysms using Acandis Acclino stents: results and literature review[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8(4): 386-395. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011691.

[6] Y ALVARADO M V, EBRAHIMI N, BENNDORF G. Study of conformability of the new Leo plus stent to a curved vascular model using flat-panel detector computed tomography (dynact)[J]. Oper Neurosurg, 2009, 64(3): ons130-ons134. DOI: 10.1227/01.neu.0000336304.26756.21.

[7] CHO S H, JO W I, JO Y E, *et al*. Bench-top comparison of physical properties of 4 commercially-available self-expanding intracranial stents[J]. Neurointervention, 2017, 12(1): 31-39. DOI: 10.5469/neuroint.2017.12.1.31.

[8] JUSZKAT R, NOWAK S, SMÓL S, *et al*. Leo stent for endovascular treatment of broad-necked and fusiform intracranial aneurysms[J]. Interv Neuroradiol, 2007, 13(3): 255-269. DOI: 10.1177/159101990701300305.

[9] LEBEAUPIN F, COMBY P O, LENFANT M, *et al*. Short- and long-term safety and efficacy of self-expandable Leo stents used alone or with coiling for ruptured and unruptured intracranial aneurysms: a retrospective observational study[J]. J Clin Med, 2021, 10(19): 4541. DOI: 10.3390/jcm10194541.

[10] KRISCHEK O, MILOSLAVSKI E, FISCHER S, *et al*. A comparison of functional and physical properties of self-expanding intracranial stents [Neuroform3, Wingspan, Solitaire, Leo+, Enterprise][J]. Minim Invasive Neurosurg, 2011, 54(1): 21-28. DOI: 10.1055/s-0031-1271681.

[11] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国颅内动脉瘤计

划研究组. 中国颅内破裂动脉瘤诊疗指南 2021[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18(8): 546-547. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.08.007.
Proffessional Committee of Interventional Clinical Neurosciences of Chinese Medical Doctor Association, China Intracranial Aneurysm Project Study Group. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of ruptured intracranial aneurysm 2021[J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2021, 18(8): 546-547. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.08.007.

[12] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国颅内动脉瘤计划研究组. 中国颅内未破裂动脉瘤诊疗指南 2021[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18(9): 634-664. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.09.008.
Proffessional Committee of Interventional Clinical Neurosciences of Chinese Medical Doctor Association, China Intracranial Aneurysm Project Study Group. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of unruptured intracranial aneurysm 2021[J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2021, 18(9): 634-664. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.09.008.

[13] CHEUNG N K, CHIU A H, CHEUNG A K, *et al*. Long-term follow-up of aneurysms treated electively with woven stent-assisted coiling[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(7): 669-674. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013402.

[14] GOERTZ L, LIEBIG T, SIEBERT E, *et al*. Woven endobridge embolization versus microsurgical clipping for unruptured anterior circulation aneurysms: a propensity score analysis[J]. Neurosurgery, 2021, 88(4): 779-784. DOI: 10.1093/neuros/nyaa539.

[15] LI T F, SHUI S F, HAN X W, *et al*. The use of solitaire AB stents in coil embolization of wide-necked cerebral aneurysms[J]. PLoS One, 2015, 10(10): e0139714. DOI: 10.1371/journal.pone.0139714.

[16] BARTOLINI B, BLANC R, PISTOCCHI S, *et al*. "Y" and "X" stent-assisted coiling of complex and wide-neck intracranial bifurcation aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35(11): 2153-2158. DOI: 10.3174/ajnr.A4060.

[17] AYDIN K, STRACKE C P, BARBUROGLU M, *et al*. Long-term outcomes of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms treated with T-stent-assisted coiling[J]. J Neurosurg, 2019, 134(1): 39-48. DOI: 10.3171/2019.9.JNS191733.

[18] CAGNAZZO F, LIMBUCCI N, NAPPINI S, *et al*. Y-stent-assisted coiling of wide-neck bifurcation intracranial aneurysms: a meta-analysis[J]. Am J Neuroradiol, 2019, 40(1): 122-128. DOI: 10.3174/ajnr.A5900.

[19] SULEYMAN K, KORKMAZER B, KOCER N, *et al*. Evaluation of short- and long-term results of Y-stent-assisted coiling with Leo stents in endovascular treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms[J]. Neuroradiology, 2023, 65(4): 785-791. DOI: 10.1007/s00234-023-03116-x.

[20] YILDIRIM İ O, KOLU M, DURAK M A, *et al*. Y-stent assisted coiling of ruptured wide neck intracranial aneurysm in the acute phase[J]. Interv Neuroradiol, 2021, 27(5): 638-647. DOI: 10.1177/15910199211005331.

[21] MA Y H, JIA C G, ZHANG T B, *et al*. Safety and efficacy of intravenous tirofiban for stent-assisted coiling in acutely ruptured intracranial aneurysms: a single center experience[J]. Interv Neuroradiol, 2022, 28(4): 476-481. DOI: 10.1177/15910199211042463.

[22] 张宇鹏, 姜鹏, 梁士凯, 等. Neuroform EZ 构建"Y"形支架辅助栓塞颅内分叉部宽颈动脉瘤的初步经验[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(8): 765-769. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.08.003.
ZHANG Y P, JIANG P, LIANG S K, *et al*. Preliminary experience with the application of Neuroform EZ stent for Y stent assisted coiling in the treatment of wide necked bifurcation aneurysm[J]. Chin J Neurosurg, 2017, 33(8): 765-769. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.08.003.

[23] 吕超, 鲁传豪, 张力, 等. 颅内破裂囊性动脉瘤介入治疗围手术期应用替罗非班的安全性及可行性研究[J]. 中国脑血管病杂志, 2022, 19(8)524-531. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2022.08.002.
LYU C, LU C H, ZHANG L, *et al*. Safety and feasibility of tirofiban used for intracranial ruptured cystic aneurysms during perioperative interventional treatment[J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2022, 19(8)524-531. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2022.08.002.

[24] YOON C H, LEE H W, KIM Y S, *et al*. Preliminary study of tirofiban infusion in coil embolization of ruptured intracranial aneurysms[J]. Neurosurgery, 2018, 82(1): 76-84. DOI: 10.1093/neuros/nyx177.

[25] CHALOUHI N, JABBOUR P, KUNG D, *et al*. Safety and efficacy of tirofiban in stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms[J]. Neurosurgery, 2012, 71(3): 710-714. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31826213f9.

(收稿:2023-07-08;修回:2023-09-11)
(编辑 吴培红)