



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.06.006
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.06.006
China Journal of General Surgery, 2024, 33(6):909-917.

· 专题研究 ·

Castor 支架在主动脉弓病变中重建左颈总动脉的可行性和有效性研究

孙文超, 刘涛, 裴长安, 孙波, 曹广信, 张杰峰

(山东省潍坊市人民医院 血管外科, 山东 潍坊 261000)

摘要

背景与目的: 胸主动脉腔内修复术 (TEVAR) 已成为治疗主动脉弓病变的首选方法。如何重建主动脉弓上分支, 是 TEVAR 的难点和研究方向之一。目前, Castor 单分支主动脉覆膜支架广泛应用于 TEVAR 术中重建左锁骨下动脉, 但其应用于重建左颈总动脉 (LCCA) 报道少见。因此, 本研究探讨 TEVAR 术中运用 Castor 单分支主动脉覆膜支架在 TEVAR 术中重建 LCCA 的可行性和有效性。

方法: 回顾 2021 年 10 月—2022 年 9 月潍坊市人民医院血管外科收治的 5 例累及 Z2 区的主动脉弓病变患者资料, 患者均为男性; 年龄 39~77 岁, 平均 (59.2 ± 14.08) 岁, 其中急性 Stanford B 型主动脉夹层 3 例, 主动脉弓动脉瘤 2 例。所有患者均在数字减影血管造影引导下采用 Castor 一体化分支型主动脉覆膜支架在 TEVAR 术中重建 LCCA。分析手术相关指标及术后不良事件发生率, 以及术后随访 6 个月内不良事件的发生情况与主动脉重塑情况。

结果: 5 例患者均手术成功。手术时间 168~233 min, 平均 (191 ± 19.06) min, 无中转开胸手术。5 例患者的 LCCA 均成功采用 Castor 单分支支架行血运重建。术后住院期间发生 1 例脑卒中, 术后 2 个月意识清晰, 右上肢肌力完全恢复 (V 级); 其余 4 例患者住院及随访期间无全因死亡、脑卒中、支架移位、夹层复发、内漏、截瘫、左上肢缺血等并发症。患者术后 6 个月复查主动脉 CT 血管造影显示 Castor 单分支支架位置良好, 主动脉峡部平面主动脉平均直径与肺动脉分叉平面主动脉平均直径均较术前明显减小 (35.8 mm vs. 41.9 mm, $P=0.035$; 31.1 mm vs. 36.7 mm, $P=0.048$); 主动脉及分支支架通畅率为 100%, 无内漏, 瘤腔/假腔均出现血栓化。

结论: 在严格把握适应证的前提下, Castor 单分支支架在 TEVAR 术中重建 LCCA 安全可行, 然而, 其疗效仍需更长时间的随访和更多的病例验证。

关键词

主动脉疾病; 主动脉, 胸; 血管成形术; Castor 支架; 左颈总动脉

中图分类号: R654.3

Feasibility and efficacy of using Castor stent for reconstruction of the left common carotid artery in aortic arch lesions

SUN Wenchao, LIU Tao, PEI Chang'an, SUN Bo, CAO Guangxin, ZHANG Jiefeng

(Department of Vascular Surgery, Weifang People's Hospital, Weifang, Shandong 261000, China)

Abstract

Background and Aims: Thoracic endovascular aortic repair (TEVAR) has become the preferred

收稿日期: 2023-11-10; 修订日期: 2024-05-13。

作者简介: 孙文超, 山东省潍坊市人民医院硕士研究生, 主要从事血管外科基础与临床方面的研究。

通信作者: 张杰峰, Email: zhang.jf@vip.163.com

method for treating aortic arch lesions. One of the challenges and research directions in TEVAR is reconstructing the supra-aortic branches. The Castor single-branched stent graft is widely used to reconstruct the left subclavian artery during TEVAR. However, its application in reconstructing the left common carotid artery (LCCA) is rarely reported. Therefore, this study investigated the feasibility and efficacy of using the Castor single-branch stent graft to reconstruct the LCCA during TEVAR.

Methods: Five patients with aortic arch lesions involving Zone 2 treated in the Department of Vascular Surgery of Weifang People's Hospital from October 2021 to September 2022 were reviewed. All patients were males, aged between 39 and 77 years, with an average age of (59.2±14.08) years. Among them, three had acute Stanford type B aortic dissection, and two had aortic arch aneurysms. Under DSA guidance, all patients underwent TEVAR with the reconstruction of the LCCA using the Castor-integrated branched aortic-covered stent. The surgical-related variables, the incidence of postoperative adverse events, and the occurrence of adverse events and aortic remodeling within a six-month follow-up after the operation were analyzed.

Results: All five patients successfully underwent the surgery. The operative time ranged from 168 to 233 min, with an average of (191±19.06) min, and no conversions to thoracotomy were necessary. The LCCA was successfully reconstructed using the Castor single-branched stent in all patients. During the postoperative hospital stay, one patient experienced a stroke but recovered full right upper limb muscle strength (Grade V) with clear consciousness two months after the operation. The other four patients did not experience any all-cause death, stroke, stent migration, dissection recurrence, endoleak, paraplegia, or left upper limb ischemia during hospitalization and follow-up. Six months after surgery, aortic CTA re-examination showed that the Castor single-branched stent was well-positioned, with a significant reduction in the mean aortic diameter at the aortic isthmus and pulmonary artery bifurcation levels compared to preoperative measurements (35.8 mm vs. 41.9 mm, $P=0.035$; 31.1 mm vs. 36.7 mm, $P=0.048$). The patency rate of the aortic and branch stents was 100%, with no endoleak, and thrombus formation was observed in the aneurysmal/false lumen.

Conclusion: Under strict adherence to indications, the use of the Castor single-branched stent for LCCA reconstruction during TEVAR is safe and feasible. However, its efficacy requires longer follow-up and validation with more cases.

Key words

Aortic Diseases; Aorta, Thoracic; Angioplasty; Castor Stent; Left Common Carotid Artery

CLC number: R654.3

目前,胸主动脉腔内修复术(thoracic endovascular aortic repair, TEVAR)是治疗主动脉弓病变的有效方法。主动脉弓病变包括夹层、动脉瘤、壁内血肿和累及主动脉上分支的主动脉溃疡。主动脉夹层和累及主动脉弓的主动脉瘤尤为复杂和灾难性,与病死率的显著升高相关^[1]。然而TEVAR在主动脉弓病变的患者中应用时仍存在亟待解决的问题,主动脉弓病变需要在治疗病变的同时重建弓上分支,其中涉及解剖学形态、血流动力学特征、血管病变等众多因素^[2-3],例如采用TEVAR治疗主动脉弓部病变时,如何重建左锁骨

下动脉(left subclavian artery, LSA)及左颈总动脉(left common carotid artery, LCCA)就是其中之一。因此,如何有效保护脑循环和快速安全重建弓上分支是现阶段面临的最大挑战^[4]。近年来,随着腔内治疗的快速发展,应用TEVAR治疗主动脉弓疾病的尝试越来越多。主动脉弓上分支(supra-aortic branches, SAB)重建的常用技术包括复合手术(颈-锁转流、颈-颈转流等)、烟囱技术、开窗技术及分支支架技术等,但由于其自身的局限性,这些技术仅适用于符合严格解剖学标准的患者。

对于主动脉弓病变,在锚定区不足(<15 mm)

或SAB需血运重建时,开放手术治疗通常很困难,同时烟囱技术具有内漏发生率高的特点^[5]。Castor支架是一款拥有中国自主知识产权的一体化单分支覆膜支架,于2017年上市并逐渐应用于临床^[6]。到目前为止,Castor单分支主动脉覆膜支架广泛应用于重建LSA的主动脉弓病变,但很少有文献报道将Castor支架应用在主动脉弓病变中重建LCCA。本研究的目的是评价Castor支架在修复主动脉弓病变时重建LCCA的可行性和安全性,以期为累及主动脉弓病变的临床治疗提供参考和借鉴。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2021年10月—2022年9月期间,山东省潍坊市人民医院血管外科5例累及Z2区的主动脉弓病变接受Castor分支型支架修复及重建LCCA患者资料,患者均为男性;年龄39~77岁,

平均(59.2±14.08)岁。其中急性Stanford B型主动脉夹层3例,主动脉弓动脉瘤2例。术前对所有患者进行了治疗评估;用主动脉CT血管造影(computed tomography angiography, CTA)验证主动脉弓病变的诊断和形态,包括评估双侧颈动脉、锁骨下动脉、椎动脉和Willis环;所有病例经包括血管外科医生和麻醉医生在内的跨学科委员会讨论。本研究获得潍坊市人民医院伦理委员会批准(批号:WFWSJK-2021-129)。5例患者一般资料及术前主动脉CTA数据见表1。

1.2 术前评估

所有患者均行血常规、肝肾功能、凝血常规等血液学检查及心电图、心脏彩超、颈动脉彩超检查。行主动脉CTA,评估主动脉弓形态、夹层或动脉瘤累及范围、脏器供血、破口数量、第一破口位置等情况。5例患者的术前CTA资料见图1。

表1 患者一般资料及术前主动脉CTA数据

Table 1 General data of patients and preoperative aortic CTA data

病例	诊断	年龄(岁)	合并症	D1(mm)	D2(mm)	D3(mm)	L1(mm)	L2(mm)
1	主动脉弓动脉瘤	74	高血压2级、冠心病、脑梗	35.9	35.5	9.4	2.0	5.0
2	急性Stanford B型主动脉夹层	60	高血压3级	34.3	35.0	7.1	5.8	6.0
3	急性Stanford B型主动脉夹层	39	高血压3级	35.8	38.0	11.9	8.1	7.9
4	急性Stanford B型主动脉夹层	46	高血压3级	31.9	37.1	9.2	7.2	7.6
5	主动脉弓动脉瘤	77	高血压2级	36.7	37.6	8.5	6.8	6.6

注:D1为平LCCA开口近心端主动脉直径;D2为平无名动脉(innominate artery, IA)开口远心端主动脉直径;D3为距LCCA开口3 cm处LCCA直径;L1为病变近端距离LCCA远心端开口间距;L2为IA远心端距离LCCA近心端间距

Note: D1 is the aortic diameter at the proximal end of the LCCA origin; D2 is the aortic diameter at the distal end of the IA origin; D3 is the diameter of the LCCA 3 cm from its origin; L1 is the distance between the proximal end of the lesion and the distal end of the LCCA origin; L2 is the distance between the distal end of the IA and the proximal end of the LCCA



图1 术前CTA检查 A: 病例1; B: 病例2; C: 病例3; D: 病例4; E: 病例5

Figure 1 Preoperative CTA examination A: Case 1; B: Case 2; C: Case 3; D: Case 4; E: Case 5

1.3 手术方法

TEVAR是在复合手术室中进行的。手术时采用气管插管全身麻醉。术中数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)用于比较术前CT扫描观察到的形态学和动态特征。所有患者均接受了使用Castor单分支支架(上海微创医疗, 中国)的TEVAR手术。主体和分支支架均为自膨式。手术细节如下: 首先, 切开游离一侧股总动脉及LCCA, 穿刺LCCA置入7F动脉鞘, 备用。导丝导管贯穿LCCA及股总动脉, 备用。从股总动脉经导

丝置入金标猪尾导管至升主动脉, 术中多角度造影清楚显示主动脉弓部病变位置及弓上各分支血管。其次, 全身肝素化(100 U/kg)后, 在Lunderquist导丝支撑下由股总动脉置入Castor单分支主动脉覆膜支架(含主体覆膜支架、分支动脉覆膜支架), 分支支架拉线钢丝通过留置的5FMPA-1多功能造影导管, 从LCCA穿刺点处引出体外, 将收缩压控制在90 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)左右, 在DSA透视下覆膜支架起始部定位于IA开口左侧壁, 分支支架缓缓引入LCCA内, 同时释放(图2)。



图2 手术过程 A: 术前造影; B: 分支支架引入颈动脉; C: 释放支架; D: 术毕造影

Figure 2 Stent deployment A: Preoperative angiography; B: Branch stent introduction into carotid artery; C: Stent deployment; D: Postoperative angiography

1.4 观察指标

手术情况: 成功率、手术时间; 术前及术后6个月主动脉重塑指标(主动脉峡部平面主动脉直径、肺动脉分叉平面主动脉直径)变化; 不良事件: 全因死亡、卒中、支架移位、夹层逆撕、内漏、截瘫、左上肢缺血(包括左上肢乏力、左上肢疼痛、左上肢苍白和发凉、左臂动脉搏动消失, 不包括无症状低血压者)等情况。患者均使用上肢功能评定表(Disability of Arm-Shoulder-Hand, DASH)评估左上肢功能。该表含A、B两个部分, A部分用于评估活动能力, 含23条目, 各条目1~5分; B部分用于评估上肢疼痛与不适感, 含7条目, 各条目1~5分。DASH评分=(A部分分值+B部分分值-30)/1.2, 总分100分, 分数与左上肢功能呈负相关^[7-8]。

手术成功定义为Castor支架主体释放成功, 无支架扭曲、折叠等并发症, 定位准确, 覆膜支架隔绝病变, 经造影显示原病变处未见造影剂显影, LCCA血流灌注通畅。手术时间指术者开始切开至切口包扎所用的时间。内漏是TEVAR术后常见并

发症, 是指血液从各种不同的途径继续流入假腔, 包括覆膜支架与主动脉壁之间, 分支血管反流, 支架移植物破损或渗漏等^[9]。主动脉重塑, 定义为测量平面主动脉直径较术前减少5 mm以上^[10]。

1.5 药物管理与随访

所有患者术后均给予口服阿司匹林(100 mg/d)加氢氯吡格雷(75 mg/d)进行双联抗血小板治疗, 以防止分支支架内血栓形成。采用住院、门诊、电话等方式随访, 所有患者均在术后6个月复查主动脉CTA。

1.6 统计学处理

使用SPSS 22.0版进行统计分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 比较采用配对t检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术情况

手术时间168~233 min, 平均(191 ± 19.06) min。所有TEVAR手术均顺利完成, 无中转开胸手术(100%成功率)。支架的平均长度为200 mm。术中

未见内漏。Castor 支架主体近端直径平均为 (38.8 ± 2.2) mm, Castor 支架主体近端 Oversize [Castor 支架主体近端 Oversize = (支架直径 - 血管直径) / 血管直径] 平均为 (5.4 ± 4.3) %, 支架相关参数见表 2。Castor 支架主体远端均未放置限制性支

架。TEVAR 术中未发生支架再植入、分支血管夹层、血管损伤、逆行夹层、主动脉破裂等操作并发症。所有 LCCA 重建均采用 Castor 单分支支架原位重建。所有的 LSA 均被覆盖。

表 2 支架相关参数 (mm)

Table 2 Stent-related parameters (mm)

病例	主体近端直径	主体远端直径	侧支远端直径	主体长度	侧支长度	侧支后移长度
1	38	32	10	200	25	5
2	38	32	8	200	25	5
3	40	34	12	200	25	10
4	38	32	10	200	25	5
5	40	34	10	200	25	10

2.2 不良事件情况

本研究中无住院死亡。住院时间 (20 ± 5.55) d, 平均 $(11 \sim 28)$ d。随访时间 11~23 个月, 中位随访时间 17 个月。1 例患者术后 2 h 出现意识障碍、嗜睡、右上肢肌力下降, 颅脑 CT 检查示左颞叶脑梗死, 进一步行颅脑 MRI 检查示在左颞叶脑梗, 不属于 LSA 及椎基底动脉供血区域, 考虑为术中硬化斑块脱落所致。给予保守治疗后病情稳定后出院。术后该患者通过门诊、电话随访, 患者术后 2 周, 意识障碍消失, 言语清晰。术后 2 个月意识清晰, 右上肢肌力完全恢复 (V 级)。其余 4 例患者住院及随访期间无全因死亡、脑卒中、支架

移位、夹层逆撕、内漏、截瘫、左上肢缺血等并发症。DASH 评分为 27.53 ± 19.80 。

2.3 随访情况

术后 1、3、6 个月门诊随访, 术后 6 个月复查主动脉 CTA 显示 Castor 支架位置良好, 主动脉及分支支架通畅率为 100%, 无内漏, 瘤腔/假腔均出现血栓化; 患者术后 6 个月主动脉峡部平面主动脉平均直径与肺动脉分叉平面主动脉平均直径均明显小于术前 [(35.8 ± 3.4) mm vs. (41.9 ± 4.2) mm, $P=0.035$; (31.1 ± 3.6) mm vs. (36.7 ± 4.1) mm, $P=0.048$] (图 3) (表 3)。

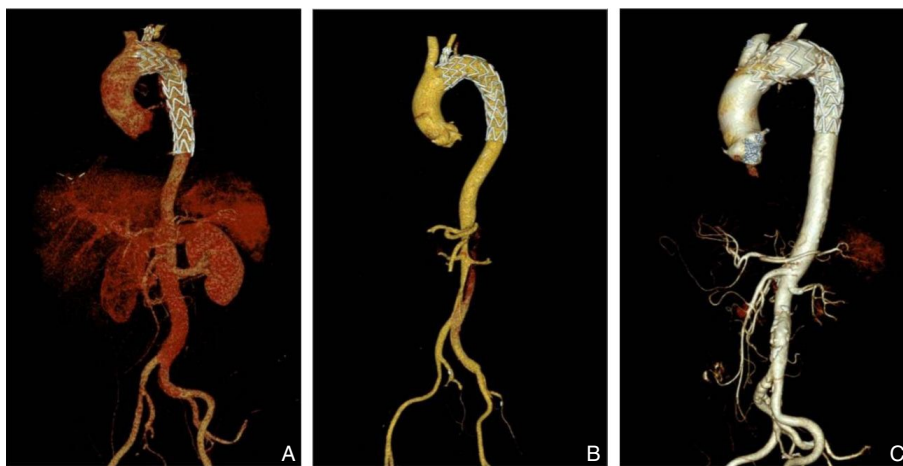


图 3 术后复查 CTA

A-C: 典型病例术后复查 CTA 图像

Figure 3 Postoperative CTA reexamination

A-C: Typical postoperative follow-up CTA images of patients

表3 主动脉重塑情况
Table 3 Aortic remodeling results

病例	主动脉峡部平面主动脉直径(mm)		肺动脉分叉平面主动脉直径(mm)		假腔/瘤腔内血栓形成
	术前	术后6个月	术前	术后6个月	
1	36.8	31.3	35.9	29.5	是
2	45.6	39.2	41.1	34.9	是
3	39.3	33.8	35.2	29.8	是
4	41.1	35.5	31.1	26.5	是
5	46.6	39.1	40.3	34.6	是

3 讨论

TEVAR 是治疗胸主动脉夹层和胸主动脉瘤的主要方式,当病变累及 Z2 区时,常规 TEVAR 仍然面临着巨大挑战。如何重建 LCCA 及处理 LSA 是治疗胸主动脉夹层和动脉瘤的难点和重点。

目前,公认的 Castor 分支支架技术应用指征如下:(1) Stanford B 型主动脉夹层的近端破口至 LSA 的距离 <15 mm;(2) 近端锚定区为 LCCA 至 LSA 距离 >10 mm 的健康主动脉;(3) LSA 开口内径为 8~13 mm,且没有严重的动脉硬化或扭曲;(4) 主支架的远端和近端锚定区均无附壁血栓形成或扭曲;(5) 需联合开窗技术、复合技术、潜望镜技术、烟囱技术等将分支支架植入 LCCA,用于主动脉穿透性溃疡、主动脉弓部动脉瘤、主动脉创伤、假性动脉瘤等病变的外科治疗;(6) TEVAR 术后出现 Ia 型内漏时,可用作补救处理的方法之一。

虽然 Castor 分支支架技术被广泛应用于治疗近端锚定区不足 (<15 mm) 进而需要重建 LSA 的主动脉弓病变,但在其应用指征中也可以联合开窗技术、复合技术、潜望镜技术、烟囱技术等将分支支架植入 LCCA。LCCA 常用的重建包括传统的开胸手术、复合手术、烟囱技术、开窗技术。然而,这些技术在临床应用中都有一些不令人满意的方面。传统的开胸手术技术难度大,创伤大,并发症的发生率高^[11],病死率和中枢神经系统事件的发生率分别为 29% 和 18%^[12-13]。复合手术(颈-锁转流、颈-颈转流等)仍然属于一种开放手术。研究^[14]表明,颈-锁旁转流组比全腔内治疗组在重症监护室(ICU)停留时间更长,病死率更高。复合手术围手术期死亡发生率和中枢神经系统事件的发生率分别达到 11.9% 和 7.6%^[15]。目前无法证明复合技术对比传统开胸手术在围术期病死率及并发症方面有显著优势^[16]。开窗技术和烟囱

技术在近年来也被应用于累及 LCCA 的主动脉病变的治疗。开窗技术是按 SAB 开口在主动脉上的位置,分别在支架上开不同的窗口,以让血液通过窗口进行流动,从而保证人体的血液畅通。开窗技术的优势包括创伤较小、内漏发生率低、分支支架狭窄闭塞的发生率低、能够更好地保留原本的血流动力学特点等^[17]。然而开窗以及后续的球囊扩张都会破坏主动脉支架覆膜本身的完整性。体外研究^[18-19]发现,在切割球囊的扩张过程中会增加大支架覆膜撕裂以及覆膜碎片形成的概率,从而增加术中卒中和远期支架稳定性下降的风险。烟囱技术则可以在使用支架隔绝主动脉病变的同时,用小支架重建 LCCA 的血运,其可行性强、技术要求简单。然而在烟囱支架植入后,在烟囱支架、主动脉支架以及主动脉壁之间会产生缝隙,从而容易发生内漏^[20]。在接受烟囱技术的患者中,主要问题是 Ia 型内漏的发生率,在单/双烟囱技术中 Ia 型内漏发生率为 13%,在三烟囱修补技术中 Ia 型内漏发生率为 42%^[21-22]。因此,分支支架技术被认为是目前腔内治疗主动脉弓部疾病的理想手段^[23]。

Castor 分支型支架重建 LCCA 的手术要素是:术前要对主动脉病变,双侧颈动脉、锁骨下动脉、椎动脉和 Willis 环进行充分评估。TEVAR 术中运用 Castor 单分支支架重建 LCCA 的患者应满足以下解剖学标准:(1) 夹层或动脉瘤累及主动脉弓 Z2 区;(2) 近端锚定区距离 LCCA 开口远心端 <15 mm;(3) 无主动脉分支起源异常;(4) 左椎动脉为非优势动脉,且为非迷走左椎动脉;(5) 右侧椎动脉、双侧颈动脉无明显狭窄;(6) 颅内前后交通支通畅。而存在以下情况的患者则不应被列为候选者:(1) 股动脉及髂动脉直径过小 (<7.5 mm) 或钙化明显,难以允许 Castor 支架通过;(2) 合并马方综合征、大动脉炎等自身免疫性疾病;(3) 严重心肺疾病或肾功能

受损无法耐受全身麻醉。对于Stanford B型主动脉夹层, Castor单分支支架近端直径选择, 应根据近端锚定区主动脉内径采取0~5%的放大率(oversize)来定^[24]。一方面, 减少对主动脉壁的径向支撑力而造成的损伤, 减少逆撕的发生率^[25]。另一方面, 增强锚定力及密封性, 从而不会增加内漏和支架移位的风险。目前, 胸主动脉主体支架的最优放大率仍未被标准化。对于主动脉弓动脉瘤的放大率可放大至20%。主动脉内径从Z1区至胸降主动脉远端逐步减小, 且胸降主动脉远端锚定区仍是夹层病变区, 只能锚定在部分游离的内膜上, 因此要求远端支架的直径要匹配, 同样控制在0~5%的放大率, 以避免支架远端新发破口的风险^[26]。在本研究中使用均为长度200 mm的Castor主体支架, 锥度为6 mm, 5例患者中所使用的Castor支架主体远端直径最大为34 mm, 符合0~5%的放大率, 因此并未使用限制性支架。在术中分支导丝解缠绕是关键, 体外摆好位置, 血管内行进过程避免支架旋转, 多角度观察并解缠绕, 避免反复上下及旋转动作, 以免内膜损伤^[27]。

Castor支架作为一体式单分支支架应用于LCCA的血运重建, 具有:(1)手术创伤小, 避免开胸或复合手术;(2)操作简单;(3)有效拓展锚定区的同时可有效避免烟囱技术的内漏;(4)采用独特主体与分支一体化结构, 更具有生理性, 可有效避免开窗技术的长期稳定性风险, 并能降低支架远期移位风险等优势。

本研究中5例患者的LSA被有意覆盖, 术后未出现左上肢乏力、左上肢疼痛、左上肢苍白和发凉。随访期间, 5例患者也未出现新发左上肢缺血、新发脑卒中等不良事件。分析其原因, LSA主要向左上肢、肋颈干和左椎动脉供血, 研究^[28]证实, 颈总动脉血流可通过健康的“Willis环-左椎动脉-左上肢”这一代偿机制逆流供血, 使LSA覆盖后的左上肢血流得到补偿。一项Meta分析^[29]表明, 在Stanford B型主动脉夹层患者的TEVAR术中覆盖LSA不会显著增加神经系统并发症的风险。当近端锚定区<15 mm, 若满足以下条件:(1)优势或均衡的右椎动脉;(2)完整的Willis环;(3)直径≥3 mm且无严重狭窄的左椎动脉, 则LSA可以被选择性覆盖。在锚定区5~15 mm的情况下对LSA进行部分覆盖, 在锚定区<5 mm的情况下可以对LSA

完全覆盖^[30]。因此, 术前患者应在充分评估双侧颈动脉、锁骨下动脉、椎动脉和Willis环, 以及准确把握解剖学标准的前提下进行LSA的覆盖。

5例患者术后有1例出现脑卒中, 其余4例未出现任何临床不良事件, 5例患者术后复查主动脉重塑指标得到改善。脑卒中这一永久性神经系统并发症是TEVAR手术的常见并发症, 术后住院期间发生1例脑卒中, 分析其原因可能是支架放置过程中斑块和血栓脱落导致的, 而非覆盖LSA导致, 依据为该患者:(1)既往2016年缺血性脑卒中个人史;(2)2018年行TEVAR手术, LSA已被覆盖, 此次因发生I型内漏, 急诊来我院而再次手术治疗;(3)术前颈动脉彩超示: 双侧颈动脉内中膜不均匀性增厚伴斑块。

主动脉重塑指真腔增大、假腔血栓形成并机化吸收, 假腔缩小至消失, 是评估TEVAR术后手术效果的重要指标。为了评估术后患者的主动脉重塑情况, 笔者参考了最新的美国血管外科协会报告标准^[31], 测量主动脉重塑情况, 发现5例患者TEVAR术后6个月假腔/瘤腔内血栓形成。所有支架术均保持完全通畅, 无血栓形成和狭窄。

值得注意的是, 药物对于保证治疗的成功和良好预后至关重要。抗凝或抗血小板可能有利于长期通畅和良好的预后。在本研究中, 所有患者接受低分子量肝素(4 000 U, 1次/d)治疗5~7 d, 并口服氯吡格雷(75 mg/d)和阿司匹林(100 mg/d)至少6个月。作为回顾性研究, 本研究纳入病例较少, 而且没有按疾病分类进行比较, 也没有与当前应用的方法进行比较。因此, 还需要前瞻性的随机对照研究和更多的样本才能得到更严谨的数据。其次, 本研究随访时间较短, 后续笔者将继续加大样本量研究, 并进行长期有效随访, 以进一步评价Castor分支型支架重建LCCA的疗效。值得注意的是, 由于主动脉弓的解剖变异和病变的复杂性, 此类研究难以避免偏倚。

综上所述, Castor支架避免了开胸手术带来的创伤, 同时也可以避免因烟囱支架植入所带来的内漏, 避免开窗对位不良导致的内漏等问题, 其贴附性更好, 发生内漏的概率更小, 是未来主动脉弓腔内重建的标志性技术, 未来还需要更多的长期研究来评估这种创新的血管内手术的可行性和安全性。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明：孙文超参与研究选题与设计，论文初稿撰写，论文核修；刘涛参与手术实施，论文写作指导，支持性贡献；裴长安、孙波、曹广信参与手术实施，数据收集整理；张杰峰参与研究选题与设计，论文写作指导，对文章的知识性内容作批阅性审阅、指导，支持性贡献。

参考文献

- [1] Luo ZR, Zhang JX, Huang ZY, et al. Endovascular repair of aortic pathologies involving the aortic arch using castor stent-graft combined with in-vitro fenestration technology[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23(1): 107. doi: 10.1186/s12872-023-03138-6.
- [2] 舒畅, 何昊, 李全明, 等. 新型一体三分支支架系统用于主动脉弓部病变的FIM研究[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(6):824-831. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.06.003.
Shu C, He H, Li QM, et al. First-in-man study of a novel integrated supra-arch branched stentgraft system for aortic arch lesions[J]. China Journal of General Surgery, 2023, 32(6): 824-831. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2023.06.003.
- [3] 张宏鹏, 郭伟. 主动脉弓部病变的腔内治疗进展[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(12): 1415-1419. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.001.
Zhang HP, Guo W. Progress in endovascular treatment of aortic arch diseases[J]. China Journal of General Surgery, 2020, 29(12): 1415-1419. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.001.
- [4] 魏立春, 郑志勇, 苏奕明, 等. 个体化体外循环联合原位针刺开窗技术在主动脉弓部病变腔内修复术中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(12): 1435-1444. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.004.
Wei LC, Zheng ZY, Su YM, et al. Application of individualized extracorporeal circulation combined with in situ needle fenestration technique in endovascular repair of aortic arch lesions[J]. China Journal of General Surgery, 2020, 29(12):1435-1444. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.004.
- [5] Rizza A, Trimarchi G, Di Sibio S, et al. Preliminary outcomes of zone 2 thoracic endovascular aortic repair using Castor single-branched stent grafts: a single-center experience[J]. J Clin Med, 2023, 12(24):7593. doi:10.3390/jcm12247593.
- [6] 季海艳, 陆清声. 主动脉弓Castor单分支支架诞生记[J]. 张江科技评论, 2020, (2):54-56.
Ji HY, Lu QS. Birth of Castor single branch stent for aortic arch[J]. Zhangjiang Technology Review, 2020, (2):54-56.
- [7] Changulani M, Okonkwo U, Keswani T, et al. Outcome evaluation measures for wrist and hand: which one to choose?[J]. Int Orthop, 2008, 32(1):1-6. doi:10.1007/s00264-007-0368-z.
- [8] Dowrick AS, Gabbe BJ, Williamson OD, et al. Outcome instruments for the assessment of the upper extremity following trauma: a review[J]. Injury, 2005, 36(4): 468-476. doi: 10.1016/j.injury.2004.06.014.
- [9] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告2021概要[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(6):553-578. doi:10.3969/j.issn.1000-3614.2022.06.001.
The Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health. Report on cardiovascular health and diseases in China 2021: an updated summary[J]. Chinese Circulation Journal, 2022, 37(6):553-578. doi:10.3969/j.issn.1000-3614.2022.06.001.
- [10] Huang B, Jia H, Lai H, et al. Outcomes of thoracic endovascular aortic repair for penetrating aortic ulcers involving the left subclavian artery with the Castor single-branched stent graft[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2022, 62(2): ezac102. doi: 10.1093/ejcts/ezac102.
- [11] Sun L, Qi R, Chang Q, et al. Surgery for acute type A dissection with the tear in the descending aorta using a stented elephant trunk procedure[J]. Ann Thorac Surg, 2009, 87(4): 1177-1180. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.01.042.
- [12] Patel HJ, Nguyen C, Diener AC, et al. Open arch reconstruction in the endovascular era: analysis of 721 patients over 17 years[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 141(6): 1417-1423. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.02.020.
- [13] Hiraoka A, Chikazawa G, Tamura K, et al. Clinical outcomes of different approaches to aortic arch disease[J]. J Vasc Surg, 2015, 61(1):88-95. doi:10.1016/j.jvs.2014.06.121.
- [14] Xiang Y, Huang B, Zhao J, et al. The strategies and outcomes of left subclavian artery revascularization during thoracic endovascular repair for type B aortic dissection[J]. Sci Rep, 2018, 8(1):9289. doi:10.1038/s41598-018-27588-7.
- [15] Moulakakis KG, Mylonas SN, Markatis F, et al. A systematic review and meta-analysis of hybrid aortic arch replacement[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2013, 2(3):247-260. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.05.06.
- [16] Zhan Y, Kooperkamp H, Lofftus S, et al. Conventional open versus hybrid aortic arch repair: a meta-analysis of propensity-matched studies[J]. J Thorac Dis, 2021, 13(8):4714-4722. doi:10.21037/jtd-21-183.
- [17] Xiang Y, Qiu C, He Y, et al. A single center experience of in situ needle fenestration of supra-aortic branches during thoracic endovascular aortic repair[J]. Ann Vasc Surg, 2019, 61: 107-115. doi:10.1016/j.avsg.2019.03.016.

- [18] Riga CV, Bicknell CD, Basra M, et al. In vitro fenestration of aortic stent-grafts: implications of puncture methods for in situ fenestration durability[J]. *J Endovasc Ther*, 2013, 20(4): 536-543. doi:10.1583/12-4175.1.
- [19] Ruthrauff AA, King MW, Soulez G, et al. Effects of pulsatile fatigue on in situ antegrade fenestrated polyester stent grafts deployed in a patient-specific phantom model of juxtarenal aortic aneurysm[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2015, 26(10): 1551-1558. doi: 10.1016/j.jvir.2015.06.038.
- [20] Ohrlander T, Sonesson B, Ivancev K, et al. The chimney graft: a technique for preserving or rescuing aortic branch vessels in stent-graft sealing zones[J]. *J Endovasc Ther*, 2008, 15(4):427-432. doi: 10.1583/07-2315.1.
- [21] Wang T, Shu C, Li M, et al. Thoracic endovascular aortic repair with single/double chimney technique for aortic arch pathologies[J]. *J Endovasc Ther*, 2017, 24(3):383-393. doi:10.1177/1526602817698702.
- [22] Wang L, Huang Y, Guo D, et al. Application of triple-chimney technique using C-TAG and Viabahn or Excluder iliac extension in TEVAR treatment of aortic arch dilation diseases[J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(6):3783-3790. doi:10.21037/jtd.2018.06.105.
- [23] Czerny M, Schmidli J, Adler S, et al. Editor's choice-current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European association for cardio-thoracic surgery (EACTS) & the European society for vascular surgery (ESVS)[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2019, 57(2): 165-198. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.09.016.
- [24] Frohlich MM, Suh GY, Bondesson J, et al. Thoracic aortic geometry correlates with endograft bird-beaking severity[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 72(4):1196-1205. doi:10.1016/j.jvs.2019.11.045.
- [25] Liu L, Zhang S, Lu Q, et al. Impact of oversizing on the risk of retrograde dissection after TEVAR for acute and chronic type B dissection[J]. *J Endovasc Ther*, 2016, 23(4):620-625. doi:10.1177/1526602816647939.
- [26] Doberne JW, Sabe AA, Vekstein AM, et al. Stent graft-induced aortic wall injury: incidence, risk factors, and outcomes[J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 114(3): 684-692. doi: 10.1016/j.athoracsur.2022.01.028.
- [27] 裴长安, 胡潍青, 尚遂源, 等. Castor单分支支架治疗近端锚定区不足的Stanford B型主动脉夹层[J]. *中华普通外科杂志*, 37(10): 766-769. doi: 10.3760/cma.j.cn113855-20220223-00103.
- Pei CA, Hu WQ, Shang SY, et al. Castor single-branch stent in treating Stanford type B aortic dissection with insufficient anchorage zone[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 37(10): 766-769. doi: 10.3760/cma.j.cn113855-20220223-00103.
- [28] 吴鸿飞, 曾昭凡, 戚悠飞, 等. 体外开窗及开槽技术在主动脉弓部疾病TEVAR术的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2019, 28(12): 1449-1454. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.12.002.
- Wu HF, Zeng ZF, Qi YF, et al. Application of in-vitro fenestration and scallop techniques in TEVAR for aortic arch disease[J]. *China Journal of General Surgery*, 2019, 28(12):1449-1454. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.12.002.
- [29] Wang CT, Pozzoli A, von Segesser LK, et al. Management of left subclavian artery in type B aortic dissection treated with thoracic endovascular aorta repair[J]. *J Vasc Surg*, 2023, 77(5): 1553-1561. e2. doi:10.1016/j.jvs.2022.10.013.[PubMed]
- [30] Sun M, Wang Y, Zhou T, et al. Safety of left subclavian artery selective coverage without revascularization in thoracic endovascular aortic repair for type B aortic dissections[J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 29(2): 70-77. doi: 10.5761/atcs.oa.22-00146.
- [31] Lombardi JV, Hughes GC, Appoo JJ, et al. Society for Vascular Surgery (SVS) and Society of Thoracic Surgeons (STS) reporting standards for type B aortic dissections[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(3): 723-747. doi:10.1016/j.jvs.2019.11.013.

(本文编辑 熊杨)

本文引用格式: 孙文超, 刘涛, 裴长安, 等. Castor支架在主动脉弓病变中重建左颈总动脉的可行性和有效性研究[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(6):909-917. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.06.006
Cite this article as: Sun WC, Liu T, Pei CA, et al. Feasibility and efficacy of using Castor stent for reconstruction of the left common carotid artery in aortic arch lesions[J]. *Chin J Gen Surg*, 2024, 33(6): 909-917. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.06.006