



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.003

http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.003

Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(12):1426-1434.

· 专题研究 ·

支架自显影定位法体外开窗技术在主动脉弓部腔内修复术中的应用：附113例国际多中心病例回顾性分析

舒畅^{1,2,3}, 李鑫^{1,2}, 李全明^{1,2}, 何昊^{1,2}, 黎明^{1,2}, 王瞰^{1,2}, 杨晨紫^{1,2}, 王沫^{1,2}, 周海洋⁴,
José Fernando Teixeira⁵, Suko Adiarto⁶, Tao Fan⁶, Bogdan Cherpark⁷, Imaev Timur⁸,
Makhkamov Najmiddin⁹, Pavel Charnahlaz¹⁰, Giorgi Kheladze¹¹

(中南大学湘雅二医院 1. 血管外科 4. 麻醉科, 湖南长沙 410011; 2. 中南大学血管病研究所 湖南长沙 410011;
3. 国家心血管病中心 / 中国医学科学院阜外医院 血管外科中心, 北京 100037; 5. 葡萄牙波尔图圣·若昂医院, 葡萄牙波尔图;
6. 印度尼西亚哈拉潘基塔医院国家心血管中心, 印度尼西亚雅加达; 7. 乌克兰莫索夫国家心血管外科研究所, 乌克兰基辅;
8. 俄罗斯莫斯科国家心血管研究所, 俄罗斯莫斯科; 9. 乌兹别克斯坦共和国瓦西多夫外科专科中心, 乌兹别克斯坦塔什干;
10. 白俄罗斯明斯克第一城市诊所, 白俄罗斯明斯克; 11. 格鲁吉亚第比利斯国立大学, 格鲁吉亚第比利斯)

摘要

背景与目的：胸主动脉腔内修复术(TEVAR)已成为治疗降主动脉疾病的一线治疗方式。在治疗累及主动脉弓部疾病时，体外开窗(PMF)是目前常用于重建弓部分支动脉的技术之一。它是指在选择合适的主动脉覆膜支架后，根据弓上分支动脉的位置，在覆膜支架相应位置上除去覆膜，建立人造的“窗孔”，在将有窗孔的大动脉支架准确对位释放后再释放分支支架。本文介绍一种利用主动脉支架本身所携带的不透X线标志快速、准确地将窗孔与分支动脉开口对准的开窗方法—支架自显影定位PMF技术(S-F技术)，并通过总结利用该方法进行TEVAR的一组患者临床资料和手术以及随访数据，探讨利用S-F技术在主动脉弓部疾病腔内治疗中的技术特点和其应用价值。

方法：回顾性分析2015年12月—2020年6月利用S-F技术行TEVAR治疗的中国湖南中南大学湘雅二医院血管外科和其他7个国家的国家级血管外科中心共113例主动脉弓部疾病患者的基本数据、术中技术数据和术后随访数据。

结果：患者均根据S-F技术的操作标准流程进行的TEVAR，即时手术成功率为100%，共植入胸主动脉覆膜支架118枚，其中植入桥接支架35例。手术时间(62.9±17.4)min，X线操作时间(23.1±9.8)min，造影剂用量(81.2±22.5)mL。术中开窗对位准确率为98.2%。补救性植入烟囱支架1例(0.9%)，矫正后对位回准1例(0.9%)。开窗同时保留弓上三分支动脉2例(1.8%)，开窗同时保留左颈总动脉(LCCA)和左锁骨下动脉(LSA)6例(5.3%)，保留LSA 110例(97.3%)。术后1个月内无死亡病例，无严重并发症发生。术后1周复查发现I型内漏7例(6.2%)。随访时间中位时间24.5个月，死亡2例(1.8%)；术后分支动脉闭塞3例(2.7%)，分别发生在术后3个月(2例)和术后6个月(1例)。

结论：S-F技术为治疗累及主动脉弓部疾病重建弓上分支动脉提供了一种可供选择的方法，是全腔内重建主动脉弓部方法技术上的一项进步。

关键词

主动脉疾病；主动脉，胸；血管内操作；体外开窗

中图分类号：R654.3

基金项目：北京市科技计划基金资助项目(2017-BKJ04)；湖南省自然科学基金资助项目(2020JJ2054)。

收稿日期：2020-10-26；**修订日期：**2020-11-18。

作者简介：舒畅，中南大学湘雅二医院 / 中国医学科学院阜外医院主任医师，主要从事大动脉疾病腔内治疗，血管外科疾病临床与基础方面的研究。

通信作者：舒畅，Email: changshu01@yahoo.com；李鑫，Email: lixin1981@CSU.edu.cn

Application of self-radiopaque markers guiding physician-modified fenestration in aortic arch endovascular repair: an international multi-center retrospective analysis of 113 cases

SHU Chang^{1,2,3}, LI Xin^{1,2}, LI Quanming^{1,2}, HE Hao^{1,2}, LI Ming^{1,2}, WANG Tun^{1,2}, YANG Chenzi^{1,2}, WANG Mo^{1,2}, ZHOU Haiyang⁴, José Fernando Teixeira⁵, Suko Adiarto⁶, Tao Fan⁶, Bogdan Cherpark⁷, Imaev Timur⁸, Makhkamov Najmiddin⁹, Pavel Charnahlaz¹⁰, Giorgi Kheladze¹¹

(1. Department of Vascular Surgery 4. Department of Anesthesiology, the Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011 China; 2. The Institute of Vascular Diseases, Central South University, Changsha 410011 China; 3. State Key Laboratory of Cardiovascular Diseases/Center of Vascular Surgery, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China; 5. Hospital São João Porto Portugal; 6. National Cardiovascular Center Harapan Kita Hospital, Indonesia; 7. Amosov National Institute of Cardiovascular surgery, Ukraine; 8. National Cardiovascular Institute of Moscow, Russia; 9. Republican Specialized Center of Surgery named after academician V. Vakhidov, Uzbekistan; 10. Minsk 1st City Clinic, Belarus; 11. Tbilisi State Medical University, Georgia)

Abstract

Background and Aims: Thoracic endovascular aortic repair (TEVAR) has already become the “first-line” treatment for descending aorta pathologies. For lesions involving the aortic arch, physician modified fenestration (PMF) is one of the frequently used techniques for reconstruction of the branch arteries of the aortic arch at present, which refers that the artificial fenestrations are created by removing the membrane of the aortic stent-graft to correspond with the locations of branch arteries after selection of the proper aortic covered stent, and branch vessel stents are deployed through the fenestration-bearing stent in the large artery after it is accurately positioned. This article introduces a PMF method for fast and accurate positioning of the fenestrations corresponding to the branch vessels using the self-contained radiopaque markers of the aortic stent-graft—self-radiopaque marker guiding PMF (S-F PMF), and meanwhile to investigate the technical characteristics and clinical value of using S-F PMF in endovascular treatment of aortic arch pathologies by analyzing the clinical, surgical and follow-up data of a cohort of patients who underwent TEVAR with S-F PMF.

Methods: The general clinical information, intraoperative technical data and follow-up results of 113 patients with aortic arch diseases who underwent the TEVAR using S-F PMF in the Second Xiangya Hospital of Central South University in China's Hunan province and other state-level cardiovascular centers from 7 different countries during December 2015 to June 2020 were retrospectively analyzed.

Results: The standard S-F PMF TEVAR procedure was performed in all patients, and the instant success rate of the maneuver was 100%. A total of 118 aortic stent-grafts were implanted in these patients with bridging stents implanted in 35 cases. The operative time was (62.9±17.4) min, time for X-ray procedure was (23.1±9.8) min, the volume of contrast agent used was (81.2±22.5) mL. The accurate positioning rate of fenestration was 98.2%. A bailout stent-graft insertion was performed by chimney technique in one case (0.9%), and a malpositioned opening was successfully corrected in one case (0.9%). Two patients (1.8%) had successful fenestration for simultaneous preservation of the three supra-arch branch arteries, 6 patients (5.3%) had fenestration for simultaneous preservation of the left common carotid artery (LCCA) and the left subclavian artery (LSA), and the LAS was preserved in 110 patients (97.3%). There is no death and serious complications occurred within 30 d after TEVAR. Type I endoleak was noticed in 7 patients (6.2%). The median follow-up time was 24.5 months. death occurred in 2 patients (1.8%), and occlusion of the branch arteries occurred in 3 patients (2.7%) in postoperative 3 months (2 cases) and 6 months (1 case).

Conclusion: The S-F PMF is an alternative method for reconstruction of supra-arch branches in the treatment of lesion involving the aortic arch. It is a technical progress in methods of total endovascular reconstruction of aortic arch.

Key words Aortic Diseases; Aorta, Thoracic; Endovascular Procedures; Physician Modified Fenestration

CLC number: R654.3

胸主动脉腔内修复术(thoracic endovascular aortic repair, TEVAR)已成为治疗降主动脉疾病的一线治疗方式^[1]。近年来,随着腔内技术和器械的发展,如裙边支架的发明^[2]、烟囱技术和开窗技术的应用^[3-6],TEVAR的适应证从解剖位置上逐渐扩大到主动脉弓部^[7]。体外开窗(physician modified fenestration, PMF)是目前常用于重建主动脉弓部分支动脉的技术之一^[8-9]。它是指在选择合适的主动脉覆膜支架后,根据弓上分支动脉的位置,在覆膜支架相应位置上除去部分覆膜,建立人造的“窗孔”。在释放支架时将“窗孔”对准分支动脉开口,既隔绝主动脉病变又保持分支动脉的通畅。这一技术在我国从2016年以来被多个中心报道,且不仅仅用于主动脉弓部,也较多用于近肾动脉腹主动脉瘤和胸腹主动脉瘤的内脏动脉重建^[10-13]。但在应用PMF技术时常遇到窗孔与分支动脉开口对位不准的窘境。这将导致补救性的烟囱支架植入,增加了手术复杂程度和时间且有内漏机率增大的风险。本文介绍了一种可增大开窗对位准确率的体外开窗方法(self-radiopaque markers guiding fenestration PMF, S-F技术)。该方法充分利用主动脉覆膜支架上本身所携带的不透X线标志快速、准确的将窗孔与分支动脉开口对准。由于耗时少、准确率高、并发症少,这一方法将大大增加医生开窗时的舒适度。同样因简化了手术的操作复杂程度,进一步降低了老龄和多合并症患者的手术创伤、缩短了手术时间。这一技术由笔者本人在中国的两家中心大量应用和改进,并将其作为中国技术与中国国产医疗器械输出带到了葡萄牙、俄罗斯、乌克兰、白俄罗斯、格鲁吉亚,乌兹别克斯坦和印度尼西亚7个国家进行了7例患者的手术演示,且均为这7个国家的首例主动脉弓部体外开窗病例。这批海外的患者也得到了随访,且一并纳入本组研究中。

1 资料与方法

1.1 基本资料

回顾性分析2015年12月—2020年6月利用S-F

技术治疗的中国中南大学湘雅二医院血管外科和其他7个国家的共113例主动脉弓部疾病患者的基本数据、术中技术数据和术后随访数据。

1.2 临床资料与手术指征

本组数据收集的患者基本数据包括年龄、性别、合并症、临床表现、病变类型等。患者进行S-F技术TEVAR的手术指征为:(1)距离左锁骨下动脉(left subclavian artery, LSA)近端锚定区<15 mm且破口位于主动脉弓小弯侧或弓侧壁的主动脉夹层,主动脉穿透性溃疡,主动脉瘤和假性动脉瘤等;(2)经CTA或DSA评估左侧椎动脉明显优势或因行左侧乳内动脉冠脉搭桥手术(LIMA)因而需要保留LSA的患者;(3)LSA与左颈总动脉(left common carotid artery, LCCA)或无名动脉(innominate artery, IA)或共干的LCCA和IA(牛角弓, Bovine arch)距离<15 mm,则考虑对LCCA和/或IA进行开窗操作。

1.3 S-F技术TEVAR的手术方法

1.3.1 使用腔内器械材料 (1) Ankura 主动脉覆膜支架系统(先健科技,中国深圳),因其特有的不透X线标识位置关系可为开窗定位时提供良好的指导作用。(2) Express LD 球扩式裸支架(Boston Scientific Co., Marlborough, MA, USA)用于桥接主动脉与分支动脉开窗部位。或 Viabahn 覆膜支架(W.L. Gore & Associate, Flagstaff, AZ, USA)用于桥接主动脉与分支动脉开窗部位。(3) 椎动脉导管(C2)(Cordis Corporation, 14201 North West 60th Avenue Miami Lakes, Florida 33014, USA)用于帮助导丝通过窗孔进入分支动脉建立植入桥接支架的轨道。(4) 黄金标记猪尾导管(Cook Incorporated 750 Daniels Way Bloomington, IN 47404, USA)。(5) Lunderquist 超硬导丝(William Cook Europe, Bjaeverskov, Denmark)。(6) 普通0.035超滑导丝(泰尔茂株式会社, Hanoi city, Vietnam)。(7) Fluency Plus 自膨式覆膜支架(Angiomed GmbH & Co. Medizintechnik KG. Subsidiary of C. R. Bard, Inc, Wachhausstrabe 6, D-76227 Karlsruhe, Germany)用于补救烟囱支架植入。(8) 电烧笔(Bovie Medical Corporation,

5115 Ulmerton Road Clearwater, FL 33760, USA) 用于在覆膜支架膜上开窗。

1.3.2 手术过程 所有患者的麻醉方式为全身麻醉, 手术均在杂交手术室或 DSA 手术室完成。一侧股动脉切开暴露或穿刺后使用血管缝合器 (Abbott Vascular, Santa Rosa, CA, USA) 预置。欲保留的弓上分支动脉远端血管的准备 (如 LSA 则外展左上肢, 消毒肘部皮肤; LCCA 则消毒左颈部皮肤, 垫高肩部, 头部向右偏; IA 外展右上肢, 消毒肘部皮肤)。(1) 黄金标记猪尾导管置于升主动脉, 调节球管角度为左前斜位, 尽可能垂直于主动脉弓所在平面 (术前测量) 进行造影, 了解病变位置和测量大动脉锚定区长度、直径、LSA/LCCA/IA 直径。(2) 选择合适直径大动脉覆膜支架, 在体外部分释放出约 4~6 cm 左右, 用电烧笔在“∞”型不透 X 线标志后方合适位置进行开窗。开窗完毕后使用束缚带勒紧将释放出的部分支架回收入外鞘内。(3) 将大动脉支架沿超硬导丝送至预定位

置, 使“∞”不透 X 线标志在视野中成为“一”字, 同时可见不透 X 线的支架加强筋 (Ankura 支架独有) 位于主动脉弓大弯最外侧。释放大动脉支架。(4) 造影确认病变隔绝情况和分支动脉通畅情况, 如出现窗孔未对准分支动脉开口且无法矫正, 则通过穿刺远端动脉建立至升主动脉的导丝轨道, 使用烟囱技术将备用的 Fluency 或 Viabahn 覆膜支架在合适位置释放, 并使用球囊后扩张。(5) 如窗孔与分支动脉对位良好, 则沿超硬导丝送入单弯导管至主动脉支架内, 交换泥鳅导丝后通过支架窗孔超选进入 LSA/LCCA/IA, 建立导丝轨道, 也可穿刺腋动脉或左颈动脉逆行送入导丝通过窗孔进入主动脉支架内建立轨道。(6) 沿导丝送入 Express LD 球扩式裸支架或 Viabahn/Fluency 覆膜支架至分支动脉内合适位置释放。(7) 再次造影确定支架位置和分支动脉通畅情况。(8) 外科缝合入路动脉或使用缝合器缝合入路动脉, 加压包扎 (图 1)。

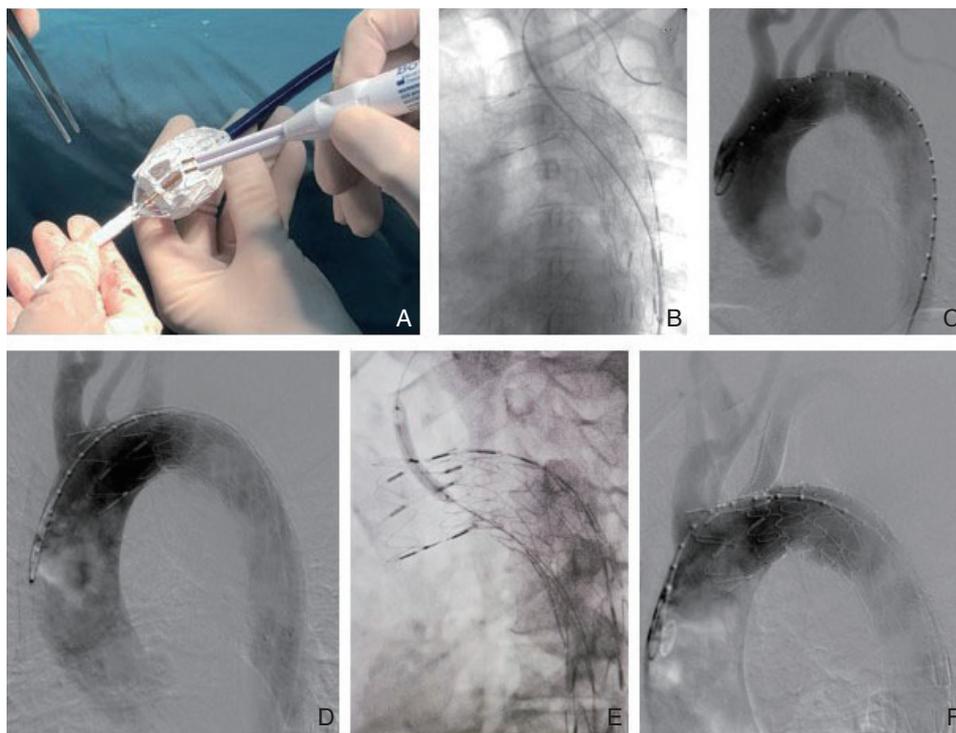


图 1 S-F 技术示例图 A: 部分释放支架后利用电烧笔在 Ankura 支架“∞”标志和加强筋指引下选择合适开窗位置开窗; B: 大支架释放后利用同一入路建立大支架到 LSA 的轨道, 导入桥接支架; C: 完成后的造影结果; D: LCCA 和 LSA 同时保留开窗后大支架释放完毕后造影, LCCA 和 LSA 保持通畅; E: 解剖颈动脉备用 (未使用), 股动脉入路建立大支架至 LCCA 轨道; F: LCCA 和 LSA 均完成桥接支架后的造影结果

Figure 1 Demonstrations of S-F PMF A: Making a “∞” marker using a surgical cauterity pen and selecting the suitable points for fenestration under guidance of strengthening strut; B: Creating the pathway from the large stent to LSA using the same approach after the deployment of the large stent, and then introducing the bridging stent; C: Radiography after completion; D: Radiography after the deployment of the large stent and fenestration for simultaneous preservation of both LCCA and LSA, and the LCCA and LSA remaining patent; E: Dissecting the carotid artery for immediate use (not used later), and creating the pathway from the large stent to LCCA via femoral approach; F: Radiography after bridging stent deployment in both LCCA and LSA

1.4 术中数据收集及术后随访方法

收集术中第1次造影至最后一次造影时间, 造影剂剂量, 记录术中所用支架的直径和长度。初期部分开窗后未植入桥接支架, 后期发现这可能存在远期分支动脉闭塞的风险。因此, 后期于开窗后常规置入桥接支架。根据情况给予患者术后抗血小板, 抗高血压和降心率药物。第1年内术后1个月内, 6、12个月分别进行门诊随访, 行CTA检查。之后每年进行1次门诊随访, 行CTA检查。

1.5 统计学处理

连续变量表示为均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 或中位数 (范围)。累积生存分析运用Kaplan-Meier法得出。统计分析和作图使用GraphPad Prism (8.0版本, GraphPad Software, San Diego, CA, USA)。

2 结果

2.1 纳入患者的一般资料

本研究共纳入8个国家113例患者。其中男96例 (85.0%), 女17例 (15.0%); 年龄 (57.5 ± 11.0) 岁。患者的合并症情况, 临床症状和主动脉病变类型详见表1。

表1 患者一般资料 [n (%)]

Table 1 The general data of the patients [n (%)]

资料	数值
合并症	
高血压	88 (77.9)
糖尿病	13 (11.5)
血脂异常	20 (17.7)
冠心病	14 (12.4)
慢性心衰	3 (2.7)
慢性阻塞性肺病	3 (2.7)
脑血管疾病	4 (3.5)
肾功能不全	5 (4.4)
临床表现	
胸/背痛	66 (58.4)
腹痛	12 (10.6)
无症状 (体检发现)	26 (23.0)
其他	9 (8.0)
主动脉病变类型	
夹层	53 (49.1)
动脉瘤	16 (14.2)
穿透性溃疡	37 (32.7)
假性动脉瘤	2 (1.8)
壁间血肿	4 (3.5)
TEVAR 术后内漏	1 (0.9)

2.2 患者手术相关数据及围手术情况

根据S-F技术的操作标准流程进行的TEVAR患者, 其手术成功率为100%, 体外开窗共植入胸主

动脉覆膜支架118枚。手术时间 (62.9 ± 17.4) min, X线操作时间 (23.1 ± 9.8) min, 造影剂用量 (81.2 ± 22.5) mL。术中开窗对位准确率为98.2%。补救性植入烟囱支架1例 (0.9%), 矫正后对位回准1例 (0.9%)。开窗同时保留弓上三分支动脉2例 (1.8%), 开窗同时保留LCCA和LSA 6例 (5.3%), 保留LSA 110例 (97.3%) (图2)。其中植入桥接支架35例, 未植入桥接支架77例。围手术期 (术后1个月内) 无死亡病例, 无严重并发症 (死亡、脑梗死、截瘫、夹层逆撕为A型) 发生。术后1周复查发现I型内漏7例 (6.2%)。术中资料以及围手术期数据详见表2。

2.3 随访结果

随访时间中位时间24.5个月, 死亡2例 (1.8%)。术后分支动脉闭塞3例 (2.7%), 分别发生在术后3个月 (2例) 和术后6个月 (1例)。分支动脉总体通畅率为97.3%。部分患者随访CTA结果见图2。分支动脉闭塞3例患者均为未植入桥接支架的患者, 与植入桥接支架组比较, 两组间差异无统计学意义 ($P=0.3372$) (图3)。

表2 手术相关数据和围手术期数据 [n (%)]

Table 2 The surgery-related variables and perioperative data [n (%)]

项目	数值
主动脉弓分支重建	
LSA	113 (100.0)
LCCA	7 (6.2)
IA	2 (1.8)
近端主动脉支架	
Ankura 支架	118 (100.0)
分支支架情况	
LSA	(无支架/裸支架/覆膜支架) 77 (68.1) / 28 (24.8) / 8 (7.1) ¹⁾
LCCA	(无支架/裸支架/覆膜支架) 109 (96.5) / 0 (0.0) / 4 (3.5)
IA	(无支架/裸支架/覆膜支架) 112 (99.1) / 0 (0.0) / 1 (0.9)
锚定区情况	
Z0	6 (5.3)
Z1	103 (91.2)
Z2	4 (3.5)
特殊解剖情况	
牛角弓	8 (7.1)
左椎动脉发自主动脉弓	6 (5.3)
迷走右锁骨下动脉	1 (0.9)
严重并发症 (手术 30 d 内)	0 (0.0)
早期内漏 (手术 30 d 内)	
I型	7 (6.2)

注: 1) 包含1枚补救性植入的烟囱支架

Note: 1) Containing a bailout chimney stent



图 2 部分患者随访 CTA 结果 A-C: LSA 体外开窗并植入桥接支架后的 6 个月和 1 年随访 CTA 结果; D-F: LCCA 和 LSA 体外开窗并植入桥接支架后的 6 个月和 1 年随访 CTA 结果; G-I: IA, LCCA 和 LSA 体外开窗并植入桥接支架后的 6 个月和 1 年随访 CTA 结果

Figure 2 Follow-up CTA data of some patients A-C: CTA images of the LSA on 6 months and 1 year after PMF and bridging stent placement; D-F: CTA images of the LCCA and LSA on 6 months and 1 year after PMF and bridging stent placement; G-I: CTA images of the IA, LCCA and LSA on 6 months and 1 year after PMF and bridging stent placement

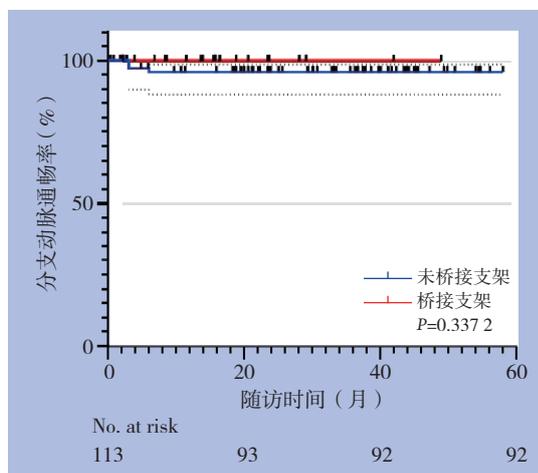


图 3 本组患者分支动脉通畅率曲线

Figure 3 The patency rate curves of this group of patients

3 讨论

TEVAR 技术因其微创、效果确切和并发症少等优势在治疗 Stanford B 型主动脉夹层中已成为一线治疗方法^[14]。近年来, 随着腔内技术和器械的发展, 血管外科医师越来越多的使用腔内的方法来治疗累及主动脉弓部 (Z1, Z2) 的

非 A 非 B 型夹层^[15]。而主动脉覆膜支架开窗技术 (fenestration) 和烟囱技术 (chimney) 是目前比较常用的重建弓上分支动脉的方法^[16]。通常需要根据患者具体情况和术者的熟悉程度来合理选择使用何种方法对弓上动脉进行重建^[17]。而体外 PMF 因其操作简便, 耗时较少且创伤更小而应用愈加广泛^[8-9, 18-20]。笔者从 2008 年开展第 1 例主动脉弓部体外三开窗^[21]成功后, 尝试摸索主动脉覆膜支架体外开窗方法, 逐渐日趋成熟。从 2015 年开始在中南大学湘雅二医院和中国医学科学院阜外医院两家血管外科中心进行 PMF 的临床工作。通过不断的积累和改进, 提高了 PMF 的准确率和操作效率同时降低了并发症的发生率。并将这一逐渐成熟的让医生和患者“舒适”的开窗技术 (S-F 技术) 推广至了 7 个国家, 成为这些国家的第 1 例此类手术。本文所纳入的患者数据为湘雅二医院和国外 7 家中心的病例。

3.1 提高窗孔对位准确率的方法

PMF 最重要的一环是将开窗孔对准分支动脉开口。本组患者使用国产 Ankura 支架, 该支架在设计上的特点赋予了可利用其不透 X 线标志作为

定位标记。支架覆膜部分与裸支架之间的“∞”标志与窗孔中轴线近端顶点的距离一般为前一支动脉与需要保留的分支动脉之间的距离。在X线垂直于主动脉弓平面，而支架输送系统未发生自体旋转时，“∞”标志应呈现为“一”字，可提供判断。同时，该款支架具有的“加强筋（strengthen strut）”也可在X线下清楚显影。窗孔的中轴线实则为该加强筋。当输送系统在扭曲旋转的主动脉弓内发生自旋转时，可通过此加强筋的位置改变表现出来^[8]，由此可预判窗孔对位的情况。当输送系统已发生自体旋转，在体内很难对其进行旋转调整。因此主动脉弓的中心轴线相对于其弓平面的偏移角度越大即扭曲度越大则窗孔对位出现偏差的可能性越大。为避免这一情况的发生，术前的评估十分重要。若主动脉弓扭曲度较大，预计其造成的支架旋转度较大时可考虑改为原位开窗技术或烟囱技术替代，而不一味的追求体外开窗完成手术。在病变位于主动脉弓小弯侧距离弓上分支动脉较远时，早期为了对位准确将窗孔开大。如LSA开口直径10 mm，将窗孔直径开到15 mm，这样即使因旋转导致对位不精确，亦可有部分窗孔对上LSA开口。为后期矫正赢得机会。后期，对位经验丰富后，为了减少通过窗孔的内漏量，窗孔面积可逐渐减小。此外，对主动脉弓的形态判断亦非常重要。遇到陡峭角度的主动脉弓，存在预期位置与实际释放位置出现偏差的机率时可将窗孔略为开大，保障对位的准确率。在普通病例的使用成熟后还可用于处理存在变异血管（如迷走锁骨下动脉）等情况的处理^[22-24]。

3.2 开窗对位不佳的矫正和补救方法

在输送系统进入导丝轨道进入主动脉弓时可能因为各种影响因素发生旋转，或在释放时因移位导致开窗孔与要保留的分支动脉开口对合不准，造影时分支动脉内未见顺向血流显影或显影延迟。此时，可采取矫正的方法如利用单弯导管配合导丝寻找残余的窗孔和分支动脉的重叠缝隙。一旦导丝通过缝隙联通分支动脉与大动脉后，送入球囊在桥接处逐级扩张可将窗孔位置逐渐调节到与分支动脉开口大部分对准。此时再植入桥接支架可从形态上获得满意的结果。导管导丝矫正的过程可以从主动脉支架内向分支动脉方向进行亦可由分支动脉远端入路向主动脉支架内的方向进行。

3.3 桥接支架的放置与否和要点

在本组患者中，早期仅进行了单纯体外开窗，强调开窗的准确性。但在后期随访中仍然存在一定的I型内漏和LSA闭塞的机率。在后期病例中，应用桥接支架后，单纯LSA开窗病例的内漏和LSA闭塞的机率是有显著降低的。此外，有些未完全对准的窗孔还可以通过置入桥接支架矫正窗孔的位置，使之分支动脉具有更长期的通畅率。本组患者植入桥接支架多使用Boston Science的Express LD球扩式裸支架，其输送系统直径较小，在窗孔处的通过性高，可直接沿导丝送至到位而无需先进行长鞘的置入。且具有球扩式支架释放位置准确性高的优点。桥接支架植入入路与大支架入路相同，在大支架内通过对准了的窗孔超选进入LSA建立轨道。这种方法耗时短，且无需再进行左侧肱动脉的穿刺置鞘，也减少了手术创伤。这亦是符合“舒适手术”的要求也是本方法的特点之一。关于桥接支架的位置和形态，Qiao等^[25]对开窗后植入桥接支架后的血流动力学进行了研究。发现桥接支架的位置和其主动脉内的长度和朝向等均为影响其通畅率的因素。在后期随访中要重点关注桥接支架是否存在塌陷闭塞和其周围是否发生血栓等情况。因此，桥接支架后仍建议常规给与抗血小板药物。本文对是否使用桥接支架的两组进行了比较，其分支动脉的通畅率未发现显著差异。但从形态学上，桥接支架较好的恢复了开窗处的生理状态。并能与大动脉支架共同构建更稳定的力学结构，从而有望获得长期的稳定性。而更多新的专用于桥接的新一代支架的研发有望提高分支血管的通畅率^[26-27]。

3.4 关于内漏的讨论

内漏一直是血管外科医师实施TEVAR时所关注的问题。尤其是在主动脉弓部进行分支动脉重建时，各种方法仍然都存在一定的内漏机率。Ahmad等^[28]在其Meta分析中报道烟囱技术TEVAR的总体内漏机率约为9.4%，这与笔者所在中心的烟囱技术内漏机率相接近^[3-4]。而有文献^[29-30]报道的原位开窗的方法内漏机率甚至更高。本组病例发生内漏者为7例，总体发生率为6.2%。其中，2例为同时保留IA，LCCA和LSA 3支的开窗，1例为同时保留LCCA和LSA 2支的开窗。在后期随访中，5例I型内漏在1年随访时消失，2例I型内漏在1年随访时仍然存在但明显减少，1年时的总体内漏发生率为1.8%。笔者注意到，支架开窗后的内

漏与普通TEVAR近端内漏存在一定差别,从窗口部位向支架覆膜外有少量造影剂进入,在病变充分封闭的前提下这种漏的流量和持续时间均非常有限,往往能在随访中消失,不必进行特殊处理。当然,当进行复杂病变的二分支开窗和三分支开窗时,持续和大量的内漏发生机率升高,为了降低此类内漏发生的机率,不仅需要器械上进行改进,如裙边支架等^[2],还需要根据患者病变特点和解剖特点合理选择分支重建方式。可不拘泥于仅仅使用一种方法进行操作。体外开窗结合原位开窗,开窗结合烟囱或Snorkel等技术,合理分配主动脉弓部的空间往往能够带来较为满意的效果。

所谓S-F技术,是在术者充分掌握病变特点和Ankura支架的“自身显影”特性后因地制宜的制定体外开窗的策略,并利用最少的人路植入桥接支架。这种最大程度的提高开窗准确程度并降低时间耗费的手术方式使得手术医师和患者均能获得舒适的体验。

总之,本文介绍了一种利用主动脉覆膜支架自身显影标志指导体外开窗的快速、舒适的方法。并对其在8个国家的多中心患者进行数据分析和随访。其术后随访时间内患者生存率和分支动脉通畅率令人满意。S-F技术为治疗累及主动脉弓部疾病重建弓上分支动脉提供了一种可供选择的方法。是全腔内重建主动脉弓部方法中技术上的进步。

参考文献

- [1] Nienaber CA, Kische S, Rousseau H, et al. Endovascular repair of type B aortic dissection: long-term results of the randomized investigation of stent grafts in aortic dissection trial[J]. *Circ Cardiovascular Interv*, 2013, 6(4):407–416. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.000463.
- [2] Fang K, Shu C, Luo M, et al. First-in-Human Implantation of Gutter-Free Design Chimney Stent Graft for Aortic Arch Pathology[J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110(2):664–669. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.03.016.
- [3] 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.
- [4] Wang T, Shu C, Li QM, et al. First experience with the double chimney technique in the treatment of aortic arch diseases[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 66(4):1018–1027. doi: 10.1016/j.jvs.2017.02.035.
- [5] Hurd JR, Tatum B, Grillo J, et al. Long-term durability of a physician-modified endovascular graft[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(2):628–634. doi: 10.1016/j.jvs.2019.04.471.
- [6] 舒畅, 罗明尧, 李全明, 等. “烟囱”技术在累及主动脉弓部血管的动脉夹层腔内修复术中的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2010, 19(12):1266–1270.
Shu C, Luo MY, Li QM, et al. Chimney grafts for endovascular repair of aortic dissection involving the aortic arch[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2010, 19(12):1266–1270.
- [7] Luo M, Fang K, Fan B, et al. Midterm Results of Retrograde In Situ Needle Fenestration During Thoracic Endovascular Aortic Repair of Aortic Arch Pathologies[J]. *J Endovasc Ther*, 2020. doi: 10.1177/1526602820953406. [Online ahead of print]
- [8] Li X, Li Q, Zhang W, et al. Early experience and technical aspects of physician-modified fenestration in thoracic endovascular aortic repair for aortic arch pathologies[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(2):300060519870903. doi: 10.1177/0300060519870903.
- [9] Zhu J, Zhao L, Dai X, et al. Fenestrated Thoracic Endovascular Aortic Repair Using Physician Modified Stent Grafts for Acute Type B Aortic Dissection with Unfavourable Landing Zone[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 55(2):170–176. doi: 10.1016/j.ejvs.2017.11.012.
- [10] 朱杰昌, 戴向晨, 罗宇东, 等. 体外开窗腔内主动脉修复术治疗胸腹主动脉病变的早期结果分析[J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(12):921–925. doi:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.12.009.
Zhu JC, Dai XC, Luo YD, et al. Early results of fenestrated endovascular aortic repair for the treatment of patients with thoracoabdominal pathologies[J]. *National Medical Journal of China*, 2018, 98(12):921–925. doi:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.12.009.
- [11] 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, Qiu YF, et al. Application of in-vitro fenestration and scallop techniques in TEVAR for aortic arch disease[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2019, 28(12):1449–1454. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.12.002.
- [12] 陆清声. 主动脉弓疾病腔内治疗体外开窗技巧[J]. *中国血管外科杂志: 电子版*, 2019, 11(2):83–85. doi:10.3969/j.issn.1674-7429.2019.02.002.
Lu QS. Skills for extracorporeal fenestration in endovascular treatment of aortic arch diseases[J]. *Chinese Journal of Vascular Surgery: Electronic Version*, 2019, 11(2):83–85. doi:10.3969/j.issn.1674-7429.2019.02.002.
- [13] 杨光敏, 麦合木提江·穆扎帕, 周敏, 等. Ankura覆膜支架预开窗治疗胸腹主动脉瘤的早期结果分析[J]. *中华血管外科杂志*, 2019,

- 4(4):232–237. doi:10.3760/cma.j.issn.2096–1863.2019.04.009.
- Yang GM, Mehmurtjan MZP, Zhou M, et al. Endovascular treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms using physician modified Ankura endo-grafts[J]. Chinese Journal of Vascular Surgery, 2019, 4(4):232–237. doi:10.3760/cma.j.issn.2096–1863.2019.04.009.
- [14] Yuan X, Mitsis A, Tang Y, et al. The IRAD and beyond: what have we unravelled so far?[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 67(1):146–153. doi: 10.1007/s11748–017–0817–6.
- [15] Czerny M, Schmidli J, Adler S, et al, EACTS/ESVS scientific document group. 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) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS)[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2019, 55(1):133–162. doi: 10.1093/ejcts/ezy313.
- [16] Zhang L, Wu MT, Zhu GL, et al. Off-the-Shelf Devices for Treatment of Thoracic Aortic Diseases: Midterm Follow-up of TEVAR With Chimneys or Physician-Made Fenestrations[J]. J Endovasc Ther, 2020, 27(1):132–142. doi: 10.1177/1526602819890107.
- [17] 罗明尧, 舒畅, 方坤, 等. “HENDO” 技术体系治疗主动脉弓部疾病[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(9):987–991. doi: 10.7507/1007–4848.202002088.
- Luo MY, Shu C, Fang K, et al. Aortic arch repair by "HENDO" technology clusters[J]. Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery, 2020, 27(9):987–991. doi: 10.7507/1007–4848.202002088.
- [18] Canaud L, Baba T, Gandet T, et al. Physician-Modified Thoracic Stent-Grafts for the Treatment of Aortic Arch Lesions[J]. J Endovasc Ther, 2017, 24(4):542–548. doi: 10.1177/1526602817714206.
- [19] Chassin-Trubert L, Mandelli M, Ozdemir BA, et al. Midterm Follow-up of Fenestrated and Scalloped Physician-Modified Endovascular Grafts for Zone 2 TEVAR[J]. J Endovasc Ther, 2020, 27(3):377–384. doi: 10.1177/1526602819881128.
- [20] Gandet T, Ozdemir BA, Trubert LC, et al. Physician-Modified Thoracic Stent Grafts for the Arch After Surgical Treatment of Type A Dissection[J]. Ann Thorac Surg, 2019, 108(2):491–498. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.02.026.
- [21] Tun Wang, Chang Shu, Ming Li, et al. In vitro Stent Graft Fenestration to Preserve All Supra-aortic Branches in the Treatment of a Stanford Type A Aortic Arch Dissection[J]. Chinese Medical Journal, 2017, 130(15):1878–1879. doi:10.4103/0366–6999.211544.
- [22] 王沫, 舒畅, 张惟常, 等. Stanford B型主动脉夹层合并迷走右锁骨下动脉的腔内治疗: 附16例报告[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(10):1234–1242. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2020.10.010.
- Wang M, Shu C, Zhang WC, et al. Endovascular therapy of Stanford type B aortic dissection combined with aberrant right subclavian artery: a report of 16 cases[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(10):1234–1242. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2020.10.010.
- [23] Yang C, Shu C, Li M, et al. Aberrant subclavian artery pathologies and Kommerell’s diverticulum: a review and analysis of published endovascular/hybrid treatment options[J]. J Endovasc Ther, 2012, 19(3):373–382. doi: 10.1583/11–3673MR.1.
- [24] Zhang WC, Li X, Cai WW, et al. Midterm outcomes of Endovascular repair for Stanford Type B aortic dissection with aberrant right subclavian artery[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30(9):1378–1385. doi: 10.1016/j.jvir.2019.02.001.
- [25] Qiao Y, Mao L, Zhu T, et al. Biomechanical implications of the fenestration structure after thoracic endovascular aortic repair[J]. J Biomech, 2020, 99:109478. doi: 10.1016/j.jbiomech.2019.109478.
- [26] Spear R, Sobocinski J, Hertault A, et al. One Year Outcomes of 101 BeGraft Stent Grafts used as Bridging Stents in Fenestrated Endovascular Repairs[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2018, 55(4):504–510. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.01.023.
- [27] Lindström D, Mani K, Lundberg G, et al. Bridging stent grafts in fenestrated and branched endovascular aortic repair: current practice and possible complications[J]. J Cardiovasc Surg (Torino), 2019, 60(4):476–484. doi: 10.23736/S0021–9509.19.10942–1.
- [28] Ahmad W, Mylonas S, Majd P, et al. A current systematic evaluation and meta-analysis of chimney graft technology in aortic arch diseases[J]. J Vasc Surg, 2017, 66(5):1602–1610. doi: 10.1016/j.jvs.2017.06.100.
- [29] Sonesson B, Dias N, Abdulrasak M, et al. Midterm results of laser generated in situ fenestration of the left subclavian artery during thoracic endovascular aneurysm repair[J]. J Vasc Surg, 2019, 69(6):1664–1669. doi: 10.1016/j.jvs.2018.09.052.
- [30] Yan D, Shi H, Qin J, et al. Outcomes of emergency in situ laser fenestration-assisted thoracic endovascular aortic repair in patients with acute Stanford type A aortic dissection unfit for open surgery[J]. J Vasc Surg, 2020, 71(5):1472–1479. doi: 10.1016/j.jvs.2019.08.233.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 舒畅, 李鑫, 李全明, 等. 支架自显影定位法体外开窗技术在主动脉弓部腔内修复术中的应用: 附113例国际多中心病例回顾性分析[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(12):1426–1434. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2020.12.003

Cite this article as: Shu C, Li X, Li QM, et al. Application of self-radiopaque markers guiding physician-modified fenestration in aortic arch endovascular repair: an international multi-center retrospective analysis of 113 cases[J]. Chin J Gen Surg, 2020, 29(12):1426–1434. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2020.12.003