



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.12.008  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2023.12.008  
China Journal of General Surgery, 2023, 32(12):1892-1900.

· 专题研究 ·

## 原位开窗与体外预开窗技术重建左锁骨下动脉治疗不良近端锚定区主动脉弓部病变的疗效分析

周保宁, 化召辉, 张帅, 马珂, 李震

(郑州大学第一附属医院 腔内血管外科, 河南 郑州 450052)

### 摘要

**背景与目的:** 目前, 开窗技术已被广泛应用于各种胸主动脉疾病的治疗。开窗技术可分为原位开窗与体外预开窗, 两者具有各自的特点和优缺点。本研究对比分析原位开窗与体外预开窗技术用于不良(短或不健康)近端锚定区主动脉弓部病变左锁骨下动脉(LSA)重建的早期及中期疗效, 并总结开窗方式的选择经验。

**方法:** 回顾性分析2019年3月—2022年3月郑州大学第一附属医院利用原位开窗或体外预开窗技术重建LSA治疗的215例主动脉弓部病变患者的临床资料。其中114例采用原位开窗(原位开窗组), 101例采用体外预开窗(体外预开窗组), 对比分析两组间技术成功率、围手术期及随访期不良事件发生情况及病死率等。

**结果:** 原位开窗组技术成功率为93.9%(开窗失败3例、Ia型内漏3例、入路血管损伤1例); 1例术后4d发生双侧多发急性脑梗死, 经保守治疗后患者恢复良好; 30d内主动脉相关死亡3例, 2例分别于术后10d和25d死于夹层累及内脏动脉导致的多器官功能衰竭, 1例术后2d死于腹主动脉夹层破裂。体外预开窗组技术成功率为94.1%(1例因支架移位LSA被覆盖、III型内漏3例、Ia型内漏2例); 1例术后1d发生右侧急性脑梗死, 经内科治疗后患者恢复良好; 无主动脉相关死亡。中位随访时间为原位开窗组26(10~46)个月、体外预开窗组19(10~44)个月。随访期间原位开窗组术后6个月发生分支支架闭塞1例、术后3个月Ia型内漏2例; 体外预开窗组术后3个月近端夹层动脉瘤形成1例、术后3个月Ia型内漏2例, 两组均未发生主动脉相关死亡。两组技术成功率、围术期及随访期不良事件发生率和病死率差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。

**结论:** 原位开窗与体外预开窗技术重建LSA治疗主动脉弓部病变均具有良好的安全性与有效性, 根据患者解剖条件及疾病情况进行个体化术式选择可提高技术成功率并减少并发症的发生。

### 关键词

主动脉疾病; 血管内操作; 锁骨下动脉; 开窗术

中图分类号: R654.3

**基金项目:** 河南省高等学校重点科研基金资助项目(22A320081)。

**收稿日期:** 2023-02-08; **修订日期:** 2023-06-01。

**作者简介:** 周保宁, 郑州大学第一附属医院硕士研究生, 主要从事血管外科基础与临床方面的研究。

**通信作者:** 李震, Email: lizhen1029@hotmail.com

# Efficacy of in situ fenestration versus in vitro pre-fenestration for reconstruction of left subclavian artery in the treatment of aortic arch lesions with unfavorable proximal landing zone

ZHOU Baoning, HUA Zhaohui, ZHANG Shuai, MA Ke, LI Zhen

(Department of Endovascular Surgery, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

## Abstract

**Background and Aims:** Currently, the fenestration technique has been widely applied in the treatment of various thoracic aortic diseases. Fenestration techniques can be categorized into in situ fenestration and in vitro pre-fenestration, each with its own characteristics, advantages and disadvantages. This study was conducted to compare and analyze the short- and mid-term efficacy of in situ fenestration and in vitro pre-fenestration techniques in the reconstruction of left subclavian artery (LSA) for aortic arch lesions with unfavorable proximal landing zone (either short or unhealthy), and also summarize the experience in selecting fenestration approaches.

**Methods:** The clinical data of 215 patients with aortic arch diseases treated with LSA reconstruction using in situ fenestration or in vitro pre-fenestration technique in the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University from March 2019 to March 2022 were retrospectively analyzed. Among them, 114 cases underwent in situ fenestration (in situ fenestration group), and 101 cases were treated with in vitro pre-fenestration (in vitro pre-fenestration group). The technical success rates, perioperative and follow-up adverse events, and mortality rates were compared between the two groups.

**Results:** The technical success rate in the in situ fenestration group was 93.9% (3 cases of fenestration failure, 3 cases of type Ia endoleak, and 1 case of access vessel injury); one patient developed bilateral multiple acute cerebral infarctions 4 d after operation, and the patient recovered well with conservative treatment; there were 3 aorta-related deaths within 30 d, with 2 deaths occurring on postoperative day 10 and day 25 due to visceral artery involvement causing multi-organ failure, and 1 death on postoperative day 2 due to rupture of the abdominal aorta dissection. The technical success rate in the in vitro pre-fenestration group was 94.1% (1 case of LSA coverage due to stent displacement, 3 cases of type III endoleak, 2 cases of type Ia endoleak); one patient experienced right-sided acute cerebral infarction 1 d after operation and recovered well with medical treatment; there were no aorta-related deaths in this group. The median follow-up time was 26 (10–46) months in the in situ fenestration group and 19 (10–44) months in the in vitro pre-fenestration group. During the follow-up period, branch stent occlusion occurred in 1 case at 6 months after operation and type Ia endoleak occurred in 2 cases at 3 months in the in situ fenestration group; 1 case developed proximal dissecting aneurysm at 3 months after operation and 2 cases developed type Ia endoleak at 3 months after operation in the in vitro pre-fenestration group. There were no aorta-related deaths in either group. There were no statistically significant differences in technical success rates, perioperative and follow-up adverse event rates, and mortality rates between the two groups (all  $P>0.05$ ).

**Conclusion:** Both in situ fenestration and in vitro pre-fenestration techniques for LSA reconstruction in the treatment of aortic arch diseases demonstrate good safety and efficacy. Individualized procedural selection based on patient anatomical conditions and disease characteristics can improve technical success rates and reduce complications.

## Key words

Aortic Diseases; Endovascular Procedures; Subclavian Artery; Fenestration

**CLC number:** R654.3

胸主动脉腔内修复术 (thoracic endovascular aortic repair, TEVAR) 是目前常用的一种治疗胸主动脉疾病的方法, 包括主动脉瘤、夹层、穿透性溃疡以及壁间血肿。有研究<sup>[1-2]</sup>表明, 与开放手术相比, 腔内介入可以显著降低围术期并发症发生率和病死率。据统计<sup>[3-4]</sup>, 超过40%的胸主动脉疾病患者病变接近或累及左锁骨下动脉 (left subclavian artery, LSA) 起始处, 导致支架近端锚定区不良。由于LSA对脊髓供血的重要性, 国外指南<sup>[5]</sup>建议当TEVAR手术需要覆盖LSA时, 重建LSA血流以降低发生脊髓缺血的风险。平行支架技术、开窗技术和分支支架技术等开发, 使得近端锚定区的延长和LSA的保留更加方便、安全<sup>[6-9]</sup>。开窗技术由于其安全性高、适用范围广等特点, 被广泛应用于各种胸主动脉疾病的治疗<sup>[10-12]</sup>, 但目前还在发展中。本研究旨在评估原位开窗和体外预开窗两种技术重建LSA治疗不良 (短或不健康) 近端锚定区主动脉弓部病变的早期及中期疗效差异, 总结其各自技术特点, 并探讨在不同情况下开窗方式的选择经验, 现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性收集2019年3月—2022年3月郑州大学第一附属医院采用原位开窗技术或体外预开窗技

术治疗不良近端锚定区主动脉弓病变的215例患者的临床资料, 根据开窗方式的不同分为原位开窗组114例和体外预开窗组101例。纳入标准: (1) 存在主动脉弓部病变行TEVAR的患者; (2) 主动脉弓部病变近端健康锚定区 $<15$  mm (包括胸主动脉夹层破口距离LSA开口 $>15$  mm, 但夹层逆撕至LSA根部的患者); (3) 采用激光原位开窗技术或体外预开窗技术重建LSA者。排除标准: (1) 病变累及升主动脉; (2) 使用去分支技术、平行支架技术或一体化分支支架技术重建LSA者; (3) 起源于主动脉弓的优势左椎动脉。本研究经郑州大学第一附属医院伦理委员会批准并严格遵守赫尔辛基宣言的伦理原则 (审批号: 2023-KY-0072-002)。

### 1.2 手术方法

**1.2.1 原位开窗** 经股动脉引入主动脉覆膜支架, 造影确认位置后释放, 覆盖LSA。经左侧肱动脉入路置入可调弯鞘配合激光光纤开窗成功后, 行小球囊预扩张, 再行递增性扩张破口至满意, 之后释放分支支架。最后造影确认支架位置良好, 无内漏。激光原位开窗技术参数如下: VELAS 30 半导体激光仪, 输出功率18 W, 光纤直径400  $\mu\text{m}$ , 激光工作模式为间断模式 (作用时间1 s, 间隔1 s, 共3次)。对于开窗口出现对位偏差的可能性越高的病例, 本中心倾向于选择原位开窗技术重建LSA (图1)。

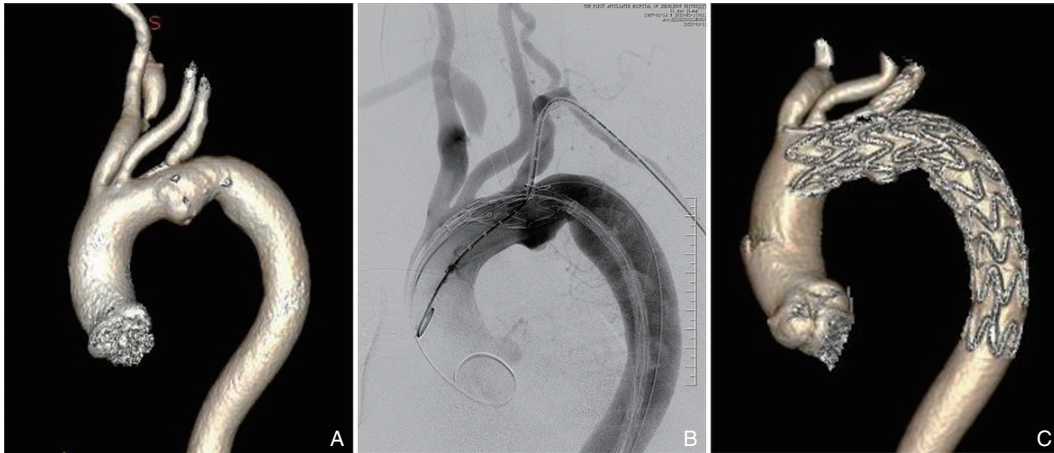


图1 原位开窗技术 A: CTA提示B型夹层病变距LSA开口较近; B: 利用原位开窗技术成功重建LSA; C: 术后半年复查主动脉CTA见支架形态良好, 血管通畅

**Figure 1** In situ fenestration technique A: CTA indicating a type B dissection with a relatively close distance to the opening of the LSA; B: Successful reconstruction of the LSA using in situ fenestration technique; C: Follow-up arterial CTA six months postoperatively showing a well-formed stent with clear vascular patency

**1.2.2 体外预开窗** 将胸主动脉覆膜支架于体外释放,根据术前CTA测量数据或3D打印模型标记LSA开窗位置及窗孔的大小,利用手术尖刀或电刀进行开窗,之后将去毛弹簧圈连续缝合于窗孔边缘进行加固并标记。最后将支架装回输送鞘内。经股动脉引入主体支架至主动脉弓,部分释放支

架露出开窗孔。造影确认支架位置良好后完全释放支架。引入球囊扩张开窗口至满意后,释放分支支架。最后造影示支架释放满意,无内漏。对于LSA起始角度 $<45^\circ$ 及主动脉III型弓,本中心优先选用体外预开窗技术重建LSA(图2)。



**图2 体外预开窗技术** A: CTA提示穿透性主动脉溃疡病变位于弓部小弯侧且LSA与主动脉夹角 $<45^\circ$ ; B: 采用体外开窗技术成功选入开窗口; C: 术后半年复查CTA,近端病变封闭良好,无内漏,分支支架通畅

**Figure 2 In vitro fenestration technique** A: CTA indicating a penetrating aortic ulcer located on the concavity of the aortic arch, with the angle between LSA and the aorta  $<45^\circ$ ; B: Successful selection of the fenestration site using in vitro fenestration technique; C: Follow-up arterial CTA six months postoperatively showing a well-closed proximal lesion without endoleak, with no endoleak, and unobstructed patency of the branch stent

### 1.3 随访方法及观察指标

分别于术后3、6、12个月及以后每年通过门诊或住院对患者进行随访,行CTA检查评估分支支架通畅性、缺血事件和主动脉相关并发症的发生率,如内漏、逆行A型主动脉夹层和支架引起的新的远端破口。观察指标包括技术成功率(被定义为完全隔绝弓部病变,LSA被成功重建,术中造影无I型或III型内漏发生)、并发症发生率、病死率。

### 1.4 统计学处理

采用SPSS 26.0对数据进行统计学分析。连续性变量以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,对比采用独立样本 $t$ 检验;分类变量以计数(百分比)[ $n$ (%)]表示,并采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确检验对组间差异进行分析。双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 患者一般资料

两组患者基线资料、合并症与吸烟史方面差

异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )(表1)。

### 2.2 围术期资料

使用的近端主体支架包括:Valiant(美国Medtronic公司)、Zenith(美国Cook公司)、Ankura(中国深圳先健公司)、TAG(美国Gore公司)、E-vita(德国JOTEC公司)、Hercules(中国上海微创公司)。使用的分支动脉支架在原位开窗组包括:Fluency Plus覆膜支架(美国Bard公司)109个,PalmaZ Blue裸支架(美国Cordis公司)5个;在体外预开窗组包括:Fluency Plus覆膜支架46个,Viabahn覆膜支架(美国Gore公司)3个,Express LD裸支架(美国Boston Scientific公司)1个,51例未放置分支支架。两组之间的LSA起始角度和主动脉弓形态均存在明显差异(均 $P<0.05$ )。这是由于LSA起始角度、主动脉弓形态是影响开窗方式选择的主要因素,当LSA起始角度 $<45^\circ$ 或主动脉III型弓时,优先选择体外开窗技术进行LSA的重建。因不同开窗方式适合选用的主体支架类型不同,导致两组之间的主体支架使用类型同样存在差异( $P<0.05$ )。原位开窗组技术成功率为93.9%,开窗

失败3例，均采用烟囱支架技术补救；术中发生即刻Ia型内漏3例，内漏量少均未做处理，术后3个月随访内漏消失；1例术后4d发生双侧多发急性脑梗死，经保守治疗后患者恢复良好；发生肱动脉部位血肿1例；30d内主动脉相关死亡3例，2例分别于术后10d和25d死于夹层累及内脏动脉导致的多器官功能衰竭，1例术后2d死于腹主动脉夹层破裂。体外预开窗组技术成功率为94.1%，1例因支架旋转导致LSA开口被覆盖，术中采用烟囱支架置入重建其血流，术中发生即刻内漏5例（III型内漏3例，Ia型内漏2例），1例III型内漏术中采用弹簧圈栓塞假腔后内漏消失，4例术中未处理，1例随访期仍存在III型内漏，二次手术利用弹簧圈填塞假腔后内漏消失，其余3例3个月后随访内漏消失；1例术后1d发生右侧急性脑梗死，经内科治疗后患者恢复良好；非主动脉疾病相关死亡1例（术后3d死于全身多发伤导致的失血性休克）。两组技术成功率及围术期主要并发症发生率差异无统计学意义（均 $P>0.05$ ），两组的住院时间

无明显差异（ $P>0.05$ ），但原位开窗组的手术费用高于体外预开窗组（ $P<0.05$ ）（表2）。

表1 患者一般资料

Table 1 General data of patients

资料	原位开窗 (n=114)	体外预开窗 (n=101)	$\chi^2/t$	P
男性[n(%)]	99(86.8)	90(89.1)	0.259	0.611
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	55.2 $\pm$ 12.7	54.7 $\pm$ 12.7	0.325	0.746
合并症[n(%)]				
高血压	91(79.8)	78(77.2)	0.215	0.643
血脂异常	29(25.4)	29(28.7)	0.291	0.589
冠心病	12(10.5)	13(12.9)	0.287	0.592
脑卒中	6(5.3)	8(7.9)	0.621	0.431
糖尿病	7(6.1)	8(7.9)	0.262	0.609
肾功能不全	2(1.8)	4(4.0)	0.961	0.327
心功能不全	5(4.4)	5(5.0)	0.038	0.844
吸烟史[n(%)]	47(41.2)	48(47.5)	0.861	0.353
诊断[n(%)]				
B型主动脉夹层	88(77.2)	70(69.3)		
胸主动脉瘤	16(14.0)	15(14.9)	3.068	0.381
穿透性溃疡	2(1.8)	5(5.0)		
主动脉壁间血肿	8(7.0)	11(10.9)		

表2 围手术期资料

Table 2 Perioperative data

资料	原位开窗(n=114)	体外预开窗(n=101)	$\chi^2/t$	P
手术技术成功[n(%)]	107(93.9)	95(94.1)	0.004	0.951
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$ )	130.0 $\pm$ 38.0	147.7 $\pm$ 64.5	2.213	0.028
锚定区主动脉直径(mm, $\bar{x} \pm s$ )	31.7 $\pm$ 3.7	31.1 $\pm$ 3.9	1.157	0.249
LSA起始角度[°, n(%)]				
<45	8(7.0)	19(18.8)		
$\geq$ 45	106(93.0)	82(81.2)	6.784	0.009
主动脉弓形态[n(%)]				
I	84(73.7)	65(61.3)		
II	24(21.1)	23(21.7)	6.533	0.038
III	6(5.3)	18(17)		
主体支架类型[n(%)]				
Ankura	27(23.7)	85(84.2)		
Valiant	43(37.7)	11(10.9)		
Zenith	3(2.6)	0(0.0)	84.782	<0.001
E-vita	10(8.8)	0(0.0)		
TAG	26(22.8)	1(1.0)		
Hercules	5(4.4)	4(4.0)		
开窗失败[n(%)]	3(2.6)	1(1.0)	0.790	0.370
并发症[n(%)]				
内漏	3(2.6)	5(5.0)	0.804	0.370
急性脑梗死	1(0.9)	1(1.0)	2.279	0.131
入路血管损伤	1(0.9)	0(0.0)	0.890	0.345
30d内死亡[n(%)]	3(2.6)	1(1.0)	0.887	0.375
住院时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	14.2 $\pm$ 7.5	15.2 $\pm$ 7.1	1.061	0.290
手术费用(万元, $\bar{x} \pm s$ )	16.807 $\pm$ 10.424	11.235 $\pm$ 3.447	5.129	<0.001

### 2.3 随访期结果

随访截至2023年1月,两组中位随访时间分别为原位开窗组26(10~46)个月、体外预开窗组19(10~44)个月。原位开窗组术后3个月新发少量Ia型内漏2例、术后6个月发生无症状分支支架闭塞1例。体外预开窗组术后3个月近端夹层动脉瘤形成1例、新发少量Ia型内漏2例、1例术后4个月死于肺源性心脏病导致的心力衰竭。随访期两组不良事件发生率及病死率差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。

## 3 讨论

开窗技术因其成功率高、并发症发生率低、适用范围广以及分支血管远期通畅性良好等特点而被广泛应用于LSA血运重建<sup>[5]</sup>。相较于去分支技术其避免了高风险、创伤大的开胸操作,需要的手术时间也更短<sup>[13]</sup>;也避免了烟囱支架技术的平行支架间形成的沟槽带来的内漏及神经系统并发症高风险,更符合正常弓部分支血管的解剖生理<sup>[14]</sup>。Zhang等<sup>[15]</sup>在2022年发表的纳入了28项研究的Meta分析表明,在现有的LSA重建技术中,单分支支架技术整体并发症发生率最低,开窗技术次之,但由于严格的解剖学限制使得单分支支架技术的广泛应用十分困难,开窗技术成为更常见的选择。原位开窗技术快速、安全、定位准确,但较为依赖LSA的解剖条件;体外开窗受LSA的解剖条件影响较小、开窗口大小及位置可控且成本较低,但需要精确的术前测量和安全可控的术中准确定位技术,在学习曲线的早期,容易发生定位不准确而导致LSA被意外覆盖,而且有不确切的感染及医疗安全风险。在笔者对原位开窗与体外预开窗两种技术的应用结果中显示,两种开窗方式均具有较高的技术成功率、较低的围术期病死率及并发症发生率,这与国内外现有报道结果类似<sup>[12, 16-17]</sup>。

根据患者具体情况选择合适的开窗方式是提高手术成功率及减少相关并发症发生的关键。在选择开窗方式时需要考虑的因素总结如下:(1) LSA与主动脉弓的解剖条件是影响对开窗方式选择的首要因素。原位开窗技术成功的关键在于确保激光光纤或者说鞘管头端稳定地抵至主体支架覆膜上,当LSA与主动脉弓的夹角过锐时鞘管头端很

难稳定抵在覆膜上,光纤抵至覆膜进行开窗时就容易产生偏移或滑脱,此时容易导致血管壁的损伤及开窗失败;当III型弓或LSA开口位于主动脉弓的侧壁时,容易出现LSA与主动脉弓的夹角过小的情况,此时会增加开窗的难度,在这些情况下,笔者中心优先选用体外预开窗技术重建LSA,因此在两组之间基线资料对比中,体外开窗组的LSA起始角度 $<45^\circ$ 及主动脉III型弓的比例明显高于原位开窗组。而当存在累及LSA的夹层、LSA存在狭窄或迂曲、LSA开口与左侧椎动脉距离过短时,可能会使原位开窗难度增加而导致手术复杂化,此时应谨慎选择<sup>[18]</sup>。开窗口与LSA开口准确对位是体外预开窗技术成功的关键。应用辅助3D打印、空间反转法、束径、支架自显影定位、开窗口预置导丝等技术可以提高窗口对位准确率<sup>[10, 19-22]</sup>。但对于主动脉或髂动脉存在曲折或严重钙化的患者,支架输送系统更容易发生自体旋转,开窗口出现对位偏差的可能性越高<sup>[20, 23]</sup>,在这些情况下笔者倾向于选择不受支架自体旋转限制、定位更准确的原位开窗技术。(2) 当病变如B型主动脉夹层破口或动脉瘤,位于主动脉弓的大弯侧,且靠近LSA开口时,由于球囊扩张可能导致主体支架覆膜撕裂,且分支支架与开窗口之间可能存在裂隙,原位开窗与体外预开窗技术均容易发生III型内漏,但由于原位开窗分支支架与开窗口贴合更为紧密,其更有可能防止III型内漏的发生<sup>[24]</sup>。在本研究中114例选用原位开窗的患者中无III型内漏的发生,而体外开窗组III型内漏发生率为3%。若选用体外预开窗是必要的,为避免内漏的发生,笔者中心采用开小窗结合缝制内嵌短分支的方式,即开窗口与LSA开口直径相等或稍小于1~2 mm,根据开窗口的直径选择合适直径的Viabahn(美国Gore公司),剪取长度15 mm的Viabahn支架并与开窗口行端侧吻合缝制于支架内侧,完成内嵌分支制作后将支架收回输送鞘<sup>[25]</sup>。这增加了体外开窗操作的难度和复杂程度,但可最大限度避免III型内漏的发生,多用于弓上双开窗及三开窗。(3) 当病变仅位于主动脉弓的小弯侧时,优先使用体外预开窗技术。体外预开窗技术难点在于将开窗口准确对位于LSA开口,当病变仅位于小弯侧时,可将窗口适当开大,降低对位难度的同时也无需担心III型内漏的风险<sup>[26]</sup>。(4) 频繁腔内操作导致弓部管壁斑块脱落是TEVAR术后发生脑梗死的常见原因<sup>[27]</sup>。

相较于体外预开窗,原位开窗技术在主体支架释放前的弓部操作较少。对于发生脑卒中风险较高的患者,如高龄、弓部管壁钙化严重、弓部溃疡斑块明显、存在脑梗死病史等,笔者倾向于选择原位开窗以降低发生脑梗死的可能。Glorion等<sup>[28]</sup>认为激光在破膜时的灼烧可能产生碎屑或血凝块导致栓塞,但在本研究中原位开窗组114例患者均未发生明显脑卒中,因此笔者认为激光原位开窗技术用于LSA重建是安全的。(5)当LSA与LCCA之间的最小距离 $<5$  mm时排除体外预开窗技术,以避免开窗口前端支架覆膜段过短,导致断裂或支架小波散发散式变形<sup>[29-30]</sup>,在这种情况下选择原位开窗技术可能更为合适。(6)体外开窗需要精细的术前测量及开窗设计,术中改造支架并回收同样耗费时间,对于复杂型主动脉夹层需要急诊处理的患者,或者病情复杂、不稳定、一般情况较差需要尽快完成手术的急症患者,优先选择原位开窗技术<sup>[10-11]</sup>。

在本研究中,原位开窗3例失败病例均是由于LSA起始于主动脉的角度过锐导致鞘管头端很难稳定抵在覆膜上,因而开窗失败;而体外开窗组1例失败病例是由于支架在体内的错误旋转导致窗孔对位失败,两组技术失败病例均与主体支架的类型无关。在本研究中,原位开窗组Ankura、Valiant及TAG三种支架应用比例均较高。Li等<sup>[31]</sup>的研究表明,Ankura及TAG支架均采用PTFE膜,在开窗时较易于穿刺、扩张,且扩张后的窗孔形状较接近圆形;而Valiant支架覆膜采用涤纶材料,扩张后的窗孔常为沿支架的横向撕裂孔;TAG支架在大直径球囊( $\geq 6$  mm)扩张后有时会出现裂隙样改变;Ankura用于原位开窗形成的窗孔质量最佳,不伴有纤维材料撕裂,目前已被广泛应用于原位开窗技术<sup>[27, 32]</sup>。同时Ankura支架具有较好的柔顺性,可有效避免鸟嘴现象,其裸支架曲率设计、大小弯侧非对称设计使支架形态更平顺,同时骨架由金属丝整体编织,体外开窗不会破坏支架整体性,也可避免覆膜支架短缩,体外释放支架后回装方便<sup>[33]</sup>,这些优点使得在本中心,Ankura支架成为体外开窗最常选用的支架。

本研究的不足之处在于单中心研究、样本量较小、随访时间短,受患者解剖条件、主观选择、经济因素及术者熟练度等因素影响存在选择性偏倚。不能排除学习曲线的影响,开窗失败及内漏

多发生于学习曲线的早期。对于两项技术的临床效果的对比还需要随访时间更长的大样本随机对照研究来检验。

原位开窗与体外预开窗技术重建LSA应用于TEVAR治疗主动脉弓部病变中均具有良好的安全性与有效性,短期随访结果均令人满意。两种技术各自技术特点不同,根据患者解剖条件及疾病情况进行个体化术式选择可提高手术成功率并减少并发症的发生。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:周保宁参与研究选题与设计,数据收集整理,数据统计分析,论文初稿撰写,论文核修;化召辉参与研究选题与设计,手术实施,论文写作指导,论文核修,行政、技术或材料支持,指导,支持性贡献;张帅、马珂参与手术实施,数据收集整理,数据统计分析;李震参与研究选题与设计,手术实施,论文写作指导,对文章的知识性内容作批阅性审阅,论文核修,行政、技术或材料支持,指导,支持性贡献。

#### 参考文献

- [1] Patterson B, Holt P, Nienaber C, et al. Aortic pathology determines midterm outcome after endovascular repair of the thoracic aorta: report from the Medtronic Thoracic Endovascular Registry (MOTHER) database[J]. *Circulation*, 2013, 127(1): 24-32. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.110056.
- [2] Stone DH, Brewster DC, Kwolek CJ, et al. Stent-graft versus open-surgical repair of the thoracic aorta: mid-term results[J]. *J Vasc Surg*, 2006, 44(6):1188-1197. doi: 10.1016/j.jvs.2006.08.005.
- [3] Feezor RJ, Martin TD, Hess PJ, et al. Risk factors for perioperative stroke during thoracic endovascular aortic repairs (TEVAR)[J]. *J Endovasc Ther*, 2007, 14(4): 568-573. doi: 10.1177/152660280701400420.
- [4] Mesar T, Alie-Cusson FS, Rathore A, et al. A more proximal landing zone is preferred for thoracic endovascular repair of acute type B aortic dissections[J]. *J Vasc Surg*, 2022, 75(1):38-46. doi: 10.1016/j.jvs.2021.06.036.
- [5] MacGillivray TE, Gleason TG, Patel HJ, et al. The Society of Thoracic Surgeons/American Association for Thoracic Surgery Clinical Practice Guidelines on the Management of Type B Aortic Dissection[J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(4): 1073-1092. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.11.002.
- [6] 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.
- [7] Tsilimparis N, Debus ES, von Kodolitsch Y, et al. Branched versus fenestrated endografts for endovascular repair of aortic arch lesions[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 64(3): 592-599. doi: 10.1016/j.jvs.2016.03.410.
- [8] 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.
- [9] Johnson CE, Zhang L, Magee GA, et al. Periscope sandwich stenting as an alternative to open cervical revascularization of left subclavian artery during zone 2 thoracic endovascular aortic repair[J]. *J Vasc Surg*, 2021, 73(2): 466-475. doi: 10.1016/j.jvs.2020.05.063.
- [10] Qin JB, Zhao Z, Wang RH, et al. In Situ Laser Fenestration Is a Feasible Method for Revascularization of Aortic Arch During Thoracic Endovascular Aortic Repair[J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(4):e004542. doi: 10.1161/JAHA.116.004542.
- [11] Redlinger RE Jr, Ahanchi SS, Panneton JM. In situ laser fenestration during emergent thoracic endovascular aortic repair is an effective method for left subclavian artery revascularization[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 58(5):1171-1177. doi: 10.1016/j.jvs.2013.04.045.
- [12] Sonesson B, Dias N, Resch T, et al. Laser generated in situ fenestrations in Dacron stent grafts[J]. *Eur J Vasc Endovascular Surg*, 2016, 51(4):499-503. doi: 10.1016/j.ejvs.2015.11.014.
- [13] Saouti N, Hindori V, Morshuis WJ, et al. Left subclavian artery revascularization as part of thoracic stent grafting[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2015, 47(1): 120-125. doi: 10.1093/ejcts/ezu130.
- [14] Ma XH, Wei L, Guo W, et al. Comparison of supra-arch in situ fenestration and chimney techniques for aortic dissection involving the left subclavian artery[J]. *Vascular*, 2019, 27(2): 153-160. doi: 10.1177/1708538118807013.
- [15] Zhang YC, Xie XS, Yuan Y, et al. Comparison of techniques for left subclavian artery preservation during thoracic endovascular aortic repair: a systematic review and single-arm meta-analysis of both endovascular and surgical revascularization[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9:991937. doi: 10.3389/fcvm.2022.991937.
- [16] Li X, Li W, Dai X, et al. Thoracic endovascular repair for aortic arch pathologies with surgeon modified fenestrated stent grafts: a multicentre retrospective study[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2021, 62(5):758-766. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.07.017.
- [17] Canonge J, Jayet J, Heim F, et al. Comprehensive review of physician modified aortic stent grafts: technical and clinical outcomes[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2021, 61(4):560-569. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.01.019.
- [18] Li C, Xu P, Hua ZH, et al. Early and midterm outcomes of in situ laser fenestration during thoracic endovascular aortic repair for acute and subacute aortic arch diseases and analysis of its complications[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 72(5): 1524-1533. doi: 10.1016/j.jvs.2020.01.072.
- [19] Zhu JC, Zhao LJ, Dai XC, 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.
- [20] 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.
- Shu C, Li X, Li QM, et al. Application of selfradiopaque markers guiding physician-modified fenestration in aortic arch endovascular repair: an international multi-center retrospective analysis of 113 cases[J]. *China Journal of General Surgery*, 2020, 29(12): 1426-1434. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.003.
- [21] 陆清声. 胸主动脉夹层腔内修复术体外预开窗的技术要领[J]. *中国血管外科杂志: 电子版*, 2022, 14(2):116-118. doi: 10.3969/j.issn.1674-7429.2022.02.006.
- Lu QS. Technical essentials of pre-opening window in vitro for endovascular repair of thoracic aortic dissection[J]. *Chinese Journal of Vascular Surgery: Electronic Version*, 2022, 14(2):116-118. doi: 10.3969/j.issn.1674-7429.2022.02.006.
- [22] Rynio P, Kazimierczak A, Jedrzejczak T, et al. A 3-dimensional printed aortic arch template to facilitate the creation of physician-modified stent-grafts[J]. *J Endovasc Ther*, 2018, 25(5): 554-558. doi: 10.1177/1526602818792266.
- [23] Kuo HS, Huang JH, Chen JS. Handmade stent graft fenestration to preserve left subclavian artery in thoracic endovascular aortic repair[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 56(3): 587-594. doi: 10.1093/ejcts/ezz049.
- [24] Shu C, Fan BW, Luo MY, et al. Endovascular treatment for aortic arch pathologies: chimney, on-the-table fenestration, and in-situ fenestration techniques[J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(4): 1437-1448. doi: 10.21037/jtd.2020.03.10.
- [25] Joseph G, Premkumar P, Thomson V, et al. Externalized Guidewires to Facilitate Fenestrated Endograft Deployment in the Aortic Arch[J]. *J Endovasc Ther*, 2016, 23(1): 160-171. doi: 10.1177/1526602815614557.
- [26] Luo MY, Fang K, Fan BW, et al. Midterm results of retrograde in situ needle fenestration during thoracic endovascular aortic repair



- of aortic arch pathologies[J]. J Endovasc Ther, 2021, 28(1):36-43. doi: 10.1177/1526602820953406.
- [27] 余钻标, 尹孝亮, 林作栋, 等. Ankura 主动脉覆膜支架原位开窗重建弓上分支的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2021, 30(12):1411-1417. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.12.004.
- Yu ZB, Yin XL, Lin ZD, et al. Application of in situ needle fenestration of Ankura aortic stent graft for revascularization of the supra-aortic branches[J]. China Journal of General Surgery, 2021, 30(12):1411-1417. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.12.004.
- [28] Glorion M, Coscas R, McWilliams RG, et al. A comprehensive review of in situ fenestration of aortic endografts[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2016, 52(6): 787-800. doi: 10.1016/j.ejvs.2016.10.001.
- [29] 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.
- [30] Canaud L, Morishita K, Gandet T, et al. Homemade fenestrated stent-graft for thoracic endovascular aortic repair of zone 2 aortic lesions[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 155(2): 488-493. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.07.045.
- [31] Li DL, Zeng QL, Xiang YL, et al. Experimental analysis of the quality of needle-assisted fenestration in aortic stent-grafts and the differences between gradual and rapid balloon dilation[J]. J Endovasc Ther, 2021, 28(1): 44-52. doi: 10.1177/1526602820947095.
- [32] 王洛波, 王兵, 杨彬, 等. 原位针刺开窗在保留左锁骨下动脉的胸主动脉腔内修复术中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2021, 30(12):1427-1433. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.12.006.
- Wang LB, Wang B, Yang B, et al. Application of in situ needle fenestration to preserve the left subclavian artery during thoracic endovascular aortic repair[J]. China Journal of General Surgery, 2021, 30(12): 1427-1433. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.12.006.
- [33] Zhang Y, Shen JY, Yang P, et al. Physician-modified endograft with triple inner branches for extensive aortic arch aneurysm[J]. J Endovasc Ther, 2022, 29(4): 623-626. doi: 10.1177/15266028211059439.

( 本文编辑 宋涛 )

**本文引用格式:**周保宁, 化召辉, 张帅, 等. 原位开窗与体外预开窗技术重建左锁骨下动脉治疗不良近端锚定区主动脉弓部病变的疗效分析[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(12):1892-1900. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.12.008

**Cite this article as:** Zhou BN, Hua ZH, Zhang S, et al. Efficacy of in situ fenestration versus in vitro pre-fenestration for reconstruction of left subclavian artery in the treatment of aortic arch lesions with unfavorable proximal landing zone[J]. Chin J Gen Surg, 2023, 32(12): 1892-1900. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.12.008

## 本刊2024年各期重点内容安排

本刊2024年各期重点内容安排如下, 欢迎赐稿。

- |     |              |      |                 |
|-----|--------------|------|-----------------|
| 第1期 | 肝脏肿瘤基础与临床研究  | 第7期  | 肝脏外科临床与实验研究     |
| 第2期 | 胆道肿瘤基础与临床研究  | 第8期  | 胆道外科临床与实验研究     |
| 第3期 | 胰腺肿瘤基础与临床研究  | 第9期  | 胰腺外科临床与实验研究     |
| 第4期 | 胃肠肿瘤基础与临床研究  | 第10期 | 疝和腹壁外科临床与实验研究   |
| 第5期 | 甲状腺肿瘤基础与临床研究 | 第11期 | 乳腺、甲状腺外科临床与实验研究 |
| 第6期 | 主动脉疾病基础与临床研究 | 第12期 | 血管外科临床与实验研究     |

中国普通外科杂志编辑部