

激光原位开窗胸主动脉腔内重建治疗累及弓部分支的主动脉夹层:近期结果及并发症

王瑞华, 仇鹏, 刘俊超, 吴小雨, 秦金保, 叶开创,
李维敏, 刘晓兵, 殷敏毅, 黄新天, 陆信武

(上海交通大学医学院附属第九人民医院血管外科 上海交通大学血管病诊治中心, 上海 200011)

[摘要] 目的:评价激光原位开窗腔内重建治疗累及弓部分支主动脉夹层的手术效果及其并发症。方法:回顾性分析 2018 年 12 月至 2020 年 12 月, 我院血管外科收治累及弓部主动脉夹层病人 181 例, 172 例接受激光原位开窗腔内修复技术治疗。纳入标准为夹层累及主动脉弓部, 腔内技术修复主动脉夹层过程需重建弓部分支血管。主动脉夹层病变范围距离冠状动脉开口 < 15 mm, 升主动脉直径 > 45 mm 的病人排除。结果:172 例病人行激光原位开窗及主动脉腔内修复术, 其中 37 例 (21.51%) 在急性期, 135 例 (78.49%) 在亚急性期。重建弓部分支血管技术成功率 95.93% (165/172)。院内死亡 6 例 (3.49%), 卒中 2 例 (1.16%), 截瘫 4 例 (2.33%), 近端支架源性夹层 2 例 (1.16%), 无远端支架源性夹层。随访 168 例 (97.67%)。共重建 311 个弓上分支血管。CT 血管造影随访 (10.6±5.4) 个月, 显示弓上分支血管通畅 295 个, 通畅率 94.86%。172 例中 152 例 (88.37%) 表现为胸主动脉段部分或全部假腔血栓形成。结论:应用激光原位开窗技术治疗累及主动脉弓部分支夹层成功率高, 并发症发生率低。远期临床效果尚需长期随访和大样本研究的验证。

关键词: 主动脉夹层; 腔内修复; 分支重建; 激光原位开窗; 并发症

中图分类号: R543.1 文献标志码: A 文章编号: 1007-9610(2022)04-0324-06

DOI: 10.16139/j.1007-9610.2022.04.010

Laser *in situ* fenestration with thoracic endovascular aortic repair in treatment of aortic dissection involving arch branches: short-term result and complications WANG Ruihua, QIU Peng, LIU Junchao, WU Xiaoyu, QIN Jinbao, YE Kaichuang, LI Weimin, LIU Xiaobing, YIN Minyi, HUANG Xintian, LU Xinwu. Department of Vascular Surgery, Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine; Vascular Center of Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200011, China

[Abstract] Objective To evaluate the surgical effect and complication of laser *in situ* fenestration with thoracic endovascular aortic repair (TEVAR) in the patients with aortic dissection involving arch branches. **Methods** From December 2018 to December 2020, 181 patients with aortic dissection involving arch branches admitted to our hospital were analyzed retrospectively among whom 172 patients had laser *in situ* fenestration with TEVAR. The inclusion criteria were dissection involved aortic arch and the process of TEVAR required reconstruction of the branched vessels in arch. Patients both with aortic dissection lesions less than 15 mm from the coronary ostium and the diameter of ascending aorta more than 45 mm were excluded. **Results** All cases underwent laser *in situ* fenestration with TEVAR including 37 cases (21.51%) in acute stage and 135 cases (78.49%) in subacute stage and 165 cases (95.93%) with success of reconstruction of branch vessels. In-hospital death occurred in 6 cases (3.49%), stroke in 2 cases (1.16%), paraplegia in 4 cases (2.33%), proximal stent-graft induced new entry (SINE) in 2 cases (1.16%), and without distal SINE. A total of 168 cases (97.67%) were followed-up. There were 311 branch vessels reconstructed. Follow-up CT angiography was done (10.6±5.4) months which showed that 295 branch vessels were patency with patency rate 94.86%. The partial or complete false lumen thrombosis of thoracic aorta was found in 152 cases (88.37%). **Conclusions** Laser *in situ* fenestration with TEVAR was performed with high success rate and low complication rate for the patients with aortic dissection involving arch branches.

Long-term follow-up and large sample studies are needed for long-term clinical effects.

Key words: Aortic dissection; Endovascular repair; Reconstruction of branched vessel; Laser *in situ* fenestration; Complication

主动脉夹层是常见的外科危急重症,具有发病快、病情复杂、死亡风险高等特点。由于解剖学及血流动力学因素,主动脉疾病好发于主动脉弓部及升主动脉。67%的主动脉夹层为 A 型夹层^[1-2]。在 B 型夹层中,16.5%的病人虽然夹层第一破口位于降主动脉,但存在病变部位逆向累及主动脉弓的情况^[3]。也有些病人原发破口在弓部,但病变范围并未累及升主动脉的夹层。一些学者将后两种情况称为“非 A 非 B”型夹层。由于近端主动脉特殊的解剖和血流动力学特征,累及弓部的主动脉疾病相比降主动脉,心脏、脑血管并发症发生率和死亡率更高^[2,4]。

累及弓部的主动脉疾病传统上采用开放主动脉弓替换手术,但其高死亡率(10%~30%)以及并发症如神经损伤(6%~23%)、肾功能损害(4%~8%)等使这类手术成为心血管领域较难攀越的高峰之一^[5-8]。近年来,主动脉腔内修复术(endovascular aortic repair, TEVAR)的应用和发展大大改善该疾病治疗状况,其微创、安全、有效等优点获得广泛认可,特别是对于 B 型夹层的治疗^[9-12]。对于累及弓部的主动脉夹层,采用近端锚定区延伸技术,即行 TEVAR 手术时同步重建弓上的分支血管,以确保上肢尤其是头颈部血液供应。目前 TEVAR 术中重建弓上分支的常用技术包括杂交去分支、体内外开窗、平行支架、分支支架等。通过这些方法,达到主动脉支架锚定于健康血管、充分覆盖病变的目的,并减少“鸟嘴”现象及近端支架源性新发夹层的风险^[13-18]。

本中心自 2018 年 12 月至 2020 年 12 月,共完成激光辅助原位开窗全腔内修复主动脉夹层病例 172 例。本文回顾性分析手术及随访资料,对于此项技术的技术要点及主要的并发症进行总结分析。

资料与方法

一、一般资料

收集 2018 年 12 月至 2020 年 12 月,本院血管外科连续收治的累及弓部的主动脉夹层病人 181 例。172 例接受激光原位开窗腔内修复技术治疗。其中男 92 例,女 80 例;平均年龄(56.31±14.02)(16~88)岁。合并高血压 107 例(62.21%)、糖

尿病 11 例(6.40%)、高脂血症 34 例(19.77%)、脑血管疾病 5 例(2.91%)、冠心病 26 例(15.12%)、肾功能不全 12 例(6.98%)、慢性阻塞性肺疾病 12 例(6.98%),有吸烟史 41 例(23.84%)。病人术前均签署知情同意书。

累及弓部主动脉夹层定义如下:经主动脉增强 CT 检查诊断为主动脉夹层,夹层范围累及主动脉弓部,腔内技术修复主动脉夹层过程需重建弓部分支血管。主动脉夹层病变范围距离冠状动脉开口<15 mm、升主动脉直径>45 mm 的病人排除在外。

内漏的分型如下: I 型内漏, I a 型为主动脉支架近端锚定部位内漏, I b 型为主动脉支架远端锚定部位内漏, I c 型为弓部分支支架远端锚定部位内漏; II 型内漏为主动脉支架覆盖部位主动脉分支反流导致的内漏; III 型内漏为主动脉支架/分支支架连接部位内漏; IV 型内漏为主动脉支架覆膜材料导致的膜漏。

卒中定义为局部或广泛的神经功能受损且持续时间>24 h,并经 CT 或 MRI 检查证实脑梗死。

二、术前准备

所有病人术前均行主动脉 CT 血管造影检查,明确主动脉夹层破口部位及病变累及范围,同时测量近端及远端主动脉直径,确定主动脉支架移植物的尺寸。近端主动脉覆膜支架直径的选择,依据近端锚定区血管的直径(直径放大率为 0~5%),近端锚定区距离病变近端≥2 cm。远端支架直径的选择,依据远端锚定区血管的直径(直径放大率为 0~10%)。如远端锚定区血管的真腔受压呈椭圆形,则取真腔长轴直径作为远端支架的直径。同时测量弓部分支血管的直径,分支支架的直径选择为锚定区的直径(直径放大率为 0~10%),分支支架长度通常为 4 cm。

三、手术过程

病人取平卧位,麻醉消毒后,于一侧股动脉以 Seldinger 技术穿刺股动脉,预置两把血管缝合器(Proglide, Abbott Vascular, USA),留置 8F 血管鞘(Terumo Corp., Tokyo, Japan)。导丝导管配合将 5F 标记猪尾导管(Cook Medical, Bloomington, IN, USA)引入升主动脉,途中多节段造影证实导管位于真腔。于左肘部切开皮肤显露左肱动脉,直视下穿刺

左肱动脉,引入 6F 短鞘后交换为 6F-55 cm 弯头长鞘(Cook, Medical),长鞘头端位于左锁骨下开口。经长鞘引入 5F 标记猪尾导管至升主动脉冠状动脉开口部位(同时为后续脑保护转流鞘植入定位),行数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)明确主动脉病变特征,与术前 CT 血管造影对照验证。

弓部 3 个分支激光开窗重建手术步骤:①建立脑部血管转流系统:取双侧颈部纵行切口,游离暴露颈总动脉,右颈总动脉近心端置入 16F 血管鞘(DrySeal Sheath; W.L. Gore Associates, Inc., AZ, USA),鞘管口位于升主动脉距离冠状动脉开口约 1.5 cm 处(猪尾导管标记部位),然后再于 16F 血管鞘内置入 8F 血管鞘(Terumo)。再向右侧颈总动脉远心端植入 6F 血管鞘(Terumo),左颈总动脉近心端置入 12F 血管鞘(DrySeal Sheath; W.L. Gore Associates, Inc., AZ, USA)到主动脉弓部,将血管鞘应用延长管连接(16F-12F, 8F-6F),建立脑血流灌注。②经股动脉置入远端主动脉支架,支架远端距腹腔干动脉开口 ≥ 2 cm。③经股动脉置入近端主动脉支架,将支架近端定位于主动脉病变近端超过 2 cm 部位,覆盖近端病灶,距冠状动脉开口 ≥ 2 cm。两个支架重叠部分 ≥ 4 cm。④对弓部三支血管进行激光原位开窗重建,通常先重建左颈总动脉,然后是无名动脉和左锁骨下动脉(left subclavian artery, LSA),具体方法如下:将 810 nm 激光光纤插入 4 mm \times 40 mm 球囊(Mustang, Boston Scientific)导丝腔中(头端露出球囊头端 0.5 cm),球囊尾部用 Y 阀固定。将球囊经血管鞘导入弓部分支血管开口处,光纤头端与主动脉支架覆膜接触后保持头端不动,以 14~18 W 能量激发(能量激发为脉冲模式,每秒 1 次,共 3 次)进行覆膜开窗。开窗完成后将球囊头端通过窗口进入主动脉支架腔内,撤出光纤,回抽有回血后引入 0.035 in(英寸)或 0.018 in 交换导丝至升主动脉,行球囊扩张扩大开窗部位。然后引入 5F 猪尾导管进入主动脉腔内并旋转。如猪尾导管能在主动脉覆膜支架部位自如旋转则证实开窗成功。然后引入 0.035 in 加硬交换导丝至升主动脉,依次导入直径更大球囊对开窗部位进行递进扩张,所用球囊最大直径小于拟植入分支支架直径 2 mm。然后根据术前测量结果引入相应分支支架(8~13.5 mm 覆膜支架,Fluency, FLUENCY[®] Plus; Bard Peripheral Vascular, Inc., Tempe, AZ, USA)至开窗部位释放,释放时支架打开一节回拉输送杆至第

一节支架,与主动脉支架接触后再完全释放,使分支支架突入主动脉支架内不超过 1 cm,然后予以与分支支架等直径的球囊对窗口进行后扩,使分支支架覆膜与主动脉支架覆膜紧密连接。如无名动脉直径超过 12 mm,目前市场上无适合的大覆膜支架,选取直径匹配的主动脉髂支血管(Talent[™], Medtronic, Minneapolis, MN, USA)改造到合适长度,植入无名动脉。修剪后的支架释放系统会有一些的气泡无法完全排空,释放过程可能发生气泡栓塞。因而在释放的过程中需从血管鞘内同步回抽约 50 mL 血液来避免气泡栓塞,支架释放完毕,排除空气后再将血液回输体内。

手术完成后进行主动脉及分支血管造影,确定有无内漏,分支血管的通畅情况和远端分支血管的灌注情况,近端和远端是否有新的夹层。记录手术时间、开窗次数及术中并发症等资料。

术中各个人路穿刺完成后,经静脉给予普通肝素行全身肝素化,并依据手术时间予以肝素维持。术中平均动脉压术中控制在 100 mmHg 以上,术后 5 d 控制在 90~100 mmHg。

技术上的成功定义为血管造影无可见的持续性内漏,所有上弓分支都通畅。病人出院前完成第一次主动脉 CT 血管造影检查,术后 3 个月、6 个月完成 CT 血管造影检查,此后每年 1 次。

四、统计学分析

基本资料以及主动脉形态学分型、手术相关信息、临床结果、并发症、随访等数据使用 SPSS 软件第 18 版(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)分析,正态分布资料以均数 \pm 标准差表示。

结 果

所有病人均在急性期(21.51%, 37/172)或亚急性期(78.49%, 135/172)接受激光原位开窗及 TEVAR 术。主动脉弓型 I 型 50 例(29.07%), II 型 39 例(22.67%), III 型 83 例(48.26%)。LSA 开窗 88 例(51.16%), LSA+左颈总动脉开窗 29 例(16.86%), LSA+左颈总动脉+无名动脉开窗 55 例(31.98%)。165 例(95.93%, 165/172)成功采用激光原位开窗技术全腔内修复主动脉夹层,重建弓部分支血管。3 例由于 LSA 起始段严重曲折,放弃 LSA 开窗;2 例因左颈总动脉开口于弓部侧后壁、2 例因 III 型主动脉弓中无名动脉开口与主动脉呈小锐角而开窗失败。7 例失败病例中 6 例发生于早期病

例。院内死亡率为 3.49%(6/172),2 例(1.16%)因急性心包填塞死亡,3 例(1.74%)为术后严重肺部感染死亡,1 例(0.58%)发生截瘫后脏器功能衰竭而死亡。卒中 2 例(1.16%),截瘫 4 例(2.33%),予以脑脊液引流/激素冲击等治疗后,2 例(1.16%)下肢肌力逐渐恢复,2 例(1.16%)未恢复。近端支架源性夹层(新发破口)2 例(1.16%),转心外科行开胸手术,无远端支架源性夹层。出院前所有生存病人均行 CT 血管造影复查。168 例得到随访,随访率为 97.67%,随访 CT 血管造影(10.6±5.4)个月显示弓上分支血管通畅 295 个(共 311 个分支血管重建),通畅率 94.86%(295/311)。152 例(88.37%)表现为胸主动脉段部分或全部假腔血栓形成。20 例(11.63%)随访期间假腔扩大,其中 12 例(7.00%)经造影证实为 LSA 动脉分支支架导致的 I c 型内漏,予以假腔内弹簧圈栓塞并延长支架,8 例(4.65%)证实为 I a 型内漏,行假腔弹簧圈栓塞。

讨 论

对于夹层范围累及主动脉弓部的病变,主要包括部分 A 型夹层和非 A 非 B 型夹层,进行主动脉夹层腔内修复重建时,需同步重建弓部分支血管,以保证头颈部及上肢的血液供应。目前可采用的技术有多种,杂交去分支技术不是真正的微创技术,腔内治疗前,需开放性手术行血管旁路手术,存在手术创伤大、并发症发生多等问题。杂交去分支技术死亡率高达 15%~20%,尤其在累及弓部病变的杂交手术中,卒中的发病率达 12%以上^[19-23]。平行支架技术是解剖外途径修复主动脉及分支血管,内漏发生率高达 16%以上^[24],目前通常在应急状态下使用^[25]。公司定制的分支支架技术^[26-30],存在定制周期长的问题,不适应急诊手术。且其主要是为治疗主动脉瘤而设计,在释放支架及重建分支动脉的过程中,要求比较大的操作空间。但主动脉夹层管腔受到假腔压迫,甚至小于正常主动脉内径。所以应用分支支架进行腔内修复手术时,操作时间长,手术成功率低,并发症发生增加^[1,31]。医师术中自行改造的体外预开窗或分支支架同样存在此类问题^[32-33]。

体内原位开窗不牵涉术中对位问题,主动脉支架植入后,可通过分支动脉逆向开通。经过一定的学习曲线后,临床医师可较快掌握此项技术。且在脑血管转流系统的保护下,可行主动脉弓所有分支

重建^[34-37]。相比于针刺器具开窗,激光光纤柔顺性好,对于弓部分支开口存在扭曲或弓型不良的病人,可采用弯头鞘、guiding 导管等协助光纤到位,提高成功率。本研究共 172 例采用此项技术行弓部分支血管重建,技术成功率 95.93%。失败病例主要发生在早期。中后期的病例在更换光纤贴膜方式、配合鞘管后仅有 1 例失败。本研究病例手术相关的并发症主要包括近端支架源性新发破口、内漏、卒中和截瘫等,其发生原因及预防措施分析如下。

原位开窗技术可将锚定区前移至主动脉正常区域,正常血管壁可减少支架引起的内膜损伤(近端新发破口)。然而锚定区的迁移可能导致支架锚定的部位位于或接近主动脉弓部弯曲的部位,更易出现支架近端“鸟嘴”现象,导致 I 型内漏,以及支架近端大弯侧应力部位相关新发内膜破口(近端新发破口)。本研究近端 I a 型内漏发生率不高,得益于考虑到主动脉弓解剖形态学的特点而将近端锚定区充分前移(至少超过病变部位 2 cm)。发生近端新发破口的 2 例病人,均发生于 LSA+左颈总动脉两开窗病人,主动脉支架近端裸区抵于大弯侧主动脉壁导致。避免此情况的发生,必要时需将锚定区进一步前移至升主动脉直段血管,避免大弯侧血管壁受到支架应力损伤。

为避免支架源性内膜损伤,支架的放大率也不宜过大。夹层发生后,主动脉管壁出现水肿,过大的放大率易导致锚定部位内膜损伤。弓部分支重建置入的支架可帮助固定主动脉支架,使其不易移位。主动脉夹层病变不同于主动脉瘤,支架释放后通常贴壁良好,支架后移风险及近端内漏风险均较动脉瘤低,因此近端锚定部位支架放大率可控制在 0~5%。远端锚定部位选择避免位于降主动脉迂曲的部位,特别是靠近膈肌处,远端锚定部位支架放大率为 0~10%,避免远端支架源性新发破口的发生。如近、远端锚定区直径相差很大,远端可应用合适的锥度限制性支架,以适应从升主动脉到远端降主动脉直径的缩短,减少远端支架源性新发破口的发生^[37]。随访发现无远端支架源性新发破口发生。其他研究表明,放大率超过 20%,则支架源性新发破口发生率增高^[38]。也有研究采用限制性裸支架预防远端支架源性新发破口的发生^[39-40]。

主动脉覆膜支架宜选择柔顺性好、回直力低的产品,以适应主动脉弓的解剖学特点。对于主动脉支架需锚定于升主动脉起始部的病例,应考虑支架输送系统橄榄头以及支架头端裸支架对主动脉瓣

膜的影响,宜选用短橄榄头的输送系统及头端裸支架短的产品,以减少支架置入后主动脉瓣膜功能不全及冠状动脉开口遮蔽等并发症的发生。本研究行弓部三分支重建的病例,近端支架均选择 C-TAG 支架。这种支架头端裸支架短,头端锚定于升主动脉,对于主动脉管壁损伤小。较短的裸支架不会影响主动脉瓣膜功能及冠状动脉开口。此款支架回直力很小,可减少“鸟嘴”现象的发生。本研究均未发生主动脉瓣及冠状动脉相关并发症。

弓部三分支重建时临时转流系统可提供脑部血供,减少脑灌注不良的发生,同时血压不易过低,平均动脉压控制在 100~120 mmHg。这样可保证术中脑部以及脊髓的供血,减少术中卒中和术后截瘫的发生。另外,支架输送系统释放的空气栓塞也是卒中的原因之一,因此输送系统导入前要充分冲洗内腔。修剪主动脉髂支、重建无名动脉的病人,支架释放过程中,从鞘管回抽 50 mL 血液,排出空气后再回输体内。本研究卒中病人 2 例。1 例考虑是扩大窗口时球囊破损导致气体栓塞,因此扩大窗口时应采用非顺应性高压球囊,以减少卒中发生。另 1 例为 LSA 开窗病人,主动脉支架遮盖部分左颈总动脉,导致灌注不足。本研究术后截瘫 4 例,与术中主动脉支架覆盖过长、既往主动脉手术史、术后血压过低等有关^[41]。尽可能重建弓上分支血管,平均动脉压控制在 100~120 mmHg,减少非必要主动脉支架覆盖长度,并行预防性脑脊液引流^[41-42]。

【参考文献】

- [1] Czerny M, Schmidli J, Adler S, et al. 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.
- [2] Pape LA, Awais M, Woznicki EM, et al. Presentation, diagnosis, and outcomes of acute aortic dissection: 17-year trends from the International Registry of Acute Aortic Dissection[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015,66(4):350-358.
- [3] Nauta FJ, Tolenaar JL, Patel HJ, et al. Impact of retrograde arch extension in acute type B aortic dissection on management and outcomes[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102(6):2036-2043.
- [4] Valentine RJ, Boll JM, Hocking KM, et al. Aortic arch involvement worsens the prognosis of type B aortic dissections[J]. *J Vasc Surg*, 2016,64(5):1212-1218.
- [5] Leone A, Beckmann E, Martens A, et al. Total aortic arch replacement with frozen elephant trunk technique: results from two European institutes[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020,159(4):1201-1211.
- [6] Tsai TT, Evangelista A, Nienaber CA, et al. Long-term survival in patients presenting with type A acute aortic dissection: insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD)[J]. *Circulation*, 2006,114 (1 Suppl):I350-I356.
- [7] Ma WG, Zhang W, Wang LF, et al. Type A aortic dissection with arch entry tear: surgical experience in 104 patients over a 12-year period[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016,151(6):1581-1592.
- [8] Sun L, Qi R, Zhu J, et al. Total arch replacement combined with stented elephant trunk implantation: a new "standard" therapy for type a dissection involving repair of the aortic arch?[J]. *Circulation*, 2011,123(9):971-978.
- [9] Nienaber CA, Rousseau H, Eggebrecht H, et al. Randomized comparison of strategies for type B aortic dissection: the INvestigation of STEnt Grafts in Aortic Dissection (INSTEAD) trial[J]. *Circulation*, 2009,120 (25):2519-2528.
- [10] 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 Cardiovasc Interv*, 2013,6(4):407-416.
- [11] 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.
- [12] Qin YL, Wang F, Li TX, et al. Endovascular repair compared with medical management of patients with uncomplicated type B acute aortic dissection[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016,67(24):2835-2842.
- [13] Wang L, Zhao Y, Zhang W, et al. Retrograde type A aortic dissection after thoracic endovascular aortic repair: incidence, time trends and risk factors[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2021,33(3):639-653.
- [14] Jing Z, Lu Q, Feng J, et al. Endovascular repair of aortic dissection involving the left subclavian artery by castor stent graft: a multicentre prospective trial[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2020,60(6):854-861.
- [15] 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.
- [16] Qin J, Zhao Z, Wang R, 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.

- [17] Zhao Z, Qin J, Yin M, et al. *In situ* laser stent graft fenestration of the left subclavian artery during thoracic endovascular repair of type B aortic dissection with limited proximal landing zones: 5-year outcomes[J]. *J Vasc Interv Radiol*,2020,31(8):1321-1327.
- [18] Li Y, Hu Z, Wang J, et al. Endovascular chimney technique for aortic arch pathologies treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Vasc Surg*,2018,47:305-315.
- [19] Sachs T, Pomposelli F, Hagberg R, et al. Open and endovascular repair of type B aortic dissection in the nationwide inpatient sample[J]. *J Vasc Surg*,2010,52(4):860-866.
- [20] Chikwe J, Cavallaro P, Itagaki S, et al. National outcomes in acute aortic dissection: influence of surgeon and institutional volume on operative mortality[J]. *Ann Thorac Surg*,2013,95(5):1563-1569.
- [21] Patel VI, Mukhopadhyay S, Ergul E, et al. Impact of hospital volume and type on outcomes of open and endovascular repair of descending thoracic aneurysms in the United States Medicare population[J]. *J Vasc Surg*,2013,58(2):346-354.
- [22] 张宏鹏, 郭伟, 刘小平, 等. 杂交技术治疗主动脉弓部病变的近远期结果 [J]. *中国普外基础与临床杂志*, 2011,18(10):1039-1042.
- [23] 国家心血管病专家委员会血管外科专业委员会. 杂交技术治疗累及弓部主动脉病变的中国专家共识[J]. *中国循环杂志*,2020,35(2):124-130.
- [24] Wilson A, Zhou S, Bachoo P, et al. Systematic review of chimney and periscope grafts for endovascular aneurysm repair[J]. *Br J Surg*,2013,100(12):1557-1564.
- [25] 舒畅, 王曦. 烟囱技术用于主动脉夹层腔内治疗的现状与思考[J]. *中华外科杂志*,2015,53(11):809-811.
- [26] Anthony Lee W. Status of branched grafts for thoracic aortic arch endovascular repair[J]. *Semin Vasc Surg*, 2016,29(1-2):84-89.
- [27] Rimbau V. Application of the bolton relay device for thoracic endografting in or near the aortic arch[J]. *Aorta (Stamford)*,2015,3(1):16-24.
- [28] Patel HJ, Dake MD, Bavaria JE, et al. Branched endovascular therapy of the distal aortic arch: preliminary results of the feasibility multicenter trial of the gore thoracic branch endoprosthesis[J]. *Ann Thorac Surg*,2016,102(4):1190-1198.
- [29] Yokoi Y, Azuma T, Yamazaki K. Advantage of a pre-curved fenestrated endograft for aortic arch disease: simplified arch aneurysm treatment in Japan 2010 and 2011 [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*,2013,145(3 Suppl):S103-S109.
- [30] Wang ZG, Li C. Single-branch endograft for treating Stanford type B aortic dissections with entry tears in proximity to the left subclavian artery[J]. *J Endovasc Ther*,2005,12(5):588-593.
- [31] Sobocinski J, d'Utra G, O'Brien N, et al. Off-the-shelf fenestrated endografts: a realistic option for more than 70% of patients with juxtarenal aneurysms[J]. *J Endovasc Ther*,2012,19(2):165-172.
- [32] Inoue K, Hosokawa H, Iwase T, et al. Aortic arch reconstruction by transluminally placed endovascular branched stent graft[J]. *Circulation*,1999,100(19 Suppl): II 316- II 321.
- [33] Maurel B, Mastracci TM, Spear R, et al. Branched and fenestrated options to treat aortic arch aneurysms[J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*,2016,57(5):686-697.
- [34] 刘晓兵, 陆信武. 激光原位开窗技术重建弓部分支的技术难点及评价[J]. *中国实用外科杂志*,2018,38(12):1373-1376.
- [35] Qin J, Zhao Z, Liu G, et al. *In situ* diode laser fenestration of aortic arch stent grafts during thoracic endovascular aortic repair of Stanford type A aortic dissection[J]. *EuroIntervention*,2019,14(18):e1854-e1860.
- [36] 张省, 秦金保, 李维敏, 等. 半导体激光原位开窗术在胸主动脉腔内修复术治疗主动脉弓部疾病中的应用价值[J]. *中华消化外科杂志*,2017,16(11):1118-1122.
- [37] Li F, Wu X, Zhang X, et al. Clinical outcomes of distal tapered restrictive covered stent applied in endovascular treatment of aortic dissection involving zone 0[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*,2021,61(3):413-421.
- [38] Canaud L, Gandet T, Sfeir J, et al. Risk factors for distal stent graft-induced new entry tear after endovascular repair of thoracic aortic dissection[J]. *J Vasc Surg*,2019,69(5):1610-1614.
- [39] Feng J, Lu Q, Zhao Z, et al. Restrictive bare stent for prevention of stent graft-induced distal redissection after thoracic endovascular aortic repair for type B aortic dissection[J]. *J Vasc Surg*,2013,57(2 Suppl):44S-52S.
- [40] Zhao Y, Yin H, Chen Y, et al. Restrictive bare stent prevents distal stent graft-induced new entry in endovascular repair of type B aortic dissection[J]. *J Vasc Surg*,2018,67(1):93-103.
- [41] 苏奕明, 魏立春, 侯培勇, 等. 脑脊液引流防治胸腹主动脉瘤腔内修复术后脊髓损伤疗效及安全性的系统评价和 Meta 分析[J]. *中国普通外科杂志*,2019,28(6):687-695.
- [42] Zhang Z, Zhou Y, Lin S, et al. Systematic review and meta-analysis of association of prophylactic cerebrospinal fluid drainage in preventing spinal cord ischemia after thoracic endovascular aortic repair[J]. *J Vasc Surg*,2022,75(4):1478-1489.

(收稿日期:2022-06-10)

(本文编辑:许华芳)