



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.001
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.001
Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(12):1415-1419.

· 述评 ·

主动脉弓部病变的腔内治疗进展

张宏鹏, 郭伟

(中国人民解放军总医院第一医学中心 血管外科, 北京 100853)



郭伟

摘要

主动脉弓部病变主要包括动脉瘤和夹层。传统开放手术需要开胸及体外循环, 创伤大、并发症发生率高, 因此高龄及高外科风险患者常常无法耐受手术。腔内技术以其微创、有效的优势, 已成为左锁骨下动脉以远胸降主动脉病变的首选治疗方法。但由于弓部病变具有邻近心脏、重要分支血管多、血流速度快等特点, 腔内治疗仍面临着巨大的挑战。目前应用于主动脉弓的腔内治疗技术很多是超适应证范围的, 远期疗效尚不明确。分支支架技术因其更符合人体的正常解剖结构及血流状态, 术中通常不需要进行脑保护措施, 因此是国内外学者研究的热点方向。

关键词

主动脉, 胸; 动脉瘤; 血管内操作; 支架

中图分类号: R654.3

Progress in endovascular treatment of aortic arch diseases

ZHANG Hongpeng, GUO Wei

(Department of Vascular Surgery, the First Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

Abstract

Aortic arch lesions mainly include aneurysm and dissection. Traditional open surgery requires thoracotomy and cardiopulmonary bypass, which is huge traumatic and has a high incidence of complications. Therefore, elderly patients or those with high surgical risks often cannot tolerate the operation. With its minimally invasive and effective advantages, the endovascular technique has become the first choice for the treatment of the descending thoracic aorta aneurysm or type B dissection. However, due to the characteristics of arch lesions near the heart, many important branch vessels, and fast blood flow, endovascular treatment still faces many challenges. At present, some endovascular treatment techniques applied to the aortic arch are off-label use and the long-term efficacy is not clear. The branched endovascular arch repair technique is more in line with the normal anatomical structure and blood flow state of the human body. It usually does not require brain protection measures. Therefore, it is a hot research direction of scholars at home and abroad.

Key words

Aorta, Thoracic; Aneurysm; Endovascular Procedures; Stents

CLC number: R654.3

基金项目: 首都卫生发展科研专项基金资助项目(首发 2020-2Z-5014); 国家重点研发计划基金资助项目(2020YFC1107700)。

收稿日期: 2020-11-20; 修订日期: 2020-12-05。

作者简介: 郭伟, 中国人民解放军总医院第一医学中心主任医师, 主要从事主动脉及外周动脉的诊断及治疗方面的研究。

通信作者: 郭伟, Email: pla301dml@vip.sina.com

在过去的20年里,胸主动脉腔内修复技术已经广泛用于治疗左锁骨下动脉开口以远的胸主动脉瘤、Stanford B型主动脉夹层、主动脉外伤等多种疾病,微创、快速、有效的优势已经促使其成为治疗的首选方法^[1]。但对于累及主动脉弓部的病变,由于涉及到头臂血管的重建,难度大、风险高,极大地制约了腔内技术的应用,传统开放手术仍是主要的治疗手段^[2-3]。但开放手术创伤大、并发症发生率高,尤其是高龄患者风险更高。因此,近年来,关于重建主动脉弓的腔内治疗技术是国内外学者研究的热点。多种类型的腔内治疗技术的应用,避免了开胸手术,进一步降低了手术的创伤,初步展现了在主动脉弓部病变治疗中的巨大优势。但目前很多腔内术式如平行支架技术、开窗技术等仍然是超适应症应用,缺乏远期评价结果和循证医学证据,临床上广泛应用有较大的局限性。研发新型的重建主动脉弓部的腔内治疗器械是未来的发展方向。

1 非分支支架腔内技术在主动脉弓部的应用

非分支支架腔内技术是指在应用现有的直筒型主动脉支架基础上完成分支血管的重建,常用的技术包括平行支架技术和开窗支架技术^[4]。平行支架技术包括烟囱技术、潜望镜技术等,是指在分支动脉内放置小支架,其近端或远端超过主动脉大支架的覆膜,从而实现分支血管的重建。平行支架技术具有操作简便,无需改制器材,不破坏主动脉支架的结构,术中减少对脑部血供影响小等优点。另外对于一些弓部解剖结构较为复杂的患者,如迷走右锁骨下动脉^[5]等,平行支架技术有一定的优势。小支架应用的种类比较多,有球扩式的裸支架和覆膜支架,自膨式的裸支架和覆膜支架以及联合覆膜支架和裸支架等,最常用的是单一或双分支^[6]平行支架,但三支均采用平行支架技术有较大的风险。平行支架远期的通畅率以及大小支架之间的缝隙引起的内漏是限制该技术广泛应用的主要问题^[7]。开窗支架技术是指在主动脉支架上应用各种方法开设“窗口”,再通过窗口放置小支架,从而保留分支动脉的血流。根据开窗的方式,可以分为体外开窗和体内原位开窗。体外开窗后如何将窗口准确地与分支血管对位是技术的难点,选用操控性较好的产品能提高手术的成功率^[8],窗口内预置导丝技术也能辅助支架的

定位^[9]。原位开窗可以应用针刺^[10]、激光^[11]、射频导管^[12]等,不同的方法有各自的特点。开窗技术与平行支架技术相比,操作难度较大,有血管损伤及窗口对位不良的风险,多支血管同时重建术中需要进行脑保护。相比平行支架技术的优势是没有大小支架间的缝隙引起的内漏风险。虽然目前有报道用于弓部的商业定制开窗支架^[13],但多数文献仍是术者台上开窗,因此窗口对于大支架造成的结构破坏是不可避免的,可能会影响远期支架的稳定性。由于主动脉弓部形态迂曲、分支血管开口形态多样、支架输送系统过弓后可控性差以及内漏等原因,平行支架技术和开窗技术目前仍未能大范围的开展,更多的是应用于血管解剖形态相对较好的主动脉夹层病变,而对于弓部真性动脉瘤仍存在较大的失败风险。

2 分支支架腔内技术在主动脉弓部的应用

随着腔内技术的不断创新与发展,分支支架技术因其符合血管解剖形态,术中通常不需要应用脑保护措施,分支接口部位内漏发生率低等优势,越来越受到大家的关注。而研发新型的分支支架器械是提高手术成功率的关键。近年来,国内外的学者在该方向上开展大量的研究工作,本文重点综述该部分内容。

2.1 单分支支架技术

单分支支架技术主要用于近端锚定区需要延伸至左颈总动脉开口,同时需要重建左锁骨下动脉的病变。目前国内外有多款产品处于不同的研发阶段,但适应症范围是基本类似的。2017年上海微创心脉公司的Castor分支支架获批上市,是国际上首款商业化上市的弓部分支支架产品。其产品特点是主体支架和分支支架的一体化设计,避免了接口处的内漏风险,独特的输送系统保证了支架释放的准确性和稳定性。一项前瞻、多中心、单组临床研究^[14]显示, Castor支架治疗主动脉夹层技术成功率为97% (71/73),内漏发生率为5% (4/73),随访分支通畅率为93% (63/68),1年病死率为5% (4/73),6年病死率为7% (5/73),均为非主动脉相关性死亡。该结果初步证实了Castor支架的有效性和安全性,未来更多上市后的临床研究将进一步证实其远期结果。

Medtronic公司的单分支支架系统(The Valiant Mona LSA stent graft)是在直筒型胸主动脉支架Valiant基础上,于预定的左锁骨下动脉开

口处开设一凸起的窗口,窗内有预置导丝,便于左锁骨下动脉内小支架的植入。2015年报道的在欧洲和美国进行的前瞻、多中心、单组上市前的临床研究共纳入了9例动脉瘤的患者,技术成功率为100%,无瘤体相关性死亡,2例II型内漏,2例内漏原因不明,4例在术后1个月内出现轻微的非致残性卒中^[15]。较高的卒中和内漏发生率影响了该产品的进一步研发,目前暂未见后续更大范围的临床研究结果报道。

W.L.Gore公司的单分支支架系统是在直筒型胸主动脉支架eTAG基础上研发的,不同于Valiant Mona LSA凸起的分支开口,该产品是内嵌式的单分支支架,用于重建左锁骨下动脉,另外结合外科旁路术也可以重建无名动脉。内嵌的分支支架内预置有1根导管,这样便于选择性进入分支动脉。2016年报道的上市前多中心临床研究^[16]结果显示,22例弓部动脉瘤患者技术成功率为100%,无30 d内死亡、卒中及截瘫发生,4例合并I型内漏,随访期间内漏均消失,6个月随访生存率为94.7%。目前该产品尚未上市销售。

Endospan公司的Nexus 主动脉弓部分支支架的设计较为独特,主体支架从无名动脉内释放,单分支用于保留无名动脉的血流,升主动脉支架从股动脉释放,结合血管旁路术重建弓部的其他分支。该产品也有双分支支架的设计。Nexus是非定制的,目前已经获得欧洲认证(CE marking)。2019年11月Daniel Clair教授在美国VIVA大会(Vascular Interventional Advances)首次发布该产品的临床研究结果:25例弓部动脉瘤患者纳入研究,技术成功率为100%。围手术期2例死亡,原因为心梗,2例发生小卒中,平均随访时间25个月,1例因卒中死亡,1例因近端逆撕A型夹层而中转升主动脉及全弓置换手术。

2.2 多分支支架技术

单分支支架仅能重建弓部单一分支血管,如果要重建其他分支,需要结合外科旁路或者平行及开窗技术。目前关于多分支血管支架的研究处于初步阶段,尚没有商业化上市的产品,但国内外多家机构正在致力于开展与推进多分支血管支架移植物的上市前临床研究,并取得了一定的成果,下面将这些类型的多分支血管支架的特点以及临床初步结果综述如下。

1999年日本的Inoue等^[17]第一次报道了其研发的分支支架在主动脉弓的应用结果。这款支架是由涤纶聚酯移植物构成,靠柔性镍钛环来强

化和保持伸展性。在支架的末端有袖口结构,来增强支架边缘与血管壁的密封性并可减轻支架边缘对血管壁的损伤。该支架主体和分支是一体式设计,在弓部定位后,通过体外抽拉导丝进行释放,分支支架预置的导丝通过抓捕器引入头臂动脉进行释放。该研究中14例患者为单分支支架,1例患者为三分支支架。11例瘤体完全血栓化,4例合并持续性内漏,1例术中输送系统回撤时造成右侧髂外动脉的破裂,1例主动脉支架出现严重的狭窄,1例合并足趾的微栓塞,1例出现卒中,2例在随访期间出现了死亡。尽管这样的结果并不理想,但在20年前还是引起广泛的关注。2017年该团队报道了更大范围、更长随访时间的临床研究结果^[18]。89例胸主动脉病变患者纳入研究,其中单分支64例,双分支18例,三分支7例。技术成功率100%,30 d病死率4.5%(单分支3.1%,双分支0,三分支29%),围手术期卒中发生率16%(单分支7.8%,双分支33%,三分支42%)。随访5年,3例患者因持续的I型内漏中转开放手术。综合以上结果,单分支支架的安全性和有效性得到证实,但多分支支架依然有较高的并发症率和病死率。该产品也曾开展多中心临床试验,由于较高的脑卒中率,导致临床试验的提前终止。主要原因还是和支架的设计有关,主体支架本身较为粗糙,其释放方式决定了其在弓部很难进行位置的调整,而且支架打开时对主动脉弓的摩擦较大,这些均可能造成卒中的发生。另外,手术操作步骤较为复杂,难以推广,因此此款分支支架一直处于研究过程中,并未走向市场,未来还有很大的改进空间。

Cook公司的内嵌式双分支^[19-20]或三分支支架^[21-22]是文献报道应用最多的一款产品。双分支支架采用了内嵌式设计,在主体支架的近端大弯侧错位设计了两个内嵌分支,分别用于重建无名动脉和左颈总动脉,左锁骨下动脉须结合其他方式重建或予以封堵。术中主体释放后,导丝从头臂动脉选入窗口进入内嵌分支,再放置覆膜小支架桥接头臂动脉和内嵌分支。与Inoue外分支支架相比,其内嵌式设计有效避免主动脉对分支的挤压,只要保证内嵌分支开口位于无名动脉近端释放主体即可保证颅脑的血供,留给术者较宽裕的操作时间,提高了手术的安全性。三分支支架与双分支支架的近端设计类似,远端又增加了一个反向的内嵌分支,从而可以重建左锁骨下动脉,实现弓部全部分支的腔内重建。2019年报道的应用Cook

内嵌分支支架治疗A型主动脉夹层的前瞻、多中心临床研究^[20]结果,共纳入70例患者,手术成功率94.3%,12例患者需要在围手术期行二次手术,随访期间有29例患者需要行二次手术。对于既往曾行升主动脉置换手术的A型夹层患者,术后出现相关并发症,这款支架也提供了新的治疗选择^[23]。文献结果显示71.2%的既往手术置换的人工血管可以作为分支支架的近端锚定区,只有部分人工血管长度较短、迂曲超过90°、直径超过38 mm的病变不适合。2019年Cook分支支架开始了多中心注册研究,研究结果将决定这款产品是否能够最终商业化上市。这款产品是需要根据患者的术前CTA数据进行定制的,但毫无疑问这样会使得急诊患者无法应用。2020年Bosse等^[24]总结文献数据发现3种产品型号就可以覆盖多数病变范围,为未来非定制化提供了基础。

Bolton公司研发的Relay双分支支架是另外一款报道较多的产品,目前在欧洲部分中心获得认证可以开展临床应用。与Cook双分支支架类似,也采用了内嵌技术。区别在于其内嵌的分支为平行排列,并将两个小窗口合并为一个大窗口并呈下沉凹槽状,这种设计使分支重建的操作更为简便。2019年发布的意大利TRIUMPH注册研究结果^[25]显示,24例弓部动脉瘤及夹层患者接受治疗,围手术期病死率为16.7%,卒中发生率为25%,2例出现近端的逆向撕裂。随访期间,无二次手术病例。荷兰的van der Weijde等^[26]回顾性研究了Relay双内嵌分支支架治疗主动脉弓部动脉瘤的结果,11例患者术后2例因卒中死亡,2例出现小卒中,1例出现截瘫。因此,卒中发生率较高仍是影响该技术进一步应用的主要不良事件。

为了降低卒中并发症,简化手术操作,解放军总医院与杭州唯强公司联合研发了新型的模块化内嵌支架用于重建主动脉弓。支架系统包括三部分:升主动脉内嵌支架、分支支架以及弓段支架。升主内嵌支架包括两个位于左前壁的内嵌分支,分别用于重建弓上的两个分支。第一段支架释放于升主动脉,因此对颅脑血供无任何影响,术者可以有足够的操作时间完成后续模块的植入,而且支架无需定制,可以应用于急诊的情况下。该款支架的早期临床结果较为满意^[27],未来需要开展进一步的多中心临床研究进行验证。

3 主动脉弓部腔内治疗技术的展望

主动脉弓部的腔内治疗以及经导管主动脉瓣

置入术的出现为我们提供了新的想象空间,是能够将腔内技术继续向近端推进,从而实现“腔内Bentall”术式。2020年Diego等^[28]在国际上报道了首例人体应用,具有里程碑的意义。国内长海医院团队也报道了这一术式的动物实验研究^[29],技术成功率为100%。腔内技术的不断快速发展,尤其新器械应用的推动,使得其适应证范围越来越广,也为患者带了新的治疗选择。

参考文献

- [1] Alfson DB, Ham SW. Type B Aortic Dissections: Current Guidelines for Treatment[J]. *Cardiol Clin*, 2017, 35(3):387-410. doi: 10.1016/j.ccl.2017.03.007.
- [2] Jakob H, Dohle D, Benedik J, et al. Long-term experience with the E-vita open hybrid graft in complex thoracic aortic disease[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 51(2):329-338. doi: 10.1093/ejcts/ezw340.
- [3] Kreibich M, Berger T, Morlock J, et al. The frozen elephant trunk technique for the treatment of acute complicated type B aortic dissection[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2018, 53(3):525-530. doi: 10.1093/ejcts/ezx281.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Shahverdyan R, Gawenda M, Brunkwall J. Triple-barrel graft as a novel strategy to preserve supra-aortic branches in arch-TEVAR procedures: clinical study and systematic review[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2013, 45(1):28-35. doi: 10.1016/j.ejvs.2012.09.023.
- [7] van Bakel TM, de Beaufort HW, Trimarchi S, et al. Status of branched endovascular aortic arch repair[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2018, 7(3):406-413. doi: 10.21037/acs.2018.03.13.
- [8] 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]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2019, 28(12):1449-1454. doi:10.7659/

- j.issn.1005-6947.2019.12.002.
- [9] Zhu J, Dai X, Noiniyom P, et al. Fenestrated Thoracic Endovascular Aortic Repair Using Physician-Modified Stent Grafts (PMSGs) in Zone 0 and Zone 1 for Aortic Arch Diseases[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2019, 42(1):19-27. doi: 10.1007/s00270-018-2079-9.
- [10] 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.
- [11] 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. doi: 10.1161/JAHA.116.004542.
- [12] Li HL, Chan YC, Jia HY, et al. Methods and clinical outcomes of in situ fenestration for aortic arch revascularization during thoracic endovascular aortic repair[J]. *Vascular*, 2020, 28(4):333-341. doi: 10.1177/1708538120902650.
- [13] Iwakoshi S, Ichihashi S, Itoh H, et al. Clinical outcomes of thoracic endovascular aneurysm repair using commercially available fenestrated stent graft (Najuta endograft)[J]. *J Vasc Surg*, 2015, 62(6):1473-1478. doi: 10.1016/j.jvs.2015.06.224.
- [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*, 60(6):854-861. doi: 10.1016/j.ejvs.2020.08.022.
- [15] Roselli EE, Arko FR 3rd, Thompson MM, et al. Valiant Mona LSA Trial Investigators. Results of the Valiant Mona LSA early feasibility study for descending thoracic aneurysms[J]. *J Vasc Surg*, 2015, 62(6):1465-1471. doi: 10.1016/j.jvs.2015.07.078.
- [16] 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. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.03.091.
- [17] Inoue K, Hosokawa H, Iwase T, et al. Aortic arch reconstruction by transluminally placed endovascular branched stent graft[J]. *Circulation*, 1999, 100(19 Suppl):II316-II321. doi: 10.1161/01.cir.100.suppl_2.ii-316.
- [18] Tazaki J, Inoue K, Higami H, et al. Thoracic endovascular aortic repair with branched Inoue Stent Graft for arch aortic aneurysms[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 66(5):1340-1348. doi: 10.1016/j.jvs.2017.03.432.
- [19] Tsilimparis N, Detter C, Law Y, et al. Single-center experience with an inner branched arch endograft[J]. *J Vasc Surg*, 2019, 69(4):977-985. doi: 10.1016/j.jvs.2018.07.076.
- [20] Verscheure D, Haulon S, Tsilimparis N, et al. Endovascular Treatment of Post Type A Chronic Aortic Arch Dissection With a Branched Endograft: Early Results From a Retrospective International Multicenter Study[J]. *Ann Surg*, 2019. doi: 10.1097/SLA.0000000000003310. [Online ahead of print]
- [21] Spear R, Clough RE, Fabre D, et al. Total Endovascular Treatment of Aortic Arch Disease Using an Arch Endograft With 3 Inner Branches[J]. *J Endovasc Ther*, 2017, 24(4):534-538. doi: 10.1177/1526602817714569.
- [22] Haulon S, Soler R, Watkins AC, et al. Endovascular arch replacement with an endoprosthesis with three inner branches[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2018, 7(3):431-433. doi: 10.21037/acs.2018.04.07.
- [23] Milne CP, Amako M, Spear R, et al. Inner-branched endografts for the treatment of aortic arch aneurysms after open ascending aortic replacement for type A dissection[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102(6):2028-2035. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.012.
- [24] Bosse C, Kölbel T, Mougin J, et al. Off-the-shelf multibranched endograft for total endovascular repair of the aortic arch [J]. *J Vasc Surg*. 2020;72(3):805-811. doi: 10.1016/j.jvs.2019.11.046.
- [25] Ferrer C, Cao P, Coscarella C, et al. Italian Registry of doUble inner branch stent graft for arch Pathology (the TRIUMPH Registry)[J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70(3):672-682. doi: 10.1016/j.jvs.2018.11.046.
- [26] van der Weijde E, Heijmen RH, van Schaik PM, et al. Total Endovascular Repair of the Aortic Arch: Initial Experience in the Netherlands[J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 109(6):1858-1863. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.09.009.
- [27] Guo W, Zhang H, Liu X, et al. Endovascular Repair of Aortic Arch Aneurysm with a New Modular Double Inner Branch Stent Graft[J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, S0890-5096(20)30468-4. doi: 10.1016/j.avsg.2020.05.053. [Online ahead of print]
- [28] Diego FG, Oscar B, Edilberto C, et al. First-in-Human Endo-Bentall Procedure for Simultaneous Treatment of the Ascending Aorta and Aortic Valve[J]. *J Am Coll Cardiol Case Rep*, 2020, 2(3):480-485. doi: 10.1016/j.jaccas.2019.11.071.
- [29] Li T, Bao X, Feng J, et al. Endovascular Reconstruction from Aortic Valve to Aortic Arch Using One-Piece Valved-Fenestrated Stent Graft with a Branch: A Proof-of-Concept Study[J]. *Heart Surg Forum*, 2019, 22(5):E380-E384. doi: 10.1532/hsf.2585.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 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

Cite this article as: Zhang HP, Guo W. Progress in endovascular treatment of aortic arch diseases[J]. *Chin J Gen Surg*, 2020, 29(12):1415-1419. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.12.001