

主动脉弓部病变的外科治疗现状

蔡宇宸 陈 鑫 王晓棣

摘 要 主动脉弓部病变的外科治疗复杂而具有挑战性。传统外科开放手术随着术中操作、手术器械、体外循环和脑保护、麻醉及围术期管理的改进,并发症发生率、病死率显著改善。全血管腔内修复技术的应用引发了另一场革命,杂交技术更是对上述两种技术的充分整合,开拓了新的治疗思路。本文分别对上述3种技术的方法、适应证和优缺点进行叙述,介绍主动脉弓部外科治疗的现状,并对未来主动脉弓部病变的外科治疗发展方向进行展望。

关键词 主动脉弓病变 外科治疗 全血管腔内修复技术 杂交技术

中图分类号 R654.3

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2021.08.037

病变累及主动脉弓的血管疾病,包括动脉瘤、夹层动脉瘤、假性动脉瘤、壁间血肿及溃疡等,归纳为主动脉弓部疾病。多种致病因素导致主动脉弓部疾病,如遗传性疾病(如马凡综合征等)、吸烟、高血压、动脉粥样硬化、动脉衰老等^[1]。自 DeBakey 成功通过外科手术治疗主动脉弓疾病开始,外科开放手术成为该疾病治疗的基础方式,虽然在外科操作、体外循环、麻醉及围术期管理等技术的进步下,主动脉弓部疾病手术的发生率及病死率逐步改善^[2]。由于主动脉弓部疾病在其解剖、病理及血流动力学上的复杂性,对于部分合并多种疾病、弓部解剖异常、病变部位复杂及高龄等患者的治疗仍存在巨大的挑战。

自腔内修复技术在腹主动脉疾病中的成功运用,激发了血管腔内修复技术的蓬勃发展,主动脉覆膜支架被广泛地应用于各类主动脉疾病中^[3]。鉴于主动脉弓的特殊解剖学与功能学特性,全腔内治疗主动脉弓部疾病遇到巨大的困难,随着多种血管腔内治疗技术的研发,使得一部分患者可以通过全血管腔内修复技术实现主动脉弓部疾病的治疗,为平衡外科开放治疗和全腔内治疗的运用,使更多患者获益,杂交技术的开展和应用较大程度上丰富了主动脉弓部疾病的治疗方式。本文针对多种治疗主动脉弓部疾病的治疗方式,包括外科开放手术、全血管腔内修复技术及杂交技术的优缺点进行详细讨论。

一、外科开放手术

外科治疗主动脉弓部疾病的术式主要包括主动脉弓成形术、主动脉次全弓移植术以及全主动脉弓置换术^[4]。

1. 主动脉弓成形术:手术适应证相对较窄,仅在治疗偏心状或憩室状动脉瘤、主动脉弓部夹层考虑使用。外科手术方式为完全切除瘤体,进一步对弓部的切口连续缝合,必要时也可以采用涤纶血管补片进行弓部的修补、加固。

2. 主动脉次全弓移植术:用于单纯主动脉弓病变(弓上分支未累及)情况,外科手术方式为通过修剪保留弓上三支的“瘤壁岛”,使用涤纶血管替换弓部血管,随后依次分别同降主动脉、三支“瘤壁岛”、升主动脉进行吻合。以上两种外科开放手术方式在存在遗传性和自身免疫性疾病的主动脉弓部病变的患者中应谨慎选择。

3. 全主动脉弓置换术:目前应用最广泛的术式。外科手术方式为在深低温停循环下,完整切除主动脉弓病变,使用带分支的涤纶血管完成降主动脉近端与升主动脉远端的吻合,随后将分支血管分别同弓上的无名动脉、左颈总动脉、左锁骨下动脉进行吻合。现阶段而言,对于年轻、无合并基础疾病和身体状况能够完全耐受的患者,该术式是最符合人体解剖学的原位修复手段,远期治疗效果确切。

主动脉弓部外科开放手术治疗的独立危险因素包括年龄、脑卒中史、术前 WBC、体外循环时间等,另外术前 WBC、术前血肌酐及术中高血糖可以作为手术风险预测的重要参考指标^[4]。伴随着外科操作、手术器械、体外循环和脑保护、麻醉、围术期管理等综合医学技术的不断革新,外科开放手术治疗主动脉弓

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助项目(81900417)

作者单位:221006 南京市第一医院、南京医科大学附属南京医院心胸血管外科

通讯作者:王晓棣,电子邮箱:theodorewang@126.com

疾病的并发症发生率及病死率显著改善^[5]。

二、全血管腔内修复技术

全血管腔内修复技术治疗主动脉弓疾病在1998年由Dake等报道,在21世纪开始广泛应用,近年来全血管腔内修复技术治疗主动脉疾病在国内迅速发展并普及。主动脉弓病变的全血管腔内修复技术的难点是必须要保证主动脉弓上分支血管的通畅,成为了限制其发展的关键因素。随着分支支架技术和开窗技术在内脏血管腔内修复中的成功运用,在主动脉弓疾病的治疗中,烟囱、分支支架与开窗技术的逐步开展,改变了主动脉弓部疾病治疗的格局,扩大了全血管腔内修复技术的手术适应证^[3]。

1. 烟囱技术:2007年烟囱技术运用于主动脉弓分支血管的重建,随着技术的不断改良进步,烟囱技术已经成为处理破口位于主动脉弓部的夹层动脉瘤的常用技术手段。烟囱技术的操作简单,具体方式是在血管内主体支架以外,平行释放一枚或多枚小支架,延长近端或远端的锚定区域,达成弓部分支血管的重建。烟囱技术手术时间及手术风险可控性较高,短期及中期治疗效果可靠,因此在分支支架及开窗技术开发之前,在具备手术条件的中心应用广泛。此外,该技术也能够作为其他全血管腔内修复技术的重要补救措施。然而血管内平行释放支架会造成支架间间隙的存在,不可避免地有持续的前向血流流入,所以内漏的发生是该技术的主要术后并发症,尤其是1a型内漏的发生率较高,Bosiers等^[6]回顾性研究了2002年6月~2014年12月在4个欧洲中心采用烟囱技术对主动脉弓病变进行治疗的临床数据,发现95例患者中10例(10.5%)出现1a型内漏,术后30天内其中有50%内漏消失。另外,支架移位也是该技术常见的术后并发症,为减少支架移位,建议在使用烟囱技术时尽量使用大的血管支架,且在合并较大升主动脉直径的主动脉弓疾病患者中不建议使用^[3]。

2. 分支支架技术:在1999年使用分支支架技术对主动脉弓病变进行处理。随着医疗器材技术的日新月异,分支支架的出现是必然的结果,众多知名医疗器械厂家参与研发了多款分支支架。目前,由上海微创公司独立研发的Castor支架已经上市并推广,该公司随后公布了6个月随访结果,使用效果令人满意^[7]。从解剖学结构及腔内血管重建的原理上来说,分支支架的设计具有明显优势,其整体性和稳定性较好,符合人体正常生理结构,内漏发生率较低。

到目前为止,分支支架主要应用于重建左锁骨下动脉,仅有少量报道应用于左颈总动脉及无名动脉的重建,随着腔内修复器材的快速发展,未来让人拭目以待。

3. 开窗技术:该技术能够运用在部分适合开窗的主动脉弓病变患者中,进而重建弓上分支血管,进一步通过全血管腔内修复技术治疗复杂弓部病变,避免外科开放手术带来的创伤^[8]。开窗技术根据开窗方式分为两种。

(1) 体外开窗技术:体外开窗是在支架植入前进行开窗。术前根据患者主动脉弓部的测量结果,选择好相应尺寸的主动脉覆膜支架,随后在手术中输送系统外鞘之外部分释放主动脉覆膜支架,运用手术刀片或电烧灼笔在覆膜支架对应部分预先完成开窗,并在开窗位置进行标记,最后再将开窗完成后的覆膜支架收回至输送系统的外鞘管内。在使用时,将支架由导管送入主动脉弓,通过位置调整,使预先标记好的开窗位置与分支动脉开口对齐后,释放支架,完成主动脉弓上分支血管重建。由于主动脉弓部可能存在相对于中心轴的旋转,在体外开窗时应注意因为操作不当最终会导致开窗位置与分支动脉开口位置无法对齐,造成灾难性后果。另外,需要在术中提前预留好左上肢动脉入路,必要时可行烟囱支架植入术进行补救。

(2) 原位开窗技术:是通过穿刺或激光等技术手段在主动脉弓部主体覆膜支架释放后,逆行由目标血管将覆膜穿破,进而应用球囊扩张破孔到满意,随后将分支支架由破孔处释放。研究证实,因为原位开窗技术与正常主动脉弓部及弓上分支血管解剖结构更加符合的特点,所以内漏的发生率显著降低。但存在争议的问题就是该技术操作会造成主覆膜支架本身的纤维组织结构破坏,损害支架完整性及引起Ⅲ型内漏产生的概率增加^[9]。此外,在原位开窗技术的进一步发展中,如何缩短开窗需耗费的时间及减少操作损伤,最大限度地降低脑卒中发生率,是今后努力的方向。

三、杂交技术

传统的外科开放手术技术手术创伤大,围术期并发症率及病死率较高,全血管腔内修复技术创伤较小,但近端血管锚定区选择困难,内漏、支架移位等相关不良事件发生率较高,远期疗效不确定,因此将外科开放手术与全血管腔内修复技术结合,通过杂交技术进行主动脉弓病变的治疗^[10]。杂交手术首先通过

外科手术重建主动脉弓上分支血管,随后通过介入手段进一步施行血管腔内修复术。杂交手术具有如下技术特点:①可以凭借外科开放手术构建安全且满意的介入锚定区;②在全血管腔内修复技术的运用下,能够有效地降低手术创伤。

早期杂交手术常通过分期多次手术施行,但伴随影像学技术及杂交手术的发展和普及,目前,除少数特殊患者外,杂交手术均为一期杂交手术。Soares等^[11]对于主动脉各部位同弓上各分支血管位置关系进行的分型,将主动脉弓分为Z0~Z4共5个区域,其中Z0区域(破口在升主动脉)、Z1区域(破口在无名动脉-左颈总动脉开口间)、Z2区域(破口在左颈总动脉-左锁骨下动脉开口间)、Z3区域(破口在左锁骨下动脉开口远端)及Z4区域(破口在降主动脉)。另外,有研究将涉及到Z0区域的手术分为3型。根据2020年发布的杂交技术中国专家共识,本文将杂交手术分为杂交全主动脉弓修复手术(涉及Z0区域,均需开胸手术,根据是否需要体外循环及是否深低温停循环分为I、II和III型)和杂交部分主动脉弓修复手术(涉及Z1、Z2区域,通过是否开胸手术细分为IVa、IVb型)^[12]。

1. 杂交全主动脉弓修复手术:应用于主动脉弓所有分支均需重建或需覆膜支架完全覆盖主动脉弓分支开口的主动脉弓病变。针对该类型的杂交手术,研究者开展了大量研究。2015年Preventza等^[13]对该中心接受全主动脉弓置换术的319例患者进行回顾性分析,其中274例(85.9%)患者采用传统外科开放手术,45例(14.1%)采用杂交手术,手术病死率传统组为10.2%($n=28$),杂交组为11.1%($n=5$),进一步在中位随访4.5年期间,生存率为78.7%,两组之间比较差异无统计学意义,研究者另外发现手术类型并不是脑卒中的独立预测因素。Lin等^[14]通过回顾性研究过去7.5年120例急性A型主动脉夹层弓部受累(Z0区域)的患者进行杂交手术的临床随访数据,结果显示早期总病死率为9.2%,在平均为3.4年的随访中,总生存率为84.7%,晚期主动脉不良事件的发生率为93.1%,研究表明对于高风险不能接受深低温停循环手术的患者,杂交手术的中远期效果较为满意。为了评估杂交全主动脉弓修复手术的中期效果,Piffaretti等^[15]开展了一项多中心的回顾性研究,将2002年1月~2019年3月行该手术的42例患者纳入研究,其中退行性主动脉弓病变27例(64.3%),夹层相关主动脉弓病变15例

(35.7%),中位随访时间为49个月,随访数据显示,12和36个月的估计生存率为 $85\% \pm 6\%$,60个月的估计生存率为 $69.5\% \pm 9.0\%$ 。结果提示杂交手术早期效果满意,在中期随访中,主动脉相关的病死率结果满意。

2. 杂交部分主动脉弓修复手术:应用于覆膜支架需覆盖部分主动脉弓分支开口的主动脉弓病变。破口位于Z1区域的病变,常常采用颈部横切口,分别依次行右颈总动脉-左颈总动脉-左锁骨下动脉旁路移植术,并于根部离断相应血管。此外,有一些中心倾向于作胸骨切开进行颈部血管旁路手术。另外,破口位于Z2区域的病变,如累及降主动脉近端动脉瘤及复杂的B型主动脉夹层,同样适合该术式。神经系统并发症,尤其是脑卒中的发生率必须引起重视,Yoshitake等^[16]介绍了2011~2015年在其中中心接受杂交手术的74例患者的随访结果,术后7例(9.5%)患者发生脑卒中,其中6例患者的脑卒中病灶来自椎/基底动脉,无脑卒中患者术后1年和2年的累积生存率分别为87.3%和77.0%,而脑卒中患者术后1年和2年的累积生存率分别为68.6%和22.9%。Fukushima等^[17]临床回顾性研究也证实脑卒中是杂交部分主动脉弓修复手术的主要并发症。Bianco等^[18]提出,在覆膜支架覆盖左锁骨下动脉后常规通过旁路手术重建左锁骨下动脉,可以降低术后截瘫及脑卒中的风险,在该团队随访研究的58例患者中,2.8年的平均随访时间中,术后截瘫发生率为5.2%,脑卒中发生率为3.4%。

杂交手术简化了复杂的外科开放手术操作,减少了体外循环及深低温停循环的使用,在高风险患者的治疗中发挥重要作用^[19]。如何进一步降低神经系统并发症是众多临床研究的热点,同时也是该技术进一步发展需改进的方向^[20]。

四、展 望

虽然主动脉弓部疾病的治疗仍具有复杂性,但伴随医学等相关科学的发展,外科开放手术、全血管腔内修复术及杂交技术均取得了显著进步。在技术条件达标的医院,有经验的医生需要根据患者的不同情况选择最为适合的个体化治疗方案,就目前而言,对于中低危年轻患者,外科开放手术仍是理想的治疗方案。总之,主动脉弓病变治疗的未来发展应该在外科开放手术的基础下,进一步拓展微创手段治疗的适应证、效果和安全性,最大程度地发挥每项技术的优势。

参考文献

- 1 Raymundo AQ, Taylor WR. Cellular mechanisms of aortic aneurysm formation [J]. *Circ Res*, 2019, 124(4): 607-618
- 2 Lederle FA, Kyriakides TC, Stroupe KT, et al. Open versus endovascular repair of abdominal aortic aneurysm [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(22): 2126-2135
- 3 Swerdlow NJ, Wu WW, Schermerhorn ML. Open and endovascular management of aortic aneurysms [J]. *Circ Res*, 2019, 124(4): 647-661
- 4 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
- 5 Englum BR, He X, Gulack BC, et al. Hypothermia and cerebral protection strategies in aortic arch surgery; a comparative effectiveness analysis from the STS Adult Cardiac Surgery Database [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(3): 492-498
- 6 Bosiers MJ, Donas KP, Mangialardi N, et al. European multicenter registry for the performance of the chimney/snorkel technique in the treatment of aortic arch pathologic conditions [J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(6): 2224-30
- 7 舒畅, 李鑫. 主动脉弓部疾病的治疗方法概述及其进展 [J]. *中华血管外科杂志*, 2018, 3(1): 8-11
- 8 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
- 9 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
- 10 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

- 11 Soares TR, Melo R, Amorim P, et al. Clinical outcomes of aortic arch hybrid repair in a real - world single - center experience [J]. *J Vasc Surg*, 2020, 72(3): 813-821
- 12 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): 124-129
- 13 Preventza O, Garcia A, Cooley DA, et al. Total aortic arch replacement: a comparative study of zone 0 hybrid arch exclusion versus traditional open repair [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 150(6): 1591-1598
- 14 Lin H, Du Y, Yu C, et al. Single stage hybrid repair for debakey type I aortic dissection in high risk patients [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 56(3): 363-372
- 15 Piffaretti G, Trimarchi S, Gelpi G, et al. Hybrid repair of extensive thoracic aortic aneurysms [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2020, 58(5): 940-948
- 16 Yoshitake A, Hachiya T, Okamoto K, et al. Postoperative stroke after debranching with thoracic endovascular aortic repair [J]. *Ann Vasc Surg*, 2016, 36: 132-138
- 17 Fukushima S, Ohki T, Kanaoka Y, et al. Mid - term results of thoracic endovascular aneurysm repair with intentional celiac artery coverage for Crawford type I thoracoabdominal aortic aneurysms with the TX2 distal component endograft [J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, 66: 193-199
- 18 Bianco V, Sultan I, Kilic A, et al. Concomitant left subclavian artery revascularization with carotid - subclavian transposition during zone 2 thoracic endovascular aortic repair [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(4): 1222-1227
- 19 Buczkowski P, Puslecki M, Stefaniak S, et al. Off pump hybrid extra - anatomic techniques for aortic arch repair - own experience [J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(6): 2305-2314
- 20 Herman CR, Rosu C, Abraham CZ. Cerebral embolic protection during endovascular arch replacement [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2018, 7(3): 397-405

(收稿日期: 2021-03-02)

(修回日期: 2021-03-10)

(上接第150页)

- 16 Mao YH, Xu LN, Weng QH, et al. The ratio of plasma and urinary 8 - oxo - Gsn could be a novel evaluation index for patients with chronic kidney disease [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2018, 2018: 4237812
- 17 Kjaer LK, Oellgaard J, Henriksen T, et al. Indicator of RNA oxidation in urine for the prediction of mortality in patients with type 2 diabetes and microalbuminuria; a post - hoc analysis of the Steno - 2 trial [J]. *Free Rad Biol Med*, 2018, 129: 247-255
- 18 Liu X, Gan W, Zou Y, et al. Elevated levels of urinary markers of oxidative DNA and RNA damage in type 2 diabetes with complications [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2016, 2016: 4323198
- 19 Kjaer LK, Cejvanovic V, Henriksen T, et al. Cardiovascular and all - cause mortality risk associated with urinary excretion of 8 - oxoGuo, a biomarker for RNA oxidation, in patients with type 2 diabetes: a prospective cohort study [J]. *Diabetes Care*, 2017, 40(12): 1771-1778

- 20 Broedbaek K, Koster - Rasmussen R, Siersma V, et al. Urinary albumin and 8 - oxo - 7,8 - dihydroguanosine as markers of mortality and cardiovascular disease during 19 years after diagnosis of type 2 diabetes - a comparative study of two markers to identify high risk patients [J]. *Redox Biol*, 2017, 13: 363-369
- 21 Cejvanovic V, Kjaer LK, Morup Bergholdt HK, et al. RNA oxidation and iron levels in patients with diabetes [J]. *Free Rad Biol Med*, 2018, 129: 532-536
- 22 Kloppenborg JT, Fonvig CE, Johannesen J, et al. Urinary markers of nucleic acid oxidation in Danish overweight/obese children and youths [J]. *Free Rad Res*, 2016, 50(7): 691-697
- 23 Jørs A, Lund MAV, Jespersen T, et al. Urinary markers of nucleic acid oxidation increase with age, obesity and insulin resistance in Danish children and adolescents [J]. *Free Rad Biol Med*, 2020, 155: 81-86

(收稿日期: 2021-03-12)

(修回日期: 2021-03-22)