

常温自身动脉转流内脏优先策略在胸腹主动脉置换手术中的脊髓保护作用

孙境¹, 张帅¹, 齐红霞², 李远¹, 周永康¹, 胡可鉴³, 钱向阳¹

(中国医学科学院 北京协和医学院 国家心血管病中心 阜外医院 1. 血管外科中心;

2. 医学影像中心超声科; 3. 护理部, 北京 100037)

摘要: **目的** 总结常温自身动脉转流内脏优先的胸腹主动脉置换手术策略及其脊髓保护作用, 为该策略在胸腹主动脉置换手术中的应用积累临床经验。 **方法** 回顾性分析中国医学科学院阜外医院于2019年6月至2022年6月期间接受常温自身动脉转流内脏优先策略的胸腹主动脉置换手术的患者资料。收集相关临床资料(基线资料、围术期指标、随访结局指标), 分析整体治疗效果, 以及常温自身动脉转流内脏优先策略的安全性和疗效。 **结果** 共27例胸腹主动脉瘤患者采用常温自身动脉转流内脏优先的方法进行TAAA修复手术治疗。其中Crawford分型I型2例(7.4%), II型14例(51.9%), III型9例(33.3%), IV型2例(7.4%)。平均手术时间(562.5±99.5)min, 术后平均机械通气时间(30.8±25.3)h, 术后ICU中位时间112.00(69.00, 162.00)min, 术后住院时间(19.8±8.4)d。手术后30d内死亡1例(3.7%), 其他患者均存活。急性肾衰竭3例(11.1%), 因出血导致二次开胸手术1例(3.7%)。除死亡患者外, 对26例患者进行6~56个月随访, 平均随访时间(34.0±11.5)个月。在随访期间未出现截瘫、死亡或其他手术并发症。 **结论** 常温自身动脉转流内脏优先策略可以安全、有效地治疗胸腹主动脉瘤, 可以降低脊髓损伤并发症。

关键词: 胸腹主动脉瘤; 胸腹主动脉置换术; 脊髓损伤; 截瘫; 内脏保护

中图分类号: R543.1

文献标志码: A

Spinal cord protection by normothermic auto-arterial bypass and distal-anastomosis-first strategy in thoracoabdominal aortic replacement surgery

SUN Jing¹, ZHANG Shuai¹, QI Hongxia², LI Yuan¹, ZHOU Yongkang¹, HU Kejian³, QIAN Xiangyang¹

(1. Department of Cardiovascular Surgery; 2. Ultrasound Division;

3. Department of Nursing, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: Objective To summarize the application of the normothermic artery bypass and visceral-anastomosis-first strategy in thoracoabdominal aortic aneurysm (TAAA) repair and to evaluate its spinal cord protective effect, so as to accumulate clinical experience for the implementation of this procedure in thoracoabdominal aortic replacement surgery.

Methods We retrospectively analyzed data of patients who underwent thoracoabdominal aortic replacements with normothermic artery bypass and visceral-anastomosis-first strategy at Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, between June 2019 and June 2022. Relevant clinical data (baseline data, perioperative indices, and follow-up outcome indices) were collected to assess the overall treatment outcome, as well as the safety and efficacy of the strategy. **Results** A total of 27 patients with TAAA were treated surgically for TAAA repair using the normothermic

autoarterial diversion with a visceral priority strategy. Among them, 2 cases (7.4%) were Crawford classification type I, 14 cases (51.9%) were type II, 9 cases (33.3%) were type III, and 2 cases (7.4%) were type IV. The mean/median time for surgery, postoperative mechanical ventilation, postoperative ICU time, and postoperative hospital stay were (562.5±99.5) min, (30.8±25.3) h, 112.00 (69.00, 162.00) min, and (19.8±8.4) d, respectively. One case (3.7%) died within 30 days of surgery, and the remaining patients survived. Acute renal failure was observed in 3 cases (11.1%) and re-thoracotomy due to hemorrhage was performed in 1 case (3.7%). Except for the deceased patient, the remaining 26 patients were followed up for a period from 6 to 56 months with a mean follow-up of (34.0±11.5) months. There were no paraplegia, deaths or other surgical complications during the follow-up period. **Conclusion** The normothermic artery bypass and visceral-anastomosis-first strategy can be safely and effectively used to treat TAAA and may reduce the incidence of spinal cord injury complications.

Key words: Thoracoabdominal aortic aneurysm; Thoracoabdominal aortic replacement; Spinal cord injury; Paraplegia; Visceral protection

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)是胸腹主动脉置换手术中的严重并发症之一,发生率在2%~15%^[1-2],取决于动脉瘤的范围、病因、合并症、是否急诊手术及外科医生的经验等多种因素。在临床实践中应用多种神经保护技术降低SCI的发生率,包括:脑脊液引流、运动和感觉诱发电位监测、远端灌注、肋间动脉重建、低温等^[3-6]。尽管神经保护技术得到了改进,目前在关于胸腹主动脉瘤(thoracoabdominal aortic aneurysm, TAAA)开放性修复的最大规模观察研究中,贝勒医学院主动脉中心Coselli等^[7]报告的II型TAAA手术的SCI发生率仍然高达13.6%。为了降低TAAA修复中SCI的发生率,自2019年6月起,中国医学科学院阜外医院血管外科中心探索常温自身动脉转流内脏优先策略治疗TAAA,以期降低TAAA修复手术的并发症率,现将手术方式与围术期结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

自2019年6月至2022年6月在本院采用常温自身动脉转流内脏优先的方法进行TAAA修复手术治疗患者27例,其中男19例、女8例;15~60岁,平均(38±12)岁。Crawford分型I型2例,II型14例,III型9例,IV型2例。术前合并症中,马凡综合征5例、主动脉夹层19例、高血压13例、慢性肾功能不全1例、脑梗死后遗症1例、既往心血管手术史17例。将SCI定义为术后出现下肢截瘫或者轻瘫的表现^[7],急性SCI为患者麻醉清醒后即出现症状,延迟性SCI为麻醉清醒后脊髓功能正常,但随后发生的SCI症状。根据SCI持续时间分为永久性SCI和短暂性SCI,永久性SCI为

出院前或死亡前SCI症状持续存在,短暂性SCI为出院前SCI症状完全恢复。分别在术前,术中实时,术后出手术室前,术后6、12、24、48、72 h,多个时段利用医院检验科血气分析设备(术中实时数据应用CDI500型体外循环连续血气监测系统)进行血气分析检测,从而获取乳酸数据。本研究获得中国医学科学院阜外医院伦理委员会批准(批号:2023-2085),符合赫尔辛基宣言,所有患者均签署知情同意书。

1.2 手术方法

患者采用右侧卧位,左肩部与手术床呈60°角度,左髋部与手术床呈30°角度,右下肢屈曲,左下肢伸直。采用左后外侧胸腹联合切口,腹膜后入路,自左侧肩胛下角经肋弓、左侧腹直肌旁线至耻骨联合处的S形切口。胸主动脉瘤的显露根据范围可以选择第4至7肋间进胸,对于范围广的II型TAAA可以选择双肋间切口。分别于近端主动脉、腹腔干动脉上方、肾动脉以远游离主动脉,方便TAAA修复进行不同部位的阻断。

在确定近端主动脉能够阻断,不需要深低温停循环的情况下,予200 U/kg肝素,维持激活全血凝固时间在300 s以上,左侧髂静脉插管输血,术野中出血经过滤后由此回输体内。自身动脉转流建立的关键是确定近端动脉插管位置,常用的位置包括:降主动脉及左侧腋动脉,最好插在近端吻合口的近心端(图1A)。

动脉插管完成后,动脉转流管连接四分支人工血管,人工血管的各个开口均为血液的导出端,根据需要可序列恢复各脏器血供。首先进行内脏的血运重建,分别应用阻断钳在腹腔干上方与肾动脉以远阻断主动脉,剖开阻断段的腹主动脉瘤,仔细辨别腹腔干、肠系膜上动脉、左右肾动脉的位置,应用冷组氨酸-色氨酸-酮戊二酸盐液(hist-

dine-tryptophan-ketoglutarate solution, HTK 液) 分别间断灌注左右肾动脉,应用分支血管重建腹腔干或肠系膜上动脉,吻合完成后观察未吻合肠系膜上动脉或腹腔干动脉的回血,一般情况下二者之间的交通动脉非常丰富,回血很多,这种情况下只需要应用血管阻断钳阻断另一支腹腔动脉,不需要立即进行血运重建。极少数的情况下,另外一支腹腔动脉回血很少,说明二者之间的交通动脉很少,这种情况下需要立即应用分支血管进行另外一支腹腔动脉的重建。对于两支肾动脉的吻合顺序没有特殊要求,优先吻合哪一支均可(图 1B),另外一支继续进行冷 HTK 液灌注即可。内脏分支血运重建完成以后,将腹腔干上方的阻断钳转移至近端吻合口的位置,纵行剖开此段主动脉,保留 T9~L1 水平的肋间动脉进行重建(图

1C),重建方法包括卷状吻合、单支吻合等,根据术中肋间动脉粗细、回血状态及位置灵活选择。

肋间动脉重建完成后,修剪近端吻合口残端,将近端主动脉残端与四分支人工血管进行端端吻合,开放近端阻断钳,此时肋间动脉及内脏分支的血液供应恢复为主动脉的顺行灌注。对于远端的吻合,顺序上可以灵活选择,可以一开始就选择重建,优先于内脏分支,也可以最后进行重建,根据动脉瘤累及髂动脉的范围,选择应用四分支主血管吻合至腹主动脉远端或者应用分支血管分别重建左右髂动脉。手术过程中需要注意血液保护,每做完一个吻合口要充分止血,避免出血过多造成血液破坏和术中低血压。手术完成的状态见图 1D。

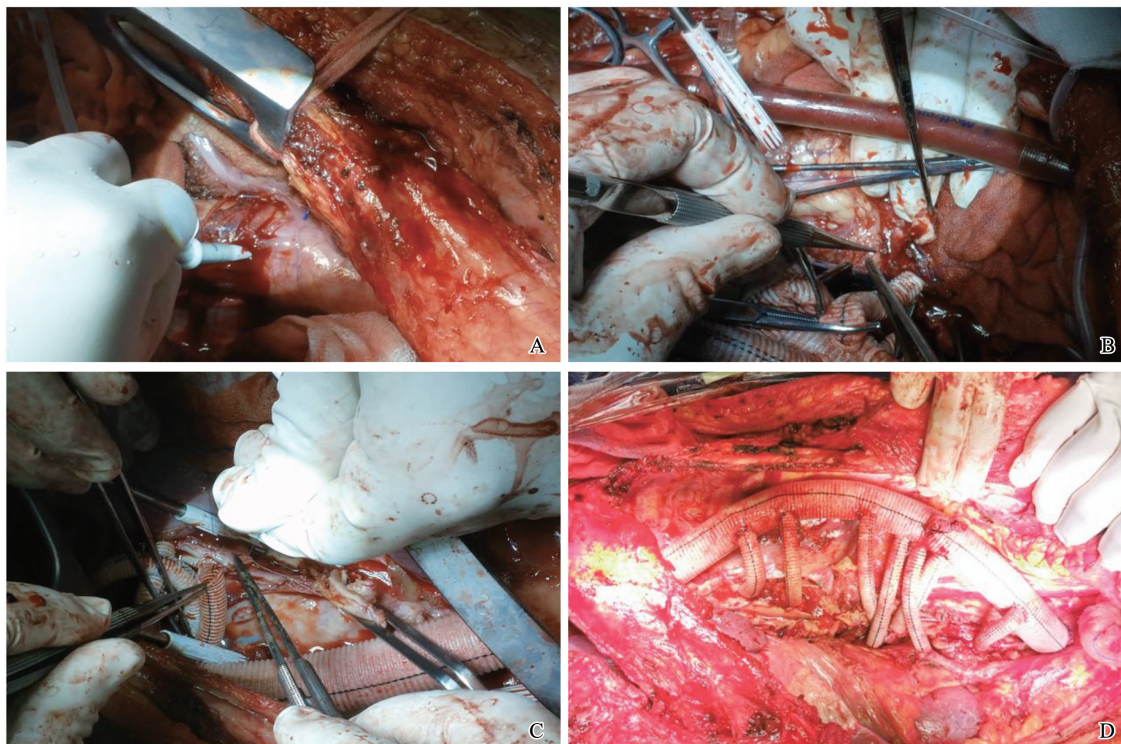


图 1 手术相关图片

A: 腹腔干近端选择合适位置动脉插管; B: 吻合左肾动脉; C: 吻合肋间动脉; D: 手术完成状态

Figure 1 Surgery-related images

A: Arterial cannulation of the proximal part of the celiac trunk in a suitable location; B: Anastomosis of the left renal artery; C: Anastomosis of the intercostal artery; D: State of surgical completion

2 结果

所有患者均在常温、非体外循环下完成手术。平均手术时间(562.5 ± 99.5) min, 红细胞输注量(3.9 ± 3.8) U, 术后平均机械通气时间(30.8 ± 25.3) h, 术后 ICU 时间 $M(P_{25}, P_{75})$ 112.00 (69.00,

162.00) min, 术后住院时间(19.8 ± 8.4) d。1 例 37 岁男性患者出院后 30 d 内死亡, 其他患者均存活。3 例患者术后发生急性肾衰竭, 1 例患者因出血导致二次开胸手术。未见其他并发症。患者在不同时间点(术前、术中和术后)的乳酸水平见图 2, 血液中的平均乳酸水平仅轻度升高, 24 h 内降至接近正常水平($0.7 \sim 2.5$ mmol/L)。

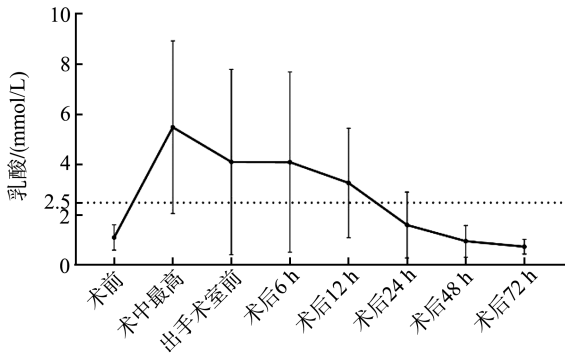


图2 患者在不同时间点的乳酸水平

Figure 2 Lactate levels in patients at different time points

除死亡患者外,对26例患者进行了6~56个月随访,平均随访时间(34.0±11.5)个月。在手术后6个月和1年进行了主动脉计算机断层扫描评估。在随访期间未出现截瘫、死亡与术后相关并发症。

3 讨论

全胸腹主动脉置换手术是血管外科手术中难度最大、并发症发生率最高的手术,其中SCI是最严重的并发症^[8]。目前临床上常用的脊髓保护策略包括脑脊液引流、肋间动脉重建、神经点位监测、低温保护、远端灌注等策略,但是SCI的发生率仍然居高不下^[8-10]。外科手术治疗TAAA总的SCI发生率仍高达7.0%,其中II型TAAA SCI发生率最高,达15%,其次为III型和V型,为7.0%,I型为4.0%,IV型发生率最低,为2.0%^[9]。近年来腔内治疗TAAA有了飞速的进展,具有创伤小、并发症率低的优点,但是其SCI的发生率仍然高达8.8%^[9],高于外科手术,外科手术仍然是治疗TAAA的金标准^[10]。为了降低外科手术治疗TAAA中SCI的发生率,笔者研究团队在总结以往经验的基础上,探索出了常温自身动脉转流内脏优先的胸腹主动脉置换手术策略,本研究结果表明,该策略具有良好的脊髓保护作用。

脊髓的血液供应非常丰富,近年来已经形成了成熟的“侧支网络”概念^[11-13],主要来源包括锁骨下动脉、胸腰段的肋间动脉以及髂内动脉,这些血液的供应对脊髓的功能保留非常重要。既往最重视的是胸7到腰1段的肋间动脉血液供应,肋间动脉重建也是重建这个区域的动脉,而忽视了脊髓其他部位的血液供应。脊髓的有效灌注压为平均动脉压减去脑脊液压^[14],因此增加脊髓的有效灌注压的方法是提高围术期的平均动脉压,降低脑脊液压,这是脑脊液引流的理论基础,目前脑脊液引流是惟一被证明

有效的脊髓保护策略^[10]。

SCI的发生原因主要为TAAA手术时主动脉阻断导致脊髓血液供应中断以及围术期的低血压降低了脊髓血液供应量^[3-14]。因此,尽量减少主动脉阻断时脊髓血供中断时间是外科技术探索的关键,目前国际上最流行的远端灌注方法是左心转流^[15],其他方法包括:股股转流^[16-17]、主髂转流^[18-19]、左心耳股动脉转流^[20]等,这些方法的共同点是在近端阻断时,由上述方法提供远端动脉的血液供应,包括脊髓、胃肠道、下肢等。以左心转流为例说明手术过程中脊髓的血供来源及压力:①近端阻断后开始远端灌注,此时脊髓的血液供应来源正常的为锁骨下动脉,远端的胸腰段肋间动脉及髂内动脉依靠左心转流的血液供应,压力一般维持在平均动脉压60 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)以上,但这也不是正常的生理性血液供应;②完成近端吻合以后,动脉瘤破开,开始重建肋间动脉,此时脊髓的血液供应仅靠锁骨下动脉,其他区段均为缺血状态;③完成肋间动脉重建后恢复重建的肋间动脉血供,此时较上一步仅增加了此节段的血液供应,在此期间完成内脏动脉重建;④完成下肢动脉重建后恢复髂内动脉的脊髓供血部分。在整个手术期间,胸段以远的脊髓几乎完全处于非生理性供血或者缺血状态,大大增加了SCI的风险。目前,贝勒医学院为国际上胸腹主动脉瘤开放性修复的前沿中心,该中心报道的一组3309例TAAA外科修复手术SCI发生率为6.3%,其中永久性截瘫2.9%,下肢轻瘫2.4%^[21]。Kouchoukos等^[22]报道的深低温停循环下的285例TAAA修复手术,SCI的发生率为5.3%,其中永久性截瘫4.2%,下肢轻瘫1.1%。采用主髂转流的方法进行II型TAAA修复手术,Zhang等^[18]报道的阜外医院永久性截瘫发生率为5.5%,Dong等^[19]报道的安贞医院SCI的发生率为5.7%。上述数据可以看出,无论采用哪种远端灌注或者脊髓保护方法,SCI的发生率均较高。

上述方法虽然采用了不同的辅助手段,但它们有一个共同特点:吻合顺序自近端向远端。这一方式存在缺点,即可能与SCI有关。①远端灌注无论在主动脉插管还是在下肢动脉插管,均为逆向灌注,由于血栓、夹层等情况的存在,逆向灌注效果存在争议,脊髓能否得到有效的灌注压力不得而知;②肋间动脉重建并不能完全重建所有重要的肋间动脉,大部分肋间动脉都被结扎,在完成内脏动脉及下肢动脉吻合时仅依靠少数重建的肋间动脉供血,这增加了脊髓缺血时间;③TAAA修复过程中多存在低血

压,过早的完成肋间动脉重建,重建的动脉处于低压灌注状态,增加了脊髓缺血风险。基于以上缺点,本研究改进了吻合顺序,优先重建内脏血管等远端血管,在此期间肋间动脉为生理性供血,并且维持在高压状态,最后进行肋间动脉重建及近端吻合口吻合,保证了最长时间的脊髓生理性血供,理论上可以降低SCI发生率。本研究采用此方法进行的27例患者无一例发生SCI也证明了这一点。内脏优先吻合既往文献报道仅为个案报道^[23-24],并且将关注点放在内脏保护上,本团队第一次系统性提出常温自身动脉转流内脏优先策略治疗TAAA,降低了SCI风险,并且可以对器官进行保护。

常温自身动脉转流内脏优先策略治疗TAAA技术要点如下:①要确定近端能够阻断吻合,否则需要深低温停循环下进行手术。②腹腔干上方能够游离阻断,这样可以保证脊髓最长时间的生理性血供。③近端插管位置可以选择左侧腋动脉、近端吻合口的近端主动脉及近端吻合口的远端动脉瘤上,这三个位置均可进行插管^[25]。左侧腋动脉显露及插管较困难而较少采用。近端吻合口的近心端主动脉是最理想的插管位置,但受动脉瘤范围的影响,不是所有的TAAA都能够顺利的在此区域插管,特别是II型TAAA。对于此类患者,近端吻合口的远端也可以选择插管,缺点是近端吻合时远端脏器存在一过性缺血,但笔者团队发现这并不影响术后结果。因此,主动脉插管目前首选近端吻合口的近端主动脉,次选近端吻合口的远端动脉瘤。④内脏吻合顺序较灵活,原则是最大程度的降低内脏动脉缺血时间,若左肾动脉容易游离,可优先吻合,然后吻合腹腔干动脉或肠系膜上动脉的一支,吻合右肾动脉,最后吻合另一支内脏血管,这样做的优点是不需要肾脏冷晶体灌注和内脏灌注;若左肾动脉不容易游离,则需要进行肾脏灌注,先完成一支内脏血管吻合,然后吻合两支肾动脉,最后吻合另外一支内脏动脉。⑤TAAA外科修复的血液保护非常重要,很多术后并发症的出现与出血多及输血相关,本策略基本不存在器官缺血时间,因此可以每完成一步都进行仔细的止血,这样可以减少出血;同时,为了减少术中血液破坏,本研究缩短了器官缺血时间,进行有效的器官灌注。乳酸是糖无氧氧化(糖酵解)的代谢产物,测定血液乳酸可反映组织氧供和代谢状态以及灌注量,其在开放性心脏手术中的监测有很大意义。本研究中患者血液中乳酸水平仅轻度升高,24h内降至接近正常水平。⑥术野中的出血采用血泵法或快速输血装置经静脉系统快速回输体内,这样避免了

低血容量性休克及体循环栓塞等并发症。本策略的缺点是不能应用于所有类型的TAAA,必须为近端吻合口及腹腔干上方能够阻断的TAAA,另外动脉插管可能存在插管相关并发症。

本研究存在以下局限性:①本研究为前瞻性队列研究,仅纳入应用常温自身动脉转流内脏优先策略的患者,研究结果不能说明本策略优于其他手术方法,未来需要不同方法之间的对照研究;②本研究患者例数较少,需要纳入更多的研究对象;③本研究为单术者手术队列,尚未进行技术推广,未来需要纳入更多中心的病例进行研究。

总之,本研究发现,常温自身动脉转流内脏优先策略可以安全、有效的治疗TAAA,可以降低SCI并发症。

参考文献:

- [1] Moulakakis KG, Karaolani G, Antonopoulos CN, et al. Open repair of thoracoabdominal aortic aneurysms in experienced centers[J]. *J Vasc Surg*, 2018, 68(2): 634-645.
- [2] Svensson LG. Our experience with 1000 recent thoracoabdominal aneurysm repairs, including endovascular stenting [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 165(5): 1754-1758.
- [3] Amabile A, Lewis E, Costa V, et al. Spinal cord protection in open and endovascular approaches to thoracoabdominal aortic aneurysms [J]. *Vascular*, 2023, 31(5): 874-883.
- [4] Hsu CCT, Kwan GNC, van Driel ML, et al. Distal aortic perfusion during thoracoabdominal aneurysm repair for prevention of paraplegia [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012(3): CD008197. doi: 10.1002/14651858.CD008197.
- [5] Etz CD, Weigang E, Hartert M, et al. Contemporary spinal cord protection during thoracic and thoracoabdominal aortic surgery and endovascular aortic repair: a position paper of the vascular domain of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2015, 47(6): 943-957.
- [6] Arora L, Hosn MA. Spinal cord perfusion protection for thoraco-abdominal aortic aneurysm surgery [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2019, 32(1): 72-79.
- [7] Coselli JS, Green SY, Price MD, et al. Spinal cord deficit after 1114 extent II open thoracoabdominal aortic aneurysm repairs [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(1): 1-13.
- [8] Coselli JS. Thoracoabdominal aortic aneurysm: a journey through the distal aorta [J]. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 39(Suppl 2): 212-217.

- [9] Gaudino M, Khan FM, Rahouma M, et al. Spinal cord injury after open and endovascular repair of descending thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysms: a meta-analysis[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(2): 552-564.
- [10] Isselbacher EM, Preventza O, Black JH 3rd, et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of aortic disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on clinical practice guidelines [J]. *Circulation*, 2022, 146(24): e334-e482.
- [11] Etz CD, Kari FA, Mueller CS, et al. The collateral network concept: a reassessment of the anatomy of spinal cord perfusion[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 141(4): 1020-1028.
- [12] Fujiyoshi T, Nishibe T, Koizumi N, et al. Impact of preservation of the latissimus dorsi muscle through a left anteroaxillary thoracotomy on spinal cord protection in descending thoracic and thoraco-abdominal aortic operations[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019; ezz087. doi: 10.1093/ejcts/ezz087.
- [13] Ohira S, Lansman SL, Spielvogel D. Collateral network concept in 2023[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2023, 12(5): 450-462.
- [14] Miller LK, Patel VI, Wagener G. Spinal cord protection for thoracoabdominal aortic surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2022, 36(2): 577-586.
- [15] Coselli JS, de la Cruz KI, Preventza O, et al. Extent II thoracoabdominal aortic aneurysm repair: how I do it[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 28(2): 221-237.
- [16] Minatoya K, Ogino H, Matsuda H, et al. Replacement of the descending aorta: recent outcomes of open surgery performed with partial cardiopulmonary bypass [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008, 136(2): 431-435.
- [17] Coady MA, Mitchell RS. Femoro-femoral partial bypass in the treatment of thoracoabdominal aneurysms [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2003, 15(4): 340-344.
- [18] Zhang L, Yu CT, Yang XB, et al. Normothermic iliac perfusion improves early outcomes after thoraco-abdominal aortic aneurysm repair[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 55(6): 1054-1060.
- [19] Dong XH, Ge YP, Wang R, et al. Spinal cord protection of aorto-iliac bypass in open repair of extent II and III thoracoabdominal aortic aneurysm [J]. *Heart Lung Circ*, 2022, 31(2): 255-262.
- [20] Papanikolaou D, Savio C, Zafar MA, et al. Left atrial to femoral artery full cardiopulmonary bypass: a novel technique for descending and thoracoabdominal aortic surgery [J]. *Int J Angiol*, 2020, 29(1): 19-26.
- [21] Coselli JS, LeMaire SA, Preventza O, et al. Outcomes of 3309 thoracoabdominal aortic aneurysm repairs [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 151(5): 1323-1337.
- [22] Kouchoukos NT, Kulik A, Haynes M, et al. Early outcomes after thoracoabdominal aortic aneurysm repair with hypothermic circulatory arrest [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(5): 1338-1343.
- [23] Dregelid E, Daryapeyma A. Novel visceral-anastomosis-first approach in open repair of a ruptured type 2 thoracoabdominal aortic aneurysm: causes behind a mortal outcome[J]. *Case Rep Vasc Med*, 2013, 2013: 978625. doi:10.1155/2013/978625.
- [24] Matalanis G, Ch'ng SL. Thoracoabdominal aortic aneurysm- the branch first technique[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 31(4): 708-712.
- [25] Monnot A, Dusseaux MM, Godier S, et al. Passive temporary visceral shunt from the axillar artery as an adjunct method during the open treatment of thoracoabdominal aortic aneurysm[J]. *Ann Vasc Surg*, 2016, 36: 127-131. doi:10.1016/j.avsg.2016.03.031.

(编辑:房红娟)