

## 指南与共识

## 杂交技术治疗累及弓部主动脉病变的中国专家共识

国家心血管病专家委员会血管外科专业委员会

## 摘要

累及弓部的主动脉病变病情复杂, 治疗困难。传统的外科手术与微创腔内修复术均存在不足, 将两种技术相融合的杂交技术 (Hybrid 技术) 则提供了多元化的治疗选择。国家心血管病专家委员会血管外科专业委员会组织专家学者, 参考国内外临床实践, 以国内实践为主, 结合文献报道形成了本专家共识, 旨在阐明 Hybrid 主动脉弓修复术分型、技术优势、所需硬件条件和团队要求, 以及针对各型 Hybrid 手术的适应证、禁忌证、手术基本流程等方面提出规范和建议。

**关键词** 杂交技术; 主动脉弓; 专家共识; 开放手术; 腔内修复术

**Chinese Expert Consensus on Hybrid Technique on Treating Thoracic Aortic Pathologies Involving the Aortic Arch**

National Society of Vascular Surgery, China.

Corresponding Author: SHU Chang, Email: changshu01@yahoo.com, changshu@vip.126.com

**Abstract**

Aortic lesions involving the aorta arch are complicated and intractable to deal with. Neither conventional surgery nor total endovascular repair alone could satisfactorily treat all patients with aortic lesions involving the aorta arch. Hybrid technique, which combines these two methods, provides a new option for aorta arch reconstruction. This consensus is composed by experts and scholars organized by National Society of Vascular Surgery, primarily based on the practice experience of domestic experts and reference of international clinical practice and literature reports. The purpose of this consensus is to clarify the classification, advantages, facilities and technical team requirements of hybrid aortic arch repairs, and to provide guidance and suggestions on indications, contraindications and operation procedures for different type of hybrid aortic arch repairs.

**Key words** hybrid technique; aortic arch; expert consensus; open surgery; endovascular repair

(Chinese Circulation Journal, 2020, 35: 124.)

**1 背景**

累及弓部的主动脉病变主要包括夹层和动脉瘤等, 可同时合并或不合并主动脉其他部位病变, 国内具有代表性的治疗术式为深低温停循环下主动脉弓人工血管置换术。自 1975 年深低温停循环技术应用于主动脉弓外科手术以来, 该术式不断改进, 广泛应用于临床, 然而对高龄、高危、合并复杂合并症的患者而言, 传统外科术式依然存在较高的围术期死亡率和并发症发生率<sup>[1-3]</sup>。

主动脉腔内修复术, 即在影像学设备和技术辅助下, 借助导丝导管技术在主动脉腔内进行操作, 可避免或减少主动脉病变部位的解剖和显露等外科操作、极大地降低创伤程度, 在临床实践中已显示出较大优势。随着主动脉腔内修复术的进展和相关器材的改进, 降主动脉和腹主动脉病变的微创腔内治疗已十分成熟。

累及重要分支的主动脉夹层和动脉瘤, 尤其是主动脉弓部病变, 由于存在腔内支架移植物的有效

基金项目: 北京市科技计划(D171100002917004)

通信作者: 舒畅 Email: changshu01@yahoo.com; changshu@vip.126.com

中图分类号: R54 文献标识码: C 文章编号: 1000-3614(2020)02-0124-06 DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2020.02.003

锚定区不足等问题,单一的胸主动脉覆膜支架隔绝技术不能达到治疗目的。主动脉弓结构特殊,目前相关腔内辅助技术(包括烟囱技术、开窗技术、分支支架技术)的治疗效果受术者经验和学习曲线制约,缺乏长期随访证据,存在近、远期的血管逆撕、内漏、分支闭塞等不良结果的可能。目前,全腔内技术还不适合全面推广应用于主动脉弓部病变治疗。因此,外科开放手术与微创腔内修复技术相融合的概念应运而生,即杂交技术(Hybrid技术):一方面通过外科手段获得确切安全的锚定区;另一方面借助腔内修复技术大幅减小手术创伤或缩短手术时间。

## 2 Hybrid技术的定义和分型

### 2.1 Hybrid技术的概念

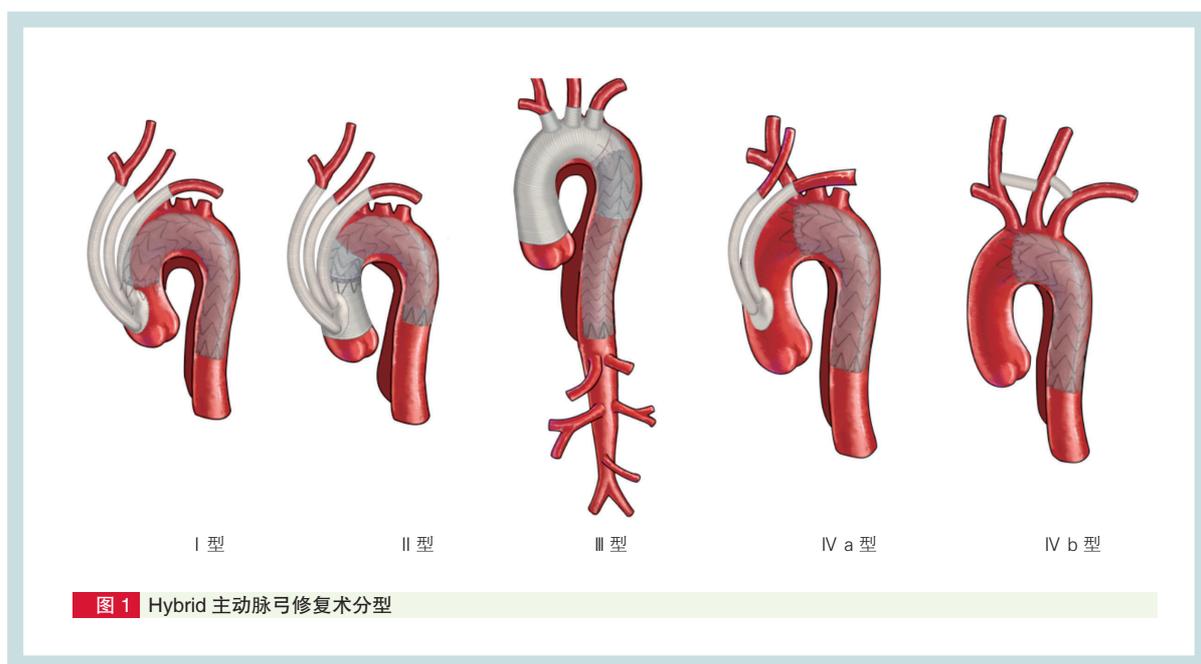
Hybrid技术主要涵盖以下两方面内容:(1)该技术同时采用外科和介入手段联合处理病灶,或分别处理不同部位的病灶,二者相辅相成,以求达到最佳效果;(2)外科手段并不直接干预病灶,而是作为辅助措施,为介入操作创造便捷可行的路径或条件,

最终通过介入手段和器材直接处理病灶,治疗疾病。

### 2.2 Hybrid主动脉弓修复术的分型

该技术实施方式多样,分型或分类尚无统一标准。本共识根据国内外临床实践,以国内专家实践为主,结合文献报道,将目前主流的Hybrid主动脉弓修复术分为I型、II型、III型、IV a型、IV b型,如图1所示。

Hybrid全主动脉弓修复术,以主动脉弓全部分支均需重建,或覆膜支架覆盖全部主动脉弓分支开口为特征:(1)Hybrid I型:开胸,非体外循环下,升主动脉-头臂动脉人工血管转流,结合主动脉全弓覆膜支架腔内修复术。(2)Hybrid II型:开胸,体外循环下,升主动脉置换(处理或不处理主动脉根部)并头臂血管去分支,结合主动脉全弓覆膜支架腔内修复术。(3)Hybrid III型:开胸,深低温停循环下,升主动脉(处理或不处理主动脉根部)及主动脉弓置换,置入或不置入硬象鼻或软象鼻,再借助导丝导管技术评估或修复常规开放手术无法处理的降主动脉及远端病变。



Hybrid部分主动脉弓修复术,以覆膜支架覆盖部分主动脉弓分支开口为特征:非体外循环下,开胸行升主动脉-弓上一支或两支动脉人工血管转流(IV a型),或不开胸行颈部人工血管转流(IV b型),结合部分主动脉弓覆膜支架腔内修复术。

目前,Hybrid主动脉弓修复术的概念尚不统一。既往也有文献将主动脉弓开放手术直视下置入

降主动脉支架的手术方式(如直视下置入冷冻象鼻支架、直视下置入主动脉弓单分支或多分支支架)称作Hybrid技术<sup>[4]</sup>。为便于临床工作和分类,术中不借助影像学设备或导丝导管操作、直视下经胸置入支架移植物的术式不在本共识讨论范围内。

### 3 Hybrid主动脉弓修复术的优势

主动脉弓部病变患者的治疗是血管外科医师面

临的一大挑战。由于手术技术的改进,主动脉弓部置换手术的治疗效果已显著提升<sup>[5]</sup>。然而,对伴有多种合并症的高危患者,深低温停循环可导致高并发症发生率和死亡率<sup>[6]</sup>。Hybrid 主动脉弓修复术因可避免或缩短深低温停循环时间,减少重症监护病房(ICU)停留时间和住院时间,具有可接受的术后并发症发生率和死亡率,逐渐成为新兴治疗手段<sup>[7-8]</sup>。

其中,Hybrid I、II、IV型主动脉弓修复术整合了外科开放手术与微创腔内修复技术的优势:在主动脉弓病变以外部位,通过相对低风险的头臂动脉旁路手术或升主动脉置换手术,延展或完全重建主动脉锚定区,避免和减少对主动脉弓部解剖和显露操作的创伤及风险。此外,Hybrid 主动脉弓修复术采用腔内修复术处理弓部病变,可避免深低温停循环(I、II、IV型)甚至体外循环(I、IV型)并发症的发生,达到与主动脉弓人工血管置换术相当或更优的治疗效果。

Hybrid III型主动脉弓修复术仍需在深低温停循环下进行,未实质性降低传统开放手术的技术难度和减少创伤,但通过腔内技术操作,可进一步明确和处理经胸直视下难以精确处理的降主动脉及其远端病变,包括封堵远端大破口、处理脏器和肢体急性缺血,并可提高降主动脉以及远端血管良性重塑的概率,减少远端并发症,降低再次干预概率。

#### 4 Hybrid 主动脉弓修复术的硬件条件和手术团队要求

硬件条件要求主要包含以下两方面内容:(1) Hybrid 主动脉弓修复术对硬件设备要求较高,推荐在 Hybrid 手术室进行。该手术室应具备外科手术必需的麻醉、手术器材和无菌条件,以及腔内介入治疗需要的影像设备和各种血管腔内器材,以便“一站式”完成 Hybrid 主动脉弓修复术的全部内容。(2) Hybrid I、II、III型手术患者大多病情偏重,手术复杂,首选“一站式” Hybrid 手术;若无 Hybrid 手术室硬件条件,在病情允许时,如 Hybrid 部分主动脉弓修复术(IV型)和患者病情相对平稳的 Hybrid I、II、III型主动脉弓修复术,也可考虑同期分站 Hybrid 术式。

手术团队要求:实施 Hybrid 手术需要技术全面的医师团队,要求术者熟练掌握大血管外科手术技术和主动脉腔内介入手术的操作技巧,具备处理紧急情况的应变能力、精准释放支架的能力和放射安全防护意识。Hybrid 手术具有一定的学习曲线,术后结局一定程度上受术者经验影响,建议由有经验的单位开展。

## 5 Hybrid I 型主动脉弓修复术

### 5.1 适应证

主动脉弓部病变累及弓上分支动脉,与各分支均无足够锚定距离,且升主动脉无明显病变,能够提供足够的安全区域做重建弓上分支的主动脉侧吻合口,并提供足够的支架锚定区。

### 5.2 禁忌证

(1) 升主动脉需要外科处理,包括 Stanford A 型主动脉夹层或升主动脉瘤;(2) 升主动脉壁钙化严重或其他原因导致无法利用侧壁钳钳夹;(3) 有严重合并症不能耐受麻醉和手术,如急性心脑血管意外、严重肝肾功能不全、肠坏死、凝血功能障碍等;(4) 对对比剂、支架金属过敏。

### 5.3 手术技术流程

根据术前 CT 血管造影(CTA)影像资料,按照病变累及范围制订具体手术方式。患者保持仰卧位,采用胸骨正中切口或胸骨上段小切口。Hybrid I 型主动脉弓修复术一般在非体外循环下进行。

外科手术部分常规流程:解剖显露无名动脉、左颈总动脉与左锁骨下动脉,在血管侧壁钳的辅助下,使人工血管主干近端与升主动脉窦管交界以上水平端侧吻合,相应人工血管分支与头臂动脉端端吻合。具体手术方式可因患者病变特征适当变通。如胸骨正中切口暴露左锁骨下动脉困难时,可选择先行左锁骨下动脉-颈总动脉旁路手术,之后行左颈总动脉及无名动脉与升主动脉的旁路移植手术。紧急或特殊情况下,经谨慎评估,可考虑牺牲左锁骨下动脉以缩短手术时间,挽救生命。

腔内覆膜支架置入部分常规流程:旁路手术完成后,腔内支架锚定区延展为人工血管近端吻合口远端的正常升主动脉(Z0区),可覆盖原弓上三支动脉开口,从而完整隔绝主动脉弓部病变。腔内支架一般采用经股动脉途径置入。由于锚定区常位于升主动脉或主动脉弓部,所需主动脉腔内支架直径常偏大、对动脉壁的径向支撑力较强,同时受术中钳夹损伤、升主动脉血流冲击和解剖成角的影响,应当特别关注术后升主动脉逆剥夹层、近端吻合口假性动脉瘤等风险,术前需仔细评估手术适应证,术中谨慎选择腔内移植术。

### 5.4 迄今为止的主要数据

Hybrid I 型主动脉弓修复术不需置换升主动脉完成去分支过程,减轻了手术创伤,又能为主动脉支架向近端延长锚定区,实现腔内隔绝主动脉弓部病变。但是,Z0区作为支架锚定区仍存在一定风险,

如既往文献曾报道术后发生逆撕、破裂的风险,应谨慎评估<sup>[9]</sup>。

## 6 Hybrid II型主动脉弓修复术

### 6.1 适应证

升主动脉和弓部病变需要外科处理,降主动脉无明显扩张。如Stanford A型主动脉夹层累及弓部,合并升主动脉扩张的主动脉弓部瘤或夹层等;破口位于弓部或降主动脉起始段,但夹层逆撕至升主动脉或升主动脉存在明显壁间血肿的主动脉夹层。部分升主动脉正常的患者,为避免逆撕风险也可纳入。

优先推荐老年患者(60岁以上)行此术式。中国医学科学院阜外医院一项正在进行的回顾性研究初步显示,50岁以上患者使用Hybrid II型主动脉弓修复术也有获益可能。对合并症多、一般情况差、深低温停循环手术风险较高的年轻患者,经严格筛选和讨论后,也可考虑Hybrid II型手术<sup>[10-12]</sup>。

### 6.2 禁忌证

(1)不能耐受体外循环手术者;(2)有严重合并症不能耐受麻醉和手术,如急性心脑血管意外、严重肝肾肾功能不全、肠坏死、凝血功能障碍等;(3)对对比剂、支架金属过敏。

### 6.3 手术技术流程

根据术前主动脉CTA影像资料,按照病变累及范围,制订具体手术方式。患者采取仰卧位。采用胸骨正中切口或胸骨上段小切口。根据团队经验和病变特征,可选取腋动脉、无名动脉或股动脉等插动脉管,右心房插静脉管,建立体外循环。

外科手术部分常规流程:游离主动脉弓部头臂血管,建立浅低温(一般28℃~32℃)体外循环后,用四分支人工血管先行升主动脉置换和(或)升主动脉近端其他病变处理,四分支人工血管远端吻合口位于无名动脉开口附近位置,远端吻合口距离人工血管最远端分支(一般为左锁骨下动脉重建所用) $>2\text{ cm}$ ,以便为腔内支架预留足够的锚定区。

人工血管分支分别与无名动脉、左颈总动脉和左锁骨下动脉端端吻合完成人工血管旁路术,将Z0区全部置换为人工血管。再以升主动脉人工血管远端预留段为锚定区,用腔内支架隔绝主动脉弓部病变,近端定位时需要覆盖四分支人工血管主体远段 $>2\text{ cm}$ ,同时保证左锁骨下动脉人工血管分支开口通畅。降主动脉远端覆盖范围根据不同病变个体化决定。

腔内覆膜支架置入部分常规流程:Hybrid II型主动脉弓修复术中,主动脉腔内支架大部分采用经股动脉途径置入。当股动脉途径置入存在困难时,

如自股动脉途径导丝无法进入真腔,或升主动脉人工血管远端吻合口成角过大,腔内支架导入时无法逆行跨弓,可采用顺行置入方式,即利用人工血管分支顺血流方向导入覆膜支架。

### 6.4 迄今为止的主要数据

Hybrid II型主动脉弓修复术可在修复升主动脉病变的同时,为远端主动脉覆膜支架的置入提供充足的人造血管锚定区,无逆撕风险。

中国医学科学院阜外医院一项大型单中心回顾性研究<sup>[10]</sup>显示,122例接受Hybrid II型主动脉弓修复术患者的术后早期死亡率和并发症发生率分别为9.2%和15.6%,与815例行主动脉全弓置换加冷冻象鼻术的患者相比,其肝肾肾功能不全和截瘫的发生率均显著降低。该院另一组研究数据<sup>[13]</sup>也证实了Hybrid II型主动脉弓修复术较深低温停循环下的主动脉弓替换术具有更低的肾功能不全发生率。

## 7 Hybrid III型主动脉弓修复术

### 7.1 适应证

升主动脉和弓部病变需要外科处理,同时合并降主动脉病变者。如伴胸降主动脉瘤样改变,单纯全弓手术无法完全解决病变;或较大破口位于降主动脉中远段,象鼻支架长度无法达到;或远端脏器和肢体急性缺血,外科手术后无改善者;其他需要在全弓置换后采用导丝导管技术评估和处理远端病变的患者。

### 7.2 禁忌证

(1)一般情况差,不能耐受深低温停循环手术者;(2)有严重合并症不能耐受麻醉和手术,如急性心脑血管意外、严重肝肾肾功能不全、肠坏死、凝血功能障碍等;(3)对对比剂、支架金属过敏。

### 7.3 手术技术流程

患者保持仰卧位,采取深低温停循环。

外科手术部分常规流程:以全弓置换+支架象鼻术为例:游离右侧股动脉和(或)右侧腋动脉,套带备用。正中开胸,游离头臂血管,全身肝素化,建立体外循环。根据病变情况,决定根部手术方式(保留窦部的升主动脉置换,David手术或Bentall手术),处理根部过程中继续降温至25℃,温度达标后,下半身停循环,阻断头臂血管,选择性脑灌注。开放升主动脉阻断钳并切除主动脉弓,置入降主动脉象鼻支架,封闭左锁骨下残端。四分支血管与象鼻支架和主动脉弓残端吻合,吻合完成后恢复下半身灌注,分别吻合头臂血管,并将主管近段与根部吻合,心脏复跳。持续复温,停机,止血。根据术

前受累血管的不同,灌注策略和吻合顺序会有调整。

上述技术细节为一般流程,不同的中心和术者有不同的习惯,但基本原则是一致的。如中国台湾地区因无象鼻支架产品,故常采用改良式象鼻术,即重建主动脉弓后,采用常规的覆膜支架实施本手术。置入覆膜支架的方法有两种:(1)逆行输送,即在建立体外循环前,提前将导丝置入真腔,停留于主动脉弓内。完成改良式象鼻术后,血管钳夹住人造血管,从股动脉回流开始恢复体外循环。在恢复体温过程中,重建主动脉弓分支,并恢复脑部循环,复温后停心肺机。成功脱离体外循环后,移除股动脉插管,由股动脉切开处(或经由吻合人工血管)导入胸主动脉覆膜支架输送系统。在 X 线透视引导下,导丝进入升主动脉,输送系统沿导丝经股动脉进入,经降主动脉通过吻合处进入人造血管软象鼻中,释放覆膜支架并确保止血效果,可加以球囊扩张确保稳定贴合。(2)顺行输送,即无需提前置入导丝,完成象鼻远端吻合且未恢复体外循环前,直接利用硬导丝配合猪尾巴导管,通过人工血管象鼻进入降主动脉并停留于真腔,该过程无需 X 线透视引导,以顺行方式置入胸主动脉覆膜支架,可加以球囊扩张确保稳定贴合。

腔内治疗部分常规流程:Hybrid III 型主动脉弓修复术中,待主动脉弓部采取传统方式重建完毕,一般再经股动脉建立腹主动脉(真腔)逆向至升主动脉的轨道,进行造影并评估降主动脉及远端病变情况,视情况进一步置入覆膜支架,或采取其他的腔内治疗操作。当经股动脉途径置导丝入真腔存在困难时,也可采用顺行置入方式,即利用人工血管分支顺血流方向送入导丝,以及导入覆膜支架等。

## 8 Hybrid IV 型部分主动脉弓修复术

### 8.1 适应证

主动脉病变累及部分弓部分支血管,常规胸主动脉腔内修复术缺乏理想锚定区者,包括两种情况:(1)病变累及左颈总动脉开口、左锁骨下动脉,但距无名动脉开口远端 >1.5 cm 未受累及;(2)病变累及左锁骨下动脉,但距左颈总动脉开口远端 >1.5 cm 未受累及。

### 8.2 禁忌证

(1)病变累及全主动脉弓;(2)有严重合并症不能耐受麻醉和手术,如急性心脑血管意外、严重肝肾肾功能不全、肠坏死、凝血功能障碍等;(3)对对比剂、支架金属过敏。

### 8.3 手术技术流程

主动脉弓部分分支人工血管转流手术均在常温

非体外循环下进行,方式多种多样,包括开胸和不开胸两种情况,如开胸行升主动脉至左颈动脉和左锁骨下动脉人工血管转流;不开胸行右颈总动脉-左颈总动脉-左锁骨下动脉转流、左颈总动脉-左锁骨下动脉转流、右腋动脉-左腋动脉转流、右腋动脉-左颈总动脉-左腋动脉转流等。需根据术前主动脉 CTA 影像资料,根据病变累及范围制订具体手术方式。

下面以不开胸行右颈总动脉-左颈总动脉-左锁骨下动脉转流+覆膜支架腔内修复术为例,介绍手术技术流程。

患者保持仰卧位,肩部垫高,沿胸锁乳突肌前缘及颈动脉搏动方向行斜形切口。

外科手术部分常规流程:游离左右颈总动脉,根据动脉直径选择相应的人工血管,与右侧颈总动脉行端侧吻合;用穿孔器在颈部建立血管隧道,注意防止压迫气道,将人工血管横行通过隧道;将人工血管远端与左颈总动脉进行端侧吻合,充分排气后开放左颈总动脉。

取左侧锁骨上切口游离左锁骨下动脉,取另一人工血管,近端与左侧颈总动脉行端侧吻合,远端与左锁骨下动脉行端侧吻合,充分排气后开放左锁骨下动脉,并结扎左颈总动脉和左锁骨下动脉近心端。

腔内覆膜支架置入部分常规流程:经股动脉逆行置入覆膜支架,视具体解剖情况和实际需要,在无名动脉开口后缘或左颈总动脉后缘进行锚定,覆膜支架覆盖左颈总动脉、左锁骨下动脉开口,或单纯左锁骨下动脉开口。

## 8.4 迄今为止的主要数据

主动脉腔内修复术是目前治疗降主动脉病变的主流方法。对于复杂主动脉弓部病变,主动脉弓上分支的保留越来越受到重视。通过颈部人工血管转流(包括右颈总动脉-左颈总动脉-左锁骨下动脉转流、左颈总动脉-左锁骨下动脉转流、右腋动脉-左腋动脉转流、右腋动脉-左颈总动脉-左腋动脉转流等)后再行胸主动脉腔内修复术,可以获得较高的成功率,围术期脑血管意外、逆撕 A 型夹层、截瘫等并发症发生率较低<sup>[14-16]</sup>。目前 Hybrid IV 型手术的独立报道较少,文献提及的手术例数从十几例到几十例不等,并且随着腔内血管外科技术的成熟,此类杂交手术逐渐被分支支架、开窗、烟囱等技术取代。

## 9 结语

由于主动脉弓部解剖的特殊性,主动脉弓部病变治疗的死亡率、并发症发生率极高,治疗仍然极

具挑战性。传统外科手术和介入技术都在不断进步,两种技术的融合将为主动脉弓部治疗提供多元化的治疗选择。目前,各中心外科和介入技术水平不一,医师的外科和介入融合能力不一,场地条件不一,故而各中心的技术融合方案有不同的侧重点。未来,随着各中心融合技术软硬件条件的提升,杂交技术将逐渐走向标准化,最大限度地提升患者生存率,改善生活质量。

国家心血管病专家委员会血管外科专业委员会

特邀顾问:胡盛寿

组长:舒畅

成员(按姓氏拼音排序):陈良万(福建医科大学附属协和医院),陈庆良(天津市胸科医院),陈子英(河北医科大学第二医院),董啸(南昌大学第二附属医院),董念国(华中科技大学同济医学院附属协和医院),段维勋(空军军医大学西京医院),范瑞新(广东省人民医院),方坤(中国医学科学院阜外医院),葛建军(中国科学技术大学附属第一医院),胡佳(四川大学华西医院),胡盛寿(中国医学科学院阜外医院),刘隽炜(华中科技大学同济医学院附属协和医院),罗凡砚(中南大学湘雅医院),罗明尧(中国医学科学院阜外医院),钱向阳(中国医学科学院阜外医院),尚玉强(华中科技大学同济医学院武汉市中心医院),邵永丰(江苏省人民医院),沈振亚(苏州大学附属第一医院),施俊哲(中国台湾台北市立万芳医院),舒畅(中国医学科学院阜外医院),孙晓刚(中国医学科学院阜外医院),魏翔(华中科技大学同济医学院附属同济医院),魏民新(中国医学科学院阜外医院深圳医院),吴毅晖(中国台湾大学医学院附设医院),徐敬(郑州大学第一附属医院),许尚栋(首都医科大学附属北京安贞医院),薛松(上海交通大学医学院附属仁济医院),于存涛(中国医学科学院阜外医院),俞世强(空军军医大学西京医院),张志东(阜外华中心血管病医院),郑军(首都医科大学附属北京安贞医院),郑宝石(广西医科大学第一附属医院),郑俊猛(中山大学孙逸仙纪念医院),周健(上海市第十人民医院)

执笔专家:舒畅,施俊哲,葛建军,罗明尧,魏民新,方坤

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- Leone A, Beckmann E, Aandreas M, et al. Total aortic arch replacement with frozen elephant trunk technique: results from two European institutes[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.03.121.
- Furutachi A, Takamatsu M, Nogami E, et al. Early and mid-term outcomes of total arch replacement with the frozen elephant trunk technique for type A acute aortic dissection[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2019, 29(5): 753-760. DOI: 10.1093/icvts/ivz154.
- Yang L, Li J, Wang G, et al. Postoperative liver dysfunction after total arch replacement combined with frozen elephant trunk implantation: incidence, risk factors and outcomes[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2019, 29(6): 930-936. DOI: 10.1093/icvts/ivz209.
- Milewski RK, Szeto WY, Pochettino A, et al. Have hybrid procedures replaced open aortic arch reconstruction in high risk patients? a comparative study of elective open arch debranching with endovascular stent graft placement and conventional elective open total and distal aortic arch reconstruction[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010, 140(3): 590-597. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.02.055.
- Suzuki T, Asai T, Nota H, et al. Selective cerebral perfusion with mild hypothermic lower body circulatory arrest is safe for aortic arch surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2013, 43: e94-e98. DOI: 10.1093/ejcts/ezs690.
- Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, et al. Deep hypothermia with circulatory arrest: determinants of stroke and early mortality in 656 patients[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1993, 106(1): 19-28.
- Bavaria J, Vallabhajosyula P, Moeller P, et al. Hybrid approaches in the treatment of aortic arch aneurysms: postoperative and midterm outcomes[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 145(3 Suppl): S85-S90. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.044.
- Tokuda Y, Oshima H, Narita Y, et al. Hybrid versus open repair of aortic arch aneurysms: comparison of postoperative and mid-term outcomes with a propensity score-matching analysis[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 49(1): 149-156. DOI: 10.1093/ejcts/ezv063.
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *Eur Heart J*, 2014, 35(41): 2873-2926. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu281.
- Zhang L, Yu C, Yang X, et al. Hybrid and frozen elephant trunk for total arch replacement in DeBakey type I dissection[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 158(5): 1285-1292. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.01.020.
- Morishita K. Hybrid aortic arch repairs[J]. *Ann Vasc Dis*, 2019, 12(1): 14-20. DOI: 10.3400/avd.ra.19-00008.
- 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. DOI: 10.1016/j.ejvs.2018.05.023.
- Lei G, Wang G, Liu Q, et al. Single-stage hybrid aortic arch repair is associated with a lower incidence of postoperative acute kidney injury than conventional aortic surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, 33(12): 3294-3300. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.05.024.
- Buth J, Harris PL, Hobo R, et al. Neurologic complications associated with endovascular repair of thoracic aortic pathology: incidence and risk factors. A study from the European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair (EUROSTAR) registry[J]. *J Vasc Surg*, 2007, 46(6): 1103-1110. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.08.020.
- Andacheh I, Lara G, Biswas S, et al. Hybrid aortic arch debranching and TEVAR is safe in a private, community hospital[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 57: 41-47. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.02.002.
- Bünger CM, Kische S, Liebold A, et al. Hybrid aortic arch repair for complicated type B aortic dissection[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 58(6): 1490-1496. DOI: 10.1016/j.jvs.2013.05.091.

(收稿日期: 2019-12-09)

(编辑: 汪碧蓉)