

四开窗主动脉支架植入联合双侧髂动脉支架植入术治疗复杂性腹主动脉瘤：一例报告

刘仰硕, 郭明金*

青岛大学附属医院血管外科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年4月12日; 录用日期: 2026年5月6日; 发布日期: 2026年5月13日

摘要

腹主动脉瘤是一种常见的临床疾病, 需要及时有效的治疗以避免破裂。对于复杂的腹主动脉瘤患者, 外科医生必须谨慎选择合适的修复方法并评估长期手术预后。本病例报告描述了一位82岁男性患者, 因腹主动脉瘤腹痛入院。胸腹主动脉CTA显示, 该动脉瘤累及多达四条内脏分支血管, 无瘤颈, 且血管壁上附着大量血栓, 部分血栓紧邻左侧肾动脉, 并伴有双侧髂总动脉及多个内脏区分支血管狭窄。本病例中, 我们的团队运用三维技术模拟了动脉瘤的空间结构, 并对患者的病情进行了综合评估。最终, 我们决定对该患者实施四开窗腹主动脉支架植入术和胸主动脉瘤覆膜支架腔内修复术, 同时行双侧髂动脉支架植入术及球囊扩张重建术。这是一种创新性的手术方法。手术非常成功, 患者术后恢复良好。

关键词

血管内动脉瘤修复术, 开窗技术, 复杂性腹主动脉瘤, 髂动脉瘤

Quadruple Fenestration Aortic Stent Implantation Combined with Bilateral Iliac Artery Stent Implantation for Complex Abdominal Aortic Aneurysm: One Case Report

Yangshuo Liu, Mingjin Guo*

Department of Vascular Surgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: April 12, 2026; accepted: May 6, 2026; published: May 13, 2026

*通讯作者。

文章引用: 刘仰硕, 郭明金. 四开窗主动脉支架植入联合双侧髂动脉支架植入术治疗复杂性腹主动脉瘤: 一例报告[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 822-828. DOI: 10.12677/acm.2026.1651878

Abstract

Abdominal aortic aneurysm is a common clinical condition requiring timely and effective treatment to prevent rupture. For patients with complex abdominal aortic aneurysms, surgeons must carefully select the appropriate repair method and assess long-term surgical prognosis. This case report describes an 82-year-old male patient admitted with abdominal pain due to an abdominal aortic aneurysm. Thoracoabdominal aortic CTA revealed that the aneurysm involved up to four visceral branches, had no neck, and contained numerous thrombi attached to the vessel walls, some adjacent to the left renal artery, along with stenosis of both common iliac arteries and multiple visceral branch vessels. In this case, our team used 3D technology to simulate the spatial structure of the aneurysm and comprehensively assessed the patient's condition. Ultimately, we decided to perform a four-fenestration abdominal aortic stenting and endovascular repair of the thoracic aortic aneurysm with a covered stent, along with bilateral iliac artery stenting and balloon dilation and reconstruction. This was an innovative surgical approach. The surgery was highly successful, and the patient recovered well postoperatively.

Keywords

Endovascular Aneurysm Repair, Fenestration Technology, Complex Abdominal Aortic Aneurysm, Iliac Aneurysm

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 介绍

本文报道了一例 82 岁男性复杂腹主动脉瘤病例, 该患者腹主动脉瘤累及范围广泛。根据患者的病情和检查结果, 为减少手术禁忌症和并发症, 我们的团队决定行四开窗腹主动脉支架植入术和胸主动脉瘤覆膜支架腔内修复术, 同时行双侧髂动脉支架植入术及球囊扩张重建术。截至目前, 患者已随访 5 个月, 一般情况良好, 已恢复正常活动。此次手术取得了良好的临床效果。

2. 病例报告

一名 82 岁男性患者因体检发现腹主动脉瘤来我院就诊。入院后完善, 发现患者存在巨大且复杂的腹主动脉瘤。该患者有 15 余年高血压病史, 最高血压达 180/90 mmHg。他一直服用口服降压药, 但效果不佳。体格检查发现其下腹部有一搏动性肿块, 大小约 6 cm × 5 cm。入院后, 患者接受了全面的辅助检查。胸腹主动脉 CTA 显示, 他的动脉瘤主要位于腹主动脉下端, 最宽处直径约 70 毫米并伴有胸降主动脉扭曲。同时, 影像学检查还显示患者有从主动脉弓至胸腹主动脉、双侧髂总动脉及内脏区分支动脉广泛存在大量钙化斑块及管壁增厚管腔狭窄(图 1)。为了降低患者发生主动脉弓疾病的风险, 我们在围手术期给予患者血压控制和抗凝调脂等支持治疗。影像学资料测量分析后发现: 患者的腹主动脉瘤形态扭曲, 累计多达四条内脏分支血管, 瘤颈极短, 而肾上段腹主动脉直径仅 26 mm, 且内部存在动脉粥样硬化改变; 腹主动脉、双侧髂总动脉及内脏区分支动脉广泛存在大量钙化斑块及管壁增厚管腔狭窄。经分析患者影像资料并结合患者一般情况, 最终确定手术方案: 四开窗腹主动脉支架植入术和胸主动脉瘤覆膜支架腔内修复术, 同时行双侧髂动脉支架植入术及球囊扩张重建术。

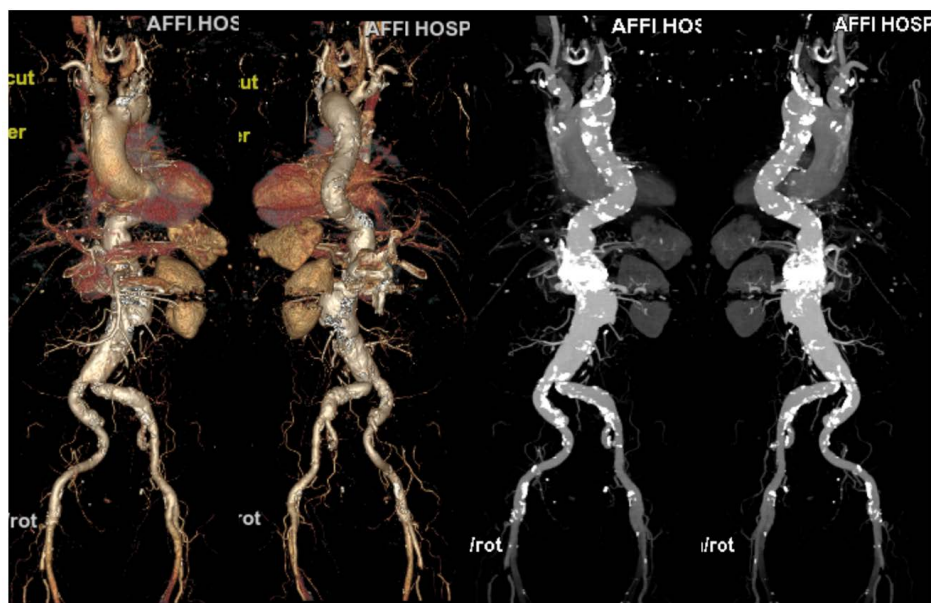


Figure 1. Preoperative computed tomography angiography
图 1. 术前 CTA

经过充分的术前准备后, 患者接受了手术。具体手术流程如下: 首先, 我们在体外释放了主动脉覆膜支架(美敦力 VAMF, 3434C200), 保留近端锁定。按术前根据 CTA 测量的结果, 以肠系膜上动脉为 12 点方向, 采用钟点标记法, 先于无菌薄膜上标记开窗位置, 随后薄膜包裹支架, 针刺标记 4 个点位后测出直径, 电凝笔开窗(左肾动脉直径 7 mm, 右肾动脉直径 5 mm, 肠系膜上动脉直径 7 mm, 腹腔干动脉直径 6mm)。助手准备生理盐水, 以防覆膜着火。开窗后再次覆盖标记薄膜, 确认开窗位置准确。开窗部位的标记选择弹簧圈(微创心脉 PTW180560)。释放后, 烧灼器烧灼弹簧圈的促凝纤毛, 锁边缝合所有窗口, 缝合过程中保证所有弹簧圈均被缝线限制。同时, 将一泥鳅导丝于右肾动脉开窗处由外向内穿入支架并自尾端引出。随后置入输送鞘内, 以便后续操作。随后以支架第三节 8 字 marker 为 12 点钟方向, 其后 6 点钟方向为覆膜缝合线。V18 导丝在 6 点钟方向自金属支架与膜之间依次穿过。滑线倒针穿过大支架金属丝, 打结固定, 将一侧缝线倒针在束径导丝与支架间穿过, 该缝线另一端不绕束径导丝。另一侧缝线在固定后, 无针端缝线在对侧两条缝线后方、束径导丝前方绕过。所有绕线完成、逐一检查确认后打结、束径, 将支架压缩为原直径 2/3。改造完成后将支架送回推送器。然后, 我们将预先制备的主动脉覆膜支架沿导丝放置到位, 预留的导丝经右上肢入路引出。定位开窗略高于动脉开口后于降主动脉瘤处半释放, 保留近端锁定及束径钢丝。随后, 我们对患者进行了血管造影, 以确定双侧肾动脉、腹腔干和肠系膜上动脉的位置。之后, 我们将预先制备的主动脉支架移植物沿导丝放置到位, 再次进行血管造影, 确认双侧肾动脉、腹腔干和肠系膜上动脉的开口与支架上的开窗位置一致。随后, 我们在右肾动脉置入一枚覆膜支架(戈尔 viabahn 7 mm × 25 mm), 在左肾动脉置入一枚覆膜支架(戈尔 viabahn 8 mm × 50 mm), 在肠系膜上动脉置入一枚覆膜支架(戈尔 viabahn 8 mm × 25 mm), 并在腹腔干动脉置入一枚支架(EV3 8 mm × 40 mm)。再造影确认术后, 我们再次行血管造影, 以确认双侧肾动脉、腹腔干和肠系膜上动脉通畅。

接下来, 我们沿导丝置入美敦力腹主动脉覆膜支架主体(ENBF3616C145EE), 当其 upper 与先前置入的胸主动脉支架下端重叠两节时, 我们释放该支架。然后, 循导丝置入美敦力腹主动脉覆膜支架系统左髂支(ETLW1616C93EE ETLW1624C124EE)远端定位左髂总动脉释放, 右髂支(ETLW1616C93EE), 远端定位右侧髂总动脉释放。然后, 我们应用球囊行腹主动脉球囊扩张成形术及髂动脉控制成形术。最后, 我

们再次进行了血管造影。结果显示, 腹主动脉、双侧肾动脉、腹腔干、肠系膜上动脉、双侧髂动脉血流通畅, 动脉瘤隔离效果良好(图 2)。



Figure 2. Intraoperative angiography
图 2. 术中造影

术后, 我们给予患者抗生素预防感染, 并使用低分子肝素进行抗凝治疗, 同时密切监测患者的生命体征。术后 3 个月, 我们再次对患者腹主动脉进行 CTA 检查。结果提示手术成功(图 3), 患者总体健康状况良好, 无明显不适, 已恢复正常活动。



Figure 3. Postoperative computed tomography angiography
图 3. 术后 CTA

3. 讨论

腹主动脉瘤是一种常见的动脉扩张性疾病,其特征是患者腹主动脉壁局部永久性扩张,直径比邻近正常腹主动脉大 50% 以上或超过 3 厘米。复杂性腹主动脉瘤通常指瘤颈较短或累及内脏动脉的腹主动脉瘤[1]。目前,临床上,外科医生主要通过手术治疗中高危腹主动脉瘤患者。腹主动脉瘤的手术治疗方案有两种:开放手术和腔内血管瘤修复术(EVAR)。

过去,腹主动脉瘤的治疗主要采用开放手术,即使用人工血管移植物替换受累的腹主动脉部分。开放手术的优势在于其操作更直接,治疗效果更明确[2]。但传统开放手术也存在诸多弊端。其中最主要的便是手术损伤。由于传统的手术方式的手术切口大、时间长,手术过程对患者的损伤要远大于 EVAR。特别是考虑到腹主动脉瘤病人多有年龄较大、伴有其他慢性疾病、血压及血糖控制不佳以及整体健康状况较差的特点。较长的手术时间也可能导致损伤腹腔内其他器官以及出现围手术期并发症的风险增加。部分研究表明,择期腹主动脉瘤开放手术的围手术期死亡率要高于绝大部分普通外科及血管外科手术[3]。

EVAR 是一种介入治疗方法,通过动脉途径将覆膜支架组件输送并置入动脉瘤内,从而将动脉瘤腔与血流隔离,使血液能够通过覆膜支架流向远端,在封闭动脉瘤或夹层的同时,维持内脏器官的血流。这显著缩短了内脏器官的缺血时间,降低了手术并发症的发生率,并降低了主动脉相关死亡率。研究表明,与传统手术相比,EVAR 在治疗腹主动脉瘤患者方面具有创伤小、住院时间短、术后恢复快、并发症发生率低等优势[4]。同时,对于解剖结构欠佳的腹主动脉瘤的复杂性腹主动脉瘤,EVAR 也能取得良好的治疗效果。如今,对于大多数解剖结构适宜的患者,EVAR 可被视为一线治疗方案[5][6]。然而 EVAR 的应用也存在一定的局限性,比如支架存在内漏、再闭塞的可能,支架干扰脊髓血运可能导致脊髓缺血甚至截瘫,解剖结构复杂的腹主动脉瘤的应用困难较大等。

考虑不同方式的手术风险,在综合该患者的具体情况后,我们认为对于这位患者而言,腔内血管修复术比开放手术更佳。因为尽管 EVAR 处理如此复杂的动脉瘤难度更大,但它能有效减轻手术创伤,促进术后康复,并降低术后并发症的发生率。

治疗腹主动脉瘤的主要难点在于充分评估动脉瘤近端锚定区的情况以及合理重建动脉瘤周围的内脏分支动脉[7]。腹主动脉瘤支架移植物开窗腔内修复术是一种用于重建腹主动脉瘤周围内脏分支动脉血供的腔内技术。该技术可在保留主动脉重要分支动脉血供的同时,降低 Ia 型内漏的风险[8]。然而,该技术需要在术前准确测量各个分支动脉开窗数据并由此选择合适的支架,在手术过程也要确保分支动脉与主动脉支架开窗处的吻合。分支支架植入的情况,与术后腹腔脏器的血供情况及远期通畅率密切相关。因此,对于严重弯曲的内脏动脉,开窗支架技术的应用较为困难。本例中,患者的腹主动脉瘤累及双侧肾动脉、腹腔动脉和肠系膜上动脉。为了保障患者重要器官的血液供应,我们选择采用精准的体外开窗技术来保护分支动脉。然而,患者的腹主动脉瘤形态较为扭曲,且累及多达四条内脏分支血管。因此,我们在支架整体结构设计和具体植入位置的选择上遇到了一定的挑战。

烟囱技术是相对于腹主动脉瘤支架移植物开窗腔内修复术之外的另一种用于重建腹主动脉瘤周围内脏分支动脉血供的腔内技术,其理念在于向远端或近端延伸复杂动脉瘤颈部的密封区,从而实现腔内血管修复术(EVAR)的基本目标:排除动脉瘤并维持排除区域内重要血管的血流。烟囱手术包括将支架移植物部署到主动脉内脏分支中,并部署主动脉内移植物,使得内脏支架的近端部分在主动脉支架和主动脉壁之间与主动脉内假体平行放置,并延伸到其上方(典型烟囱技术)或超出其范围(反向烟囱技术),以确保内脏血流灌注。该方式的主要问题在于 I 型内漏。已有多项研究表明烟囱技术有着较高的 I 型内漏发生率,部分患者还需二次干预解决[9][10]从几何学角度来看,将一个圆柱体(主动脉支架移植物)置于更大的圆柱体中(即自体主动脉),并在两者之间植入其他圆柱体(分支动脉支架移植物)。却能严格控制移植物管

腔内的血流, 而不是在移植物与主动脉壁之间明显形成的沟槽内的血流, 这本身便存在一定矛盾。影响该技术成功率的另一个参数是分支血管植入物的数量。理论上, 植入的分支支架越多, 内漏风险越高。部分研究中观察到 I 型内漏发生率与分支支架数量呈正相关[11]。但相当于开窗技术而言, 烟囱技术对于术前准备要求较低, 不需要精准测量定位分支血管相当于主动脉支架的开口位置。对于急诊手术或因病情危重无法等待定制支架的病人, 烟囱技术可以快速在进行手术的基础上保护内脏血流灌注。

对于累及多条内脏动脉的复杂腹主动脉瘤和 IV 型胸腹主动脉瘤, 大多数医疗中心选择采用“开窗联合分支支架技术”[12]。与单纯支架开窗术相比, 开窗联合分支支架技术更加灵活, 对动脉瘤的解剖结构要求更低。四开窗血管腔内修复术的应用已将 Ia 型内漏发生率降低至 1% 以下[13], 这可能归因于近端密封区的扩大。采用开窗而非扇形切口的方式将腹腔动脉纳入支架, 也使得未来必要时可以对支架进行近端延伸。研究表明, 这种增加主动脉覆盖范围的策略不会增加并发症发生率或围术期死亡率, 也不会增加辐射暴露或降低手术成功率[14][15]。

除了该病例中医生改良型支架移植物(PMEG), 公司定制生产的分支支架移植物(CMD)也可以用于复杂腹主动脉瘤血管内修复术。不同于 PMEG 由外科医生在术中根据术前 CT 或 3D 打印技术进行定制, 以创建内脏动脉的开窗。CMD 则根据患者特定的影像数据交由支架公司进行商业化生产。虽然 CMD 具有精准性, 但其生产周期较长, 因此不适用于存在破裂风险的患者[16]。值得注意的是, 术前影像虽然高度精确, 但无法预测复杂手术过程中遇到的所有术中解剖变异。并且在中国, CMD 价格昂贵且供应有限。因此对于复杂腹主动脉瘤的患者, CMD 的应用仍需进一步研究[17]。

本病例中, 我们的团队根据患者的具体情况, 利用三维空间合成技术模拟了患者动脉瘤的空间结构, 并精确测量计算了相关数据。随后, 我们反复讨论手术过程中可能出现的风险和问题, 比较不同方案的优缺点, 最终确定了该患者的手术方案, 即四开窗腹主动脉支架植入术和胸主动脉瘤覆膜支架腔内修复术, 同时行双侧髂动脉支架植入术及球囊扩张重建术。这两种技术单独使用都较为复杂。然而, 考虑到患者目前的状况, 同时采用这两种手术技术可能是最佳选择, 因此我们将两种技术整合到同一手术中。目前文献中关于这种联合两种技术的方案较为少见。虽然这大大增加了手术难度, 但却是该患者预期效果最佳的方案, 同时也能减少患者的手术创伤和术后并发症。此次尝试对我们来说既是挑战也是创新。手术方案同时解决了胸腹主动脉瘤和髂动脉钙化狭窄的问题, 有效隔离了动脉瘤, 并保留了分支动脉的血液供应, 从而减少了手术并发症, 安全有效地解决了问题。

4. 局限性

本研究存在一些局限性, 包括单一样本和随访时间有限。单一的样本限制了结论的可靠性, 并减少了结论的应用范围。此外, 3 个月的随访时间不足以暴露全部问题, 随着随访时间的延长, 可能会出现更多不良后果, 特别是靶血管不稳定性可能会增加。

声明

本研究获得青岛大学附属医院医学伦理委员会批准(审批号: QDFYWZLC50020)。

参考文献

- [1] Liu, Y., Han, M., Zhao, J., Kang, L., Ma, Y., Huang, B., *et al.* (2020) Systematic Review and Meta-Analysis of Current Literature on Isolated Abdominal Aortic Dissection. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **59**, 545-556. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2019.05.013>
- [2] Sudheendra, D. and Vedantham, S. (2018) Catheter-Directed Therapy Options for Iliofemoral Venous Thrombosis. *Surgical Clinics of North America*, **98**, 255-265. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2017.11.012>

- [3] Ghaferi, A.A., Birkmeyer, J.D. and Dimick, J.B. (2009) Variation in Hospital Mortality Associated with Inpatient Surgery. *New England Journal of Medicine*, **361**, 1368-1375. <https://doi.org/10.1056/nejmsa0903048>
- [4] Colgan, F.E., Bungay, P.M., Burfitt, N., Hatrick, A., Clarke, M.J., Davies, A.H., *et al.* (2018) Operative and 1-Year Outcomes of the Custom-Made Fenestrated Anaconda Aortic Stent Graft—A UK Multicenter Study. *Annals of Vascular Surgery*, **46**, 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2017.05.027>
- [5] Blankensteijn, J.D., de Jong, S.E.C.A., Prinssen, M., van der Ham, A.C., Buth, J., van Sterkenburg, S.M.M., *et al.* (2005) Two-Year Outcomes after Conventional or Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysms. *New England Journal of Medicine*, **352**, 2398-2405. <https://doi.org/10.1056/nejmoa051255>
- [6] Lederle, F.A., Kyriakides, T.C., Stroupe, K.T., Freischlag, J.A., Padberg, F.T., Matsumura, J.S., *et al.* (2019) Open versus Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysm. *New England Journal of Medicine*, **380**, 2126-2135. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1715955>
- [7] Wilderman, M. and Sanchez, L.A. (2009) Fenestrated Grafts or Debranching Procedures for Complex Abdominal Aortic Aneurysms. *Perspectives in Vascular Surgery and Endovascular Therapy*, **21**, 13-18. <https://doi.org/10.1177/1531003508330477>
- [8] Greenberg, R., Eagleton, M. and Mastracci, T. (2010) Branched Endografts for Thoracoabdominal Aneurysms. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **140**, S171-S178. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.061>
- [9] Hiramoto, J.S., Chang, C.K., Reilly, L.M., Schneider, D.B., Rapp, J.H. and Chuter, T.A.M. (2009) Outcome of Renal Stenting for Renal Artery Coverage during Endovascular Aortic Aneurysm Repair. *Journal of Vascular Surgery*, **49**, 1100-1106. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2008.11.060>
- [10] Bruen, K.J., Feezor, R.J., Daniels, M.J., Beck, A.W. and Lee, W.A. (2011) Endovascular Chimney Technique versus Open Repair of Juxtarenal and Suprarenal Aneurysms. *Journal of Vascular Surgery*, **53**, 895-905. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.10.068>
- [11] Moulakakis, K.G., Mylonas, S.N., Avgerinos, E., Papapetrou, A., Kakisis, J.D., Brontzos, E.N., *et al.* (2012) The Chimney Graft Technique for Preserving Visceral Vessels during Endovascular Treatment of Aortic Pathologies. *Journal of Vascular Surgery*, **55**, 1497-1503. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.10.009>
- [12] Motta, F., Crouner, J.R., Kalbaugh, C.A., Marston, W.A., Pascarella, L., McGinagle, K.L., *et al.* (2019) Outcomes and Complications after Fenestrated-Branched Endovascular Aortic Repair. *Journal of Vascular Surgery*, **70**, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.10.052>
- [13] Oderich, G.S., Ribeiro, M., Hofer, J., Wigham, J., Cha, S., Chini, J., *et al.* (2017) Prospective, Nonrandomized Study to Evaluate Endovascular Repair of Pararenal and Thoracoabdominal Aortic Aneurysms Using Fenestrated-Branched Endografts Based on Supraceliac Sealing Zones. *Journal of Vascular Surgery*, **65**, 1249-1259.e10. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.09.038>
- [14] Sveinsson, M., Sobocinski, J., Resch, T., Sonesson, B., Dias, N., Haulon, S., *et al.* (2015) Early versus Late Experience in Fenestrated Endovascular Repair for Abdominal Aortic Aneurysm. *Journal of Vascular Surgery*, **61**, 895-901. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.11.007>
- [15] Katsargyris, A., Oikonomou, K., Kouvelos, G., Mufty, H., Ritter, W. and Verhoeven, E.L.G. (2017) Comparison of Outcomes for Double Fenestrated Endovascular Aneurysm Repair versus Triple or Quadruple Fenestrated Endovascular Aneurysm Repair in the Treatment of Complex Abdominal Aortic Aneurysms. *Journal of Vascular Surgery*, **66**, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.11.043>
- [16] Yang, G., Zhang, M., Muzzepp, M., Du, X., Wang, W., Liu, C., *et al.* (2020) Comparison of Physician-Modified Fenestrated/Branched Stent-Grafts and Hybrid Visceral Debranching Plus Stent-Graft Placement for Complex Thoracoabdominal Aortic Aneurysm Repair. *Journal of Endovascular Therapy*, **27**, 749-756. <https://doi.org/10.1177/1526602820934466>
- [17] Ye, S.L., Xiang, G.Y., Xiao, L., Han, K., Li, W.D., *et al.* (2026) Prognostic Analysis of Fenestrated-Branched Endovascular Aortic Repair with Physician-Modified Endografts for Repair of Complex Abdominal and Thoracoabdominal Aortic Aneurysms: A Case Control Study. *International Journal of Surgery*, **112**, 4137-4151. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000003935>