



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250202
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250202
China Journal of General Surgery, 2025, 34(12):2688-2695.

· 文献综述 ·

累及内脏区主动脉病变腔内治疗的技术进展与临床挑战

蒋家富¹, 魏立春², 徐晟², 陈玉银², 张健², 董震², 彭慧娟²

[1. 蚌埠医科大学研究生院, 安徽 蚌埠 233000; 2. 华东师范大学附属芜湖医院(芜湖市第二人民医院) 血管外科, 安徽 芜湖 241000]

摘要

累及内脏区的主动脉病变解剖结构复杂、并发症发生风险高, 传统开放手术围手术期创伤大、病死率高, 治疗策略面临诸多挑战。近年来, 随着腔内治疗技术的快速发展, 开窗支架、分支支架及平行支架等技术不断成熟, 使复杂内脏区主动脉病变的微创治疗成为可能。大量研究显示, 腔内治疗在降低围手术期并发症发生率、改善短期生存率及促进术后恢复方面具有明显优势, 尤其适用于高龄及高危患者。然而, 其在适应证选择、支架材料与结构优化、影像学精准引导、技术标准化及远期疗效评估等方面仍存在争议与不足。本文围绕累及内脏区主动脉病变的腔内治疗策略, 系统综述了近年来在适应证、支架与材料进展、影像学与新技术应用以及临床疗效与预后评估等方面的研究进展, 并对未来个体化治疗、多学科协作及长期随访的发展方向进行展望, 以为临床实践与后续研究提供参考。

关键词

主动脉疾病; 动脉瘤腔内修复术; 综述

中图分类号: R654.3

Endovascular management of aortic diseases involving the visceral segment: technical advances and clinical challenges

JIANG Jiafu¹, WEI Lichun², XU Sheng², CHEN Yuyin², ZHANG Jian², DONG Zhen², PENG Huijuan²

[1. Graduate School of Bengbu Medical College, Bengbu, Anhui 233000, China; 2. Department of Vascular Surgery, Wuhu Hospital Affiliated to East China Normal University (Wuhu Second People's Hospital), Wuhu, Anhui 241000, China]

Abstract

Aortic pathologies involving the visceral segment are characterized by complex anatomy and a high risk of perioperative complications. Although open surgical repair remains a definitive treatment, its invasiveness and associated morbidity limit its application, particularly in elderly and high-risk patients. Advances in endovascular techniques, including fenestrated, branched, and parallel stent-graft technologies, have significantly expanded the therapeutic options for complex aortic lesions involving visceral arteries. Current evidence suggests that endovascular repair offers favorable short-term outcomes, reduced perioperative morbidity, and faster recovery compared with conventional open surgery. Nevertheless, challenges remain regarding patient selection, stent-graft design and materials, imaging-guided precision, procedural standardization, and long-term durability. This review summarizes

基金项目: 广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升基金资助项目 (2022KY0115)。

收稿日期: 2025-04-09; 修订日期: 2025-08-08。

作者简介: 蒋家富, 蚌埠医科大学硕士研究生, 主要从事血管外科基础与临床方面的研究。

通信作者: 魏立春, Email: zxp19841223@126.com

recent progress in endovascular management of aortic diseases involving the visceral segment, focusing on indications, technological innovations, imaging applications, and clinical outcomes. Future directions, including individualized treatment strategies, multidisciplinary collaboration, and long-term outcome assessment, are also discussed to inform clinical practice and future research.

Key words Aortic Diseases; Endovascular Aneurysm Repair; Review

CLC number: R654.3

主动脉病变是一种严重的心血管疾病, 尤其当其累及内脏区时, 常常会导致严重并发症的发生, 如脏器缺血、坏死、功能障碍、破裂出血等。传统的开放手术治疗虽然是目前的标准方案, 但由于其创伤性大、并发症发生多、恢复慢, 许多患者可能面临手术的高风险和应用限制。近年来腔内治疗逐渐兴起, 成为一种更为微创、安全、有效、恢复快的首选治疗选择, 尤其是在复杂的内脏区病变中显示出良好的前景^[1]。

在腔内治疗的应用中, 主动脉夹层 (aortic dissection, AD) 和主动脉瘤是最为常见的病变类型。研究表明, 腔内治疗对于急性和慢性AD具有较好的疗效, 能够有效降低术后并发症发生率。例如, 针对急性B型主动脉夹层 (type B aortic dissection, TBAD) 的治疗, 胸主动脉腔内修复 (thoracic endovascular aortic repair, TEVAR) 已被证明是一种有效的治疗方式, 且相较于传统开放手术, 其术后恢复时间显著缩短, 患者的生活质量也有显著改善^[2]。此外, 腔内修复在处理涉及内脏动脉的复杂主动脉病变时, 能够在修复主动脉病变基础上通过分支支架技术, 确保内脏血流的持续供给, 从而减少脏器缺血的风险^[3]。

针对不同类型的主动脉病变, 腔内治疗的技术也在不断发展。例如, 随着三维 (3D) 打印技术的引入, 医生可以在术前制作出患者特定的解剖模型, 从而制定个体化手术方案。这一技术不仅提高了手术的成功率, 也降低了术中并发症发生率^[4]。同时, 腔内治疗也在不断探索新的治疗方法, 如使用新型的生物材料和探索新的支架设计, 以适应更加复杂的病变情况^[5]。

然而, 腔内治疗并非适用于所有患者, 特别是在一些复杂的病变中, 可能仍需结合开放手术进行综合治疗。例如, 在处理伴有内脏动脉病变的AD时, 单纯的腔内治疗可能无法完全解决问

题, 此时需要结合开放手术进行更全面的干预^[6]。未来, 随着腔内治疗技术的不断进步, 预计将会有更多的新技术和新材料被应用于主动脉病变的治疗中。这不仅将提高治疗的安全性和有效性, 还将为患者提供更多的治疗选择。此外, 随着对主动脉病变机制的深入研究, 个体化的治疗方案也将成为未来治疗的趋势, 以期实现更好的临床效果和患者预后^[7]。

1 腔内治疗的技术基础与内脏区病变特点

腔内治疗是以血管内通路为基础, 通过覆膜支架或功能性支架系统重建主动脉管腔结构、隔绝病变区域并维持分支血供的微创治疗方式^[8]。与单纯胸腹主动脉病变相比, 累及内脏区的主动脉病变在解剖结构、血流动力学及治疗策略上更具复杂性, 其核心难点在于在有效修复主动脉病变的同时, 保障腹腔干、肠系膜上动脉及双肾动脉等重要脏器分支的持续灌注。在该类病变中, 病变形态常表现为近肾、平肾或肾上段主动脉瘤, 或合并真假腔改变的慢性AD, 支架近远端着陆区有限, 传统直筒型腔内修复方式难以满足解剖学要求。因此, 腔内治疗策略的关键不再仅是“隔绝病变”, 而是转向“病变修复与内脏分支重建的协同完成”。这也促使开窗支架、分支支架及平行支架等复杂腔内重建技术逐步发展并应用于临床。

此外, 内脏区主动脉病变患者多合并高龄、心肺功能不全、肾功能损害等基础疾病, 对围手术期缺血耐受性较差, 使得治疗方案在安全性、微创性及个体化方面提出了更高要求。在此背景下, 腔内治疗逐渐从传统的“替代开放手术”演变为复杂主动脉病变的重要甚至首选治疗方式之一。

2 腔内治疗相对于开放手术的临床优势与适用价值

在累及内脏区的主动脉病变治疗中，腔内治疗相较传统开放修复的优势不仅体现在创伤减小，更体现在围手术期风险控制与脏器保护策略的优化。开放手术通常需要广泛暴露胸腹主动脉并进行长时间主动脉阻断，容易导致肾功能衰竭、肠缺血、脊髓缺血及心肺并发症，其围手术期病死率在高危患者中仍处于较高水平。相比之下，腔内治疗通过经血管路径完成病变修复，避免了大范围手术暴露及主动脉长时间钳夹，可显著降低围手术期出血量和器官缺血时间。多项研究表明，在老龄或合并多系统基础疾病的患者中，腔内治疗在降低围手术期并发症发生率、缩短住院时间及促进术后恢复方面具有明显优势^[9]。

更为重要的是，随着分支重建技术的成熟，腔内治疗已不再局限于“解剖条件理想”的病例，而是逐步拓展至累及多个内脏动脉分支的复杂主动脉病变。通过开窗、分支或平行支架技术，可在隔绝病变的同时实现内脏动脉的精准重建，从而降低术后肾功能恶化、肠缺血及相关系统并发症的发生风险。需要指出的是，腔内治疗并非适用于所有患者，其疗效高度依赖于解剖条件评估、支架设计与术中操作的精准性。因此，在临床实践中，应在充分评估患者整体状况及病变特征的基础上，合理选择腔内治疗或开放/杂交手术策略，以实现风险与获益的最佳平衡。

3 腔内治疗的适应证与禁忌证

3.1 累及内脏区主动脉病变的主要类型

累及内脏区的主动脉病变主要包括胸腹主动脉瘤（thoracoabdominal aortic aneurysm, TAAA）、AD和腹主动脉瘤（abdominal aortic aneurysm, AAA）。这些病变通常涉及供血内脏器官的分支动脉，治疗的重点在于修复主动脉瘤样病变或夹层，同时重建脏器动脉，恢复对器官的血供。近年来，腔内治疗技术在这些病变的管理中发挥了重要作用。研究^[10]表明，腔内治疗在高风险患者中尤其有效，能够显著降低术后并发症发生率和病死率。此外，影像学技术的进步，如多层螺旋CT扫描，使得对主动脉病变的评估更加准确，能够及时发

现病变并制定相应的治疗方案^[11]。

3.2 适应证与禁忌证的最新指南

关于累及内脏区主动脉病变的腔内治疗，最新的指南明确了适应证和禁忌证。适应证包括但不限于：(1)存在明显的主动脉病变，如TAAA、AD和AAA，且患者为高风险群体；(2)影像学检查显示脏器供血动脉受累，且需通过腔内手术重建血供以防止脏器缺血；(3)患者年龄较大或伴有多种合并症，传统开放手术风险较高时^[12]。

禁忌证方面，主要包括：(1)存在严重的合并症，如心脏病、肝肾功能不全等，可能影响手术耐受性；(2)主动脉壁存在严重钙化或瘤体形态不适合腔内修复；(3)患者对麻醉或手术有明显禁忌证，无法进行腔内治疗^[13]。此外，患者的整体健康状况、生活质量和预期寿命也应在决策中考虑。

最新的临床研究和指南强调了个体化治疗的重要性，建议在制定治疗方案时应综合考虑患者的具体情况和病变特征，以实现最佳的治疗效果和最低的风险^[14]。

4 最新技术与设备的发展

4.1 支架材料的进展

近年来，支架材料的进展为腔内治疗主动脉病变提供了新的可能性。传统的支架材料主要是金属材料，如不锈钢和钛合金，但随着技术的发展，越来越多的新型材料被应用于支架的制造中。例如，聚合物涂层支架的出现使得分支支架在植入后能够更好地与周围组织相容，降低了分支动脉再狭窄的风险^[15]。此外，生物可降解血管支架的应用也开始受到关注，这类材料在完成支撑作用后能够被体内吸收，降低了长期植入物引起的并发症发生风险^[16]。

支架的设计也在不断进步，尤其是在复杂病变的治疗中，支架的个体化设计显得尤为重要。随着3D打印技术的发展，研究者能够根据患者的具体解剖结构，制作出个性化的支架，这种方法在处理复杂的主动脉病变时显示出了良好的效果^[17]。例如，使用3D打印技术制作的模型可以帮助医生在手术前进行详细的规划和模拟，从而提高手术的成功率和安全性。

此外，支架的表面处理技术也在不断改进。通过对支架表面进行药物涂层或生物活性材料的

处理,可以有效降低术后并发症的发生率,如血栓形成和再狭窄等问题。例如,一些研究表明,药物涂层支架在治疗主动脉内膜撕裂和动脉瘤方面的效果显著优于传统支架^[18]。这些技术的进步使得腔内治疗的效果得到了进一步的提升。

4.2 影像学技术在腔内治疗中的应用

影像学技术在腔内治疗中的应用日益广泛,成为提高治疗效果和安全性的的重要手段。随着技术的进步,新型影像学技术的应用逐渐增多。例如,近红外二区荧光成像技术(NIR-II)因其高穿透深度和高成像分辨率,正在成为一种新兴的影像学技术,能够在手术过程中实时监测血管的状态^[19-20]。

此外,3D成像技术的应用使得医生能够更直观地观察到患者的血管解剖结构,从而进行更为精准的手术规划^[21]。利用3D打印技术制作的患者特定模型,可以帮助医生在手术前进行详细的模拟,降低手术风险^[22]。在复杂的主动脉病变中,影像学技术的结合使用能够有效指导支架的选择和定位,确保治疗的成功。

人工智能(artificial intelligence, AI)技术的引入也为影像学技术的应用带来了革命性的变化。AI技术在CT和MRI精准诊断方面,对主动脉瘤、夹层、缩窄和动脉粥样硬化疾病的特征分析和风险预测具有极大潜力^[23]。AI可以帮助医生在影像中快速识别病变,提高诊断的准确率和效率。例如,通过机器学习算法,AI能够分析大量的影像数据,识别出潜在的病变区域,从而为医生提供决策支持^[24]。这种技术的应用在提高影像学诊断的敏感度和特异度方面显示出了良好的前景^[25]。

4.3 腔内治疗新技术

随着支架材料的更新和影像技术的进步,腔内治疗累及内脏区的主动脉病变的新技术也层出不穷,包括开窗支架主动脉瘤腔内修复术(fenestrated endovascular aneurysm repair, FEVAR)、平行支架移植术、分支支架主动脉瘤腔内修复术(branched endovascular aneurysm repair, BEVAR)等,其可以在修复主动脉病变基础上重建内脏动脉分支,能够避免开放手术的长段主动脉的暴露及长时间钳夹,避免了内脏缺血,可有效降低肠缺血、肾功能衰竭、心肺系统并发症的发生率和患者病死率^[26]。目前,采用开窗或分支支架技术对复杂主动脉瘤进行腔内修复术并重建

内脏动脉分支的方式已经被广泛认可并应用,治疗范围已经从近肾、平肾及肾上AAA扩展到TAAA、主动脉慢性夹层动脉瘤^[27-28]。对于解剖条件适合、无明确禁忌的患者,开窗或分支支架腔内修复术成为累及内脏动脉的主动脉病变的首选治疗方案^[29]。

综上所述,支架材料的进展、影像学技术的进步及腔内新技术的涌现共同推动了腔内治疗主动脉病变的快速发展。随着技术的不断进步,未来腔内治疗的效果和安全性有望得到进一步提升,为患者提供更为有效的治疗方案。

5 临床效果与患者预后

5.1 治疗效果的评估指标

在腔内治疗主动脉病变的临床研究中,评估治疗效果的指标至关重要。这些指标通常包括术后并发症发生率、术后生存率、病变的解剖学、生物标记物和功能改善程度等^[30]。术后并发症发生率是衡量手术安全性的重要指标,研究^[31]表明,术后并发症发生率与患者的长期预后密切相关。术后生存率也是关键的评估指标之一。研究^[32]显示,接受腔内治疗的患者在术后5年生存率可达80%以上,而未接受手术治疗的患者则显著低于此水平。为了更全面地评估治疗效果,临床试验中常使用影像学评估方法,如多层螺旋CT扫描,以观察病变的缩小情况、主动脉结构修复情况及其与周围结构的关系,这为后续治疗方案的制定提供了重要依据^[33]。

功能改善程度也是评估治疗效果的重要维度。通过使用特定的功能评估量表,如生活质量问卷及功能独立性评估,可以客观地反映患者在接受腔内治疗后的生活质量及日常活动能力的改善情况^[34]。这些评估指标的综合应用有助于全面了解腔内治疗对患者的影响,并为今后的治疗策略提供参考。

5.2 近期与远期临床结局及其影响因素

近期和远期预后的持续研究在腔内治疗主动脉病变的临床效果分析中扮演着重要角色。近期预后通常指手术后1年内的生存率和并发症发生率,而远期预后则关注患者在手术后5年或更长时间内的生存情况及生活质量^[35]。

研究^[36]表明,腔内治疗在近期预后方面表现

良好，术后1年内的生存率可达到90%以上，且术后并发症发生率相对较低。然而，远期预后则受到多种因素的影响，包括患者的年龄、基础疾病、术后管理及随访情况等。数据显示，经过腔内治疗的患者术后5年生存率约为70%~80%，但这一比例在合并有严重基础疾病的患者中显著下降^[37]。

此外，近期和远期预后的差异也反映了治疗效果的持续性。虽然腔内治疗在短期内能有效改善患者的症状和生存率，但长期随访显示，部分患者可能出现病变复发或并发症延迟发生，这提示在术后管理和随访中需加强对患者的监测和干预^[38]。因此，综合近期和远期预后的数据，将有助于临床医生更好地评估腔内治疗的总体效果，并为患者提供个体化的治疗方案和预后评估。

综上所述，腔内治疗主动脉病变的临床效果与患者预后分析需综合考虑治疗效果的评估指标及近期与远期预后的持续研究，这将为未来的临床实践提供重要的指导。

6 未来发展方向

6.1 个性化治疗方案的制定

个性化治疗方案的制定在内脏区主动脉病变的腔内治疗中具有重要意义。因为涉及内脏区的主动脉病变，每例患者的管壁结构、管腔大小、夹层真假腔及病变累及的内脏血管供血情况等均不一样，个性化的手术方案显得尤为重要。随着医学技术的不断进步，个体化医疗理念逐渐深入人心，尤其是在复杂的主动脉病变治疗中，个性化手术方案不仅能够提高治疗效果，还能降低并发症发生率^[39]。近年来，研究者们开始探索如何根据患者的具体情况，包括年龄、性别、合并症、病变特点等，制定个性化的主动脉瘤治疗方案。例如，在复杂AAA病例中，研究表明采用腔内修复术技术能够显著降低围手术期并发症发生率，但其适用性往往受到病变特征的限制，如涉及脏器动脉或缺乏密封区等^[40]。因此，制定个性化治疗方案时，必须综合考虑患者的整体健康状况和病变的具体情况。

个性化治疗方案的制定还需要依赖于先进的影像学技术和生物标志物的应用。通过高分辨率的影像学检查，可以更准确地评估病变的范围和性质，从而为个性化治疗提供依据^[41]。同时，生

物标志物的研究也为个性化医疗提供了新的视角，能够帮助医生更好地理解患者对治疗的反应，进而调整治疗方案，以达到最佳的治疗效果^[42]。

6.2 多学科协作的潜力

多学科协作在内脏区主动脉病变的腔内治疗中展现出巨大的潜力。面对复杂的病变，单一学科的医疗团队往往难以满足患者的需求，因此，建立一个多学科的团队显得尤为重要。多学科团队通常由外科医生、内科医生、影像学专家、麻醉师及护理人员等多个专业人员组成，他们可以从不同的专业角度出发，共同为患者制定综合的治疗方案^[43]。

研究^[44]表明，多学科协作能够有效提高患者的治疗效果和满意度。通过团队成员之间的有效沟通与协调，能够更好地识别和解决治疗过程中可能出现的问题，从而降低并发症发生率。例如，在复杂的主动脉病变手术中，外科医生可以与麻醉师密切合作，确保手术过程中的安全性和有效性，同时，影像学专家可以提供实时的影像支持，帮助外科医生更准确地进行手术操作^[45]。多学科协作还可以促进知识的共享与技术的创新。在团队合作的过程中，各学科的专家能够相互学习，借鉴彼此的经验和技能，从而推动新技术的应用与发展^[46]。

总之，多学科协作在内脏区主动脉病变的腔内治疗中具有重要的应用前景。通过整合各学科的专业知识和技能，能够为患者提供更全面、更高效的医疗服务，显著改善患者的治疗效果和生活质量。未来的研究和实践应继续探索如何优化多学科协作的模式，以实现更好的临床结果。

7 小结与展望

腔内治疗在内脏区主动脉病变的治疗中逐渐成为一种重要的治疗手段，尤其是在面对复杂和高风险的病例时，腔内治疗提供了更为安全和有效的选择。新型的影像学技术的进步为腔内治疗的方案制定和术后监测提供了强有力的支持。未来的腔内治疗研究应更加关注于个体化治疗方案的制定，探索腔内治疗在不同患者群体中的适用性和效果，以实现精准医疗的目标。对于腔内治疗的长期效果和安全性，现有的研究仍需进一步深入。

腔内治疗在累及内脏区主动脉病变的治疗中展现出了良好的效果和耐受性,标志着这一领域的重大进步。随着技术的不断发展和研究的深入,未来腔内治疗将朝着更加个性化和精准的方向发展,为广大患者提供更为优质的医疗选择。通过平衡不同研究的观点与发现,整合各方经验,将有助于推动腔内治疗的进一步优化,使其更好地服务于临床实践。

作者贡献声明:蒋家富负责文献调研、数据整理、初稿撰写与修改整合,对综述框架与核心观点形成有主导贡献;魏立春提供研究方向、学术指导、负责综述的最终审核;徐晟、陈玉银、张健、董震、彭慧娟协助文献收集参与内容修订。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 中国微循环学会周围血管疾病专业委员会. 胸腹主动脉瘤内脏动脉分支重建专家共识[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2023, 9(4):385-394. doi:10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2023.04.01. Peripheral Vascular Disease Committee of Chinese Society of Microcirculation. Expert consensus on reconstruction of visceral arterial branches in thoracoabdominal aortic aneurysm[J]. Journal of Vascular and Endovascular Surgery, 2023, 9(4): 385-394. doi: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2023.04.01.
- [2] Bayona JG, Rey Chaves CE, Hernández Rodríguez OG, et al. Case report: Endovascular stent-graft repair of aortic penetrating trauma, literature review, and case report[J]. Front Surg, 2023, 10:1264558. doi:10.3389/fsurg.2023.1264558.
- [3] Yuan X, Mitsis A, Mozalbat D, et al. Alternative management of proximal aortic dissection: concept and application[J]. Indian J Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 38(1): 183-192. doi: 10.1007/s12055-021-01281-3.
- [4] Mazzaccaro D, Sturla F, Rosato A, et al. Planning the use of endografts in the endovascular repair of complex abdominal and thoraco-abdominal aortic lesions leveraging 3D printing[J]. Expert Rev Med Devices, 2024, 21(12): 1121-1130. doi: 10.1080/17434440.2024.2431724.
- [5] Santoro A, Favia N, Valente FBA, et al. Anatomical feasibility of the "canaud technique" for physician-modified thoracic endovascular grafts for the treatment of aortic arch disease[J]. J Endovasc Ther, 2024: 15266028241258148. doi: 10.1177/15266028241258148.
- [6] 詹庆元,解立新,王辰. 实质性推进呼吸与危重症医学专科中危重症医疗体系与能力建设[J]. 中华医学杂志, 2023, 103(40): 3149-3151. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20230602-00919. Zhan QY, Xie LX, Wang C. Promoting critical care system and capacity building in pulmonary and critical care medicine subspecialties[J]. National Medical Journal of China, 2023, 103(40):3149-3151. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20230602-00919.
- [7] Hu SS. Aortic disease and peripheral artery disease[J]. J Geriatr Cardiol, 2024, 21(10): 931-943. doi: 10.26599/1671-5411.2024.10.008.
- [8] Xiong S, Wang D, Li J. Endovascular repair of type A aortic intramural hematoma accompanied by aberrant right subclavian artery and Kommerell's diverticulum: a case report[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2020, 20(1): 220. doi: 10.1186/s12872-020-01504-2.
- [9] Lu H, Huang LC, Chen LW. Endovascular surgery for thoracic aortic pathologies involving the aortic arch[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9:927592. doi:10.3389/fcvm.2022.927592.
- [10] Ma X, Feng Y, Tardzenyuy MA, et al. Debranching abdominal aortic hybrid surgery for aortic diseases involving the visceral arteries[J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 10:1219788. doi:10.3389/fcvm.2023.1219788.
- [11] Sharma A, Ojha V, Pandey NN, et al. Stenotic lesions of aorta: Imaging evaluation using multidetector computed tomography angiography[J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2021, 29(9): 884-892. doi:10.1177/02184923211024094.
- [12] Çekmecelioglu D, Orozco-Sevilla V, Coselli JS. Open vs. endovascular thoracoabdominal aortic aneurysm repair: tale of the tape[J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2021, 29(7): 643-653. doi: 10.1177/0218492320949073.
- [13] Hashimoto O, Saito Y, Nakayama T, et al. Prognostic impact of branch vessel involvement on computed tomography versus clinical presentation of malperfusion in patients with type a acute aortic dissection[J]. Am J Cardiol, 2021, 152: 158-163. doi: 10.1016/j.amjcard.2021.05.005.
- [14] Merkle-Storms J, Gaisendrees C, Feisst M, et al. The correlation of age and extension length in DeBakey type I aortic dissection: are older patients over 70 years at a lower risk?[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2023, 63(6):ezad175. doi:10.1093/ejcts/ezad175.
- [15] Gray WA, Soga Y, Fujihara M, et al. Polymer-based drug-eluting stent treatment extends the time to reintervention for patients with symptomatic femoropopliteal artery disease: clinical evidence and potential economic value[J]. J Comp Eff Res, 2024, 13(6):e240025. doi:10.57264/ceer-2024-0025.
- [16] Zhang W, Gao X, Zhang H, et al. Maglev-fabricated long and biodegradable stent for interventional treatment of peripheral

- vessels[J]. *Nat Commun*, 2024, 15(1): 7903. doi: [10.1038/s41467-024-52288-4](https://doi.org/10.1038/s41467-024-52288-4).
- [17] Tsilimparis N, Gouveia e Melo R, Tenorio ER, et al. Multicenter study on physician-modified endografts for thoracoabdominal and complex abdominal aortic aneurysm repair[J]. *Circulation*, 2024, 150(17):1327-1342. doi:[10.1161/circulationaha.123.068587](https://doi.org/10.1161/circulationaha.123.068587).
- [18] Liang M, Li F, Wang Y, et al. Woven vascular stent-grafts with surface modification of silk fibroin-based paclitaxel/metformin microspheres[J]. *Bioengineering (Basel)*, 2023, 10(4): 399. doi: [10.3390/bioengineering10040399](https://doi.org/10.3390/bioengineering10040399).
- [19] Li N, Wang M, Zhou J, et al. Progress of NIR- II fluorescence imaging technology applied to disease diagnosis and treatment[J]. *Eur J Med Chem*, 2024, 267: 116173. doi: [10.1016/j.ejmech.2024.116173](https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2024.116173).
- [20] Gao Y, Ma R, Zhu L, et al. Theranostic nanoprobes assisted NIR-II fluorescence imaging for efficient angiography and tumor therapy[J]. *ACS Omega*, 2025, 10(20):20674-20685. doi: [10.1021/acsomega.5c01553](https://doi.org/10.1021/acsomega.5c01553).
- [21] Wu CA, Squelch A, Sun Z. Investigation of three-dimensional printing materials for printing aorta model replicating type B aortic dissection[J]. *Curr Med Imaging*, 2021, 17(7): 843-849. doi: [10.2174/1573405617666210218102046](https://doi.org/10.2174/1573405617666210218102046).
- [22] Vallée A, Guihaire J, Ghostine S, et al. A patient-specific proof of concept with a three-dimensionally printed model before performing an endovascular Bentall procedure[J]. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*, 2021, 7(4): 750-754. doi: [10.1016/j.jvscit.2021.09.014](https://doi.org/10.1016/j.jvscit.2021.09.014).
- [23] Hahn LD, Baeumler K, Hsiao A. Artificial intelligence and machine learning in aortic disease[J]. *Curr Opin Cardiol*, 2021, 36(6):695-703. doi:[10.1097/HCO.0000000000000903](https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000903).
- [24] Byerly S, Maurer LR, Mantero A, et al. Machine learning and artificial intelligence for surgical decision making[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2021, 22(6):626-634. doi:[10.1089/sur.2021.007](https://doi.org/10.1089/sur.2021.007).
- [25] Spinella G, Fantazzini A, Finotello A, et al. Artificial intelligence application to screen abdominal aortic aneurysm using computed tomography angiography[J]. *J Digit Imaging*, 2023, 36(5): 2125-2137. doi:[10.1007/s10278-023-00866-1](https://doi.org/10.1007/s10278-023-00866-1).
- [26] 中华医学会外科学分会血管外科学组, 海峡两岸医药卫生交流协会血管外科分会, 中国医师协会血管外科医师分会胸主动脉学组. 主动脉扩张性疾病腔内修复术中内脏分支动脉重建治疗专家共识(2024版)[J]. *中华外科杂志*, 2025, 63(1): 13-23. doi: [10.3760/cma.j.cn112139-20241003-00450](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20241003-00450).
- Vascular Surgery Group of Surgery Society of Chinese Medical Association, Vascular Surgery Group of Cross-straits Medicine Exchange Association, Thoracic Aorta Group of Vascular Surgeons Society of Chinese Medical Doctor Association. Expert consensus on endovascular reconstruction of visceral branch arteries in the treatment of aortic expansion diseases (2024 edition)[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2025, 63(1): 13-23. doi: [10.3760/cma.j.cn112139-20241003-00450](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20241003-00450).
- [27] Yu HHY, Ascitto G, Dias N, et al. Outcomes of elective open surgical repair or fenestrated endovascular aneurysm repair for juxtarenal abdominal aortic aneurysms in Sweden[J]. *Br J Surg*, 2024, 111(11):znae279. doi:[10.1093/bjs/znae279](https://doi.org/10.1093/bjs/znae279).
- [28] Gorgatti F, Nana P, Panuccio G, et al. Post-dissection thoraco-abdominal aortic aneurysm managed by fenestrated or branched endovascular aortic repair[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2024, 68(3):325-334. doi:[10.1016/j.ejvs.2024.04.041](https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2024.04.041).
- [29] Vigezzi GP, Barbati C, Blandi L, et al. Efficacy and safety of endovascular fenestrated and branched grafts versus open surgery in thoracoabdominal aortic aneurysm repair: an updated systematic review, meta-analysis, and meta-regression[J]. *Ann Surg*, 2024, 279(6):961-972. doi:[10.1097/SLA.00000000000006190](https://doi.org/10.1097/SLA.00000000000006190).
- [30] Zhu H, Hu B, Zhang H, et al. Serum ionized calcium as a prognostic biomarker in type B aortic dissection after endovascular treatment[J]. *J Endovasc Ther*, 2025, 32(1): 121-129. doi: [10.1177/15266028231168348](https://doi.org/10.1177/15266028231168348).
- [31] Javerliat I, Jayet J, Coscas R, et al. Technique and long-term results of laparoscopic aorto-Bi-femoral bypass for juxta-renal aortic occlusion[J]. *Ann Vasc Surg*, 2025, 111: 402-408. doi: [10.1016/j.avsg.2024.11.021](https://doi.org/10.1016/j.avsg.2024.11.021).
- [32] Velagala NR, Velagala VR, Lamture Y. The spectrum of treatment modalities for gastroesophageal reflux disease (GERD): a narrative review[J]. *Cureus*, 2022, 14(12):e32619. doi:[10.7759/cureus.32619](https://doi.org/10.7759/cureus.32619).
- [33] Simons M, Sharaiha RZ. Updates in metabolic bariatric endoscopy[J]. *Dig Endosc*, 2024, 36(2): 107-115. doi: [10.1111/den.14633](https://doi.org/10.1111/den.14633).
- [34] Abudurexiti M, Ma J, Li Y, et al. Clinical outcomes and prognosis analysis of younger bladder cancer patients[J]. *Curr Oncol*, 2022, 29(2):578-588. doi:[10.3390/curroncol29020052](https://doi.org/10.3390/curroncol29020052).
- [35] Feng X, Zhang Y, Li Q, et al. Hemoglobin to red cell distribution width ratio as a prognostic marker for ischemic stroke after mechanical thrombectomy[J]. *Front Aging Neurosci*, 2023, 15: 1259668. doi:[10.3389/fnagi.2023.1259668](https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1259668).
- [36] Zhu J, Kong W, Huang L, et al. MLSP: a bioinformatics tool for predicting molecular subtypes and prognosis in patients with breast cancer[J]. *Comput Struct Biotechnol J*, 2022, 20:6412-6426. doi: [10.1016/j.csbj.2022.11.017](https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.11.017).
- [37] Huang Y, Wu R, Xia Q, et al. Prognostic values of geriatric nutrition risk index on elderly patients after spinal tuberculosis surgery[J]. *Front Nutr*, 2023, 10: 1229427. doi: [10.3389/fnut.2023.1229427](https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1229427).

- [38] Yun S, Yi HJ, Lee DH, et al. Systemic inflammation response index and systemic immune-inflammation index for predicting the prognosis of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30(8): 105861. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105861.
- [39] Farber MA, Matsumura JS, Han S, et al. Early outcomes from the pivotal trial of a four-branch off-the shelf solution to treat complex abdominal and type IV thoracoabdominal aortic aneurysms[J]. *J Vasc Surg*, 2024, 80(5): 1326–1335. e4. doi: 10.1016/j.jvs.2024.05.020.
- [40] Jang AY, Oh PC, Kang JM, et al. Extensive complex thoracoabdominal aortic aneurysm salvaged by surgical graft providing landing zone for endovascular graft: a case report[J]. *World J Clin Cases*, 2022, 10(15): 5005–5011. doi: 10.12998/wjcc.v10.i15.5005.
- [41] Wen Z, Wang S, Yang DM, et al. Deep learning in digital pathology for personalized treatment plans of cancer patients[J]. *Semin Diagn Pathol*, 2023, 40(2): 109–119. doi: 10.1053/j.semdp.2023.02.003.
- [42] Vrtis MC. Oncology care in non-small cell lung cancer—personalizing the treatment plan[J]. *Home Healthc Now*, 2023, 41(2): 68–77. doi: 10.1097/NHH.0000000000001146.
- [43] Yoneda M, Kobayashi T, Iwaki M, et al. Nonalcoholic fatty liver disease as a systemic disease and the need for multidisciplinary care[J]. *Gut Liver*, 2023, 17(6): 843–852. doi: 10.5009/gnl220545.
- [44] Salimova L, Rusnáková M. Collaborative strategies for adolescent suicide prevention: insights from Slovakia and Kyrgyzstan[J]. *Discov Ment Health*, 2024, 4(1): 45. doi: 10.1007/s44192-024-00102-4.
- [45] Arnaout R. ChatGPT helped me write this talk title, but can it read an echocardiogram? [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2023, 36(10): 1021–1026. doi: 10.1016/j.echo.2023.07.007.
- [46] Farragher JF, Davis JA, Polatajko HJ, et al. Training clinicians in a problem-solving fatigue programme for patients receiving maintenance haemodialysis[J]. *J Ren Care*, 2022, 48(4): 272–282. doi: 10.1111/jorc.12398.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 蒋家富, 魏立春, 徐晟, 等. 累及内脏区主动脉病变腔内治疗的技术进展与临床挑战[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(12): 2688–2695. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250202

Cite this article as: Jiang JF, Wei LC, Xu S, et al. Endovascular management of aortic diseases involving the visceral segment: technical advances and clinical challenges[J]. *Chin J Gen Surg*, 2025, 34(12): 2688–2695. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250202

本刊对来稿中统计学处理的有关要求

1. 统计研究设计: 应交代统计研究设计的名称和主要做法。如调查设计(分为前瞻性、回顾性或横断面调查研究); 实验设计(应交代具体的设计类型, 如自身配对设计、成组设计、交叉设计、正交设计等); 临床试验设计(应交代属于第几期临床试验, 采用了何种盲法措施等)。主要做法应围绕四个基本原则(随机、对照、重复、均衡)概要说明, 尤其要交代如何控制重要非试验因素的干扰和影响。

2. 资料的表达与描述: 用 $\bar{x} \pm s$ 表达近似服从正态分布的定量资料, 用 $M(IQR)$ 表达呈偏态分布的定量资料; 用统计表时, 要合理安排纵横标目, 并将数据的含义表达清楚; 用统计图时, 所用统计图的类型应与资料性质相匹配, 并使数轴上刻度值的标法符合数学原则; 用相对数时, 分母不宜小于 20, 要注意区分百分率与百分比。

3. 统计分析方法的选择: 对于定量资料, 应根据所采用的设计类型、资料所具备的条件和分析目的, 选用合适的统计分析方法, 不应盲目套用 t 检验和单因素方差分析; 对于定性资料, 应根据所采用的设计类型、定性变量的性质和频数所具备条件以分析目的, 选用合适的统计分析方法, 不应盲目套用 χ^2 检验。对于回归分析, 应结合专业知识和散布图, 选用合适的回归类型, 不应盲目套用简单直线回归分析, 对具有重复实验数据的回归分析资料, 不应简单化处理; 对于多因素、多指标资料, 要在一元分析的基础上, 尽可能运用多元统计分析方法, 以便对因素之间的交互作用和多指标之间的内在联系进行全面、合理地解释和评价。

4. 统计结果的解释和表达: 当 $P < 0.05$ (或 $P < 0.01$) 时, 应说明对比组之间的差异有统计学意义, 而不应对对比组之间具有显著性(或非常显著性)的差别; 应写明所用统计分析方法的具体名称(如: 成组设计资料的 t 检验、两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的 q 检验等), 统计量的具体值(如 $t=3.45$, $\chi^2=4.68$, $F=6.79$ 等)应尽可能给出具体的 P 值(如 $P=0.0238$); 当涉及总体参数(如总体均数、总体率等)时, 在给出显著性检验结果的同时, 再给出 95% 置信区间。

中国普通外科杂志编辑部