



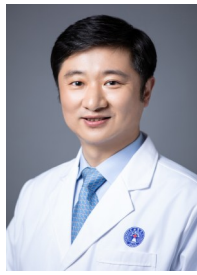
doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250257
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250257
China Journal of General Surgery, 2025, 34(6):1121-1129.

· 述评 ·

腹主动脉瘤腔内修复术中内漏问题的处理要点、难点及思考

凡杰夫, 陆清声

(中国人民解放军海军军医大学附属长海医院 血管外科, 上海 200433)



陆清声

摘要

内漏是导致腹主动脉瘤腔内修复术 (EVAR) 术后远期疗效不佳和再干预的重要原因。预防和处理内漏是提高 EVAR 手术安全性和有效性的关键。本文旨在总结 EVAR 术中对于各种类型内漏处理的难点和要点, 为降低术后内漏的发生率提供指导。

关键词

主动脉瘤, 腹; 血管内操作; 内漏
中图分类号: R654.3

Key points, challenges, and considerations in managing endoleaks during endovascular aneurysm repair for abdominal aortic aneurysm

FAN Jiefu, LU Qingsheng

(Department of Vascular Surgery, Changhai Hospital, Naval Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract

Endoleak is a major cause of poor long-term outcomes and reintervention after endovascular aneurysm repair (EVAR) for abdominal aortic aneurysms. The prevention and management of endoleaks are critical to improving the safety and efficacy of EVAR procedures. This article aims to summarize the key challenges and strategies in managing various types of endoleaks during EVAR, providing guidance to reduce the incidence of postoperative endoleaks.

Key words

Aortic Aneurysm, Abdominal; Endovascular Procedures; Endoleak

CLC number: R654.3

腹主动脉瘤腔内修复术 (endovascular aneurysm repair, EVAR) 凭借微创手术、住院时间短以及早期并发症与病死率低等因素, 成为主流治疗方法。

然而, 术后伴随着较高频率随访及提升再干预需求等问题。术后随访主要观察动脉瘤囊扩张程度、移植物稳定状况、有无闭塞和感染状况。其中,

基金项目: 上海市优秀学术带头人基金资助项目 (23XD1405000)。

收稿日期: 2025-05-07; 修订日期: 2025-06-23。

作者简介: 陆清声, 中国人民解放军海军军医大学附属长海医院主任医师, 主要从事主动脉夹层和主动脉瘤方面的研究。

通信作者: 陆清声, Email: luqs@newvascular.cn

内漏是因瘤腔内持续血流所致，是动脉瘤囊增大和需要再次开展干预的主要原因。为了降低内漏风险，在手术过程中采用多维度预防性手段，可有效提高手术的持久安全性和治疗效果，本文着重分析EVAR术中和术后应对内漏的要点和技术上的难题，以期提高临床诊疗水平，让治疗计划更加科学合理，减少术后内漏出现的概率。

1 内漏的分类和发病率

EVAR术后内漏能分成I~V类（图1）。I型内漏体现为近端（Ia）和远端（Ib）锚定区封闭不佳，可能由支架移植物选型有误、定位偏差或者病理发展导致，临床统计发生率在5%~10%。若采用烟囱支架技术，沟槽区出现渗漏呈现Ia类内漏，

占比会提升到30%。II型内漏由瘤囊内腰动脉、肠系膜下动脉等侧支血液倒灌引起，发病率保持在10%~20%。III型内漏大多跟支架破裂/组件位移有联系，IV型内漏主要是覆膜支架孔隙率过高造成，现在学界用“内张力”指代来源不明内漏和其余未分类内漏情况，III~V型内漏临床出现率约为1%~3%^[1-2]。

虽然延迟期计算机体层成像血管造影（computed tomography angiography, CTA）常常被看作内漏检测的权威手段，但文献指出，综合DUS、非增强CT和MRI检测手段，能让内漏在1~4年随访期的检出比例从35%逐步提升到92%^[3]。因此，深入研究EVAR术中对内漏的预防和治疗策略显得尤为重要。

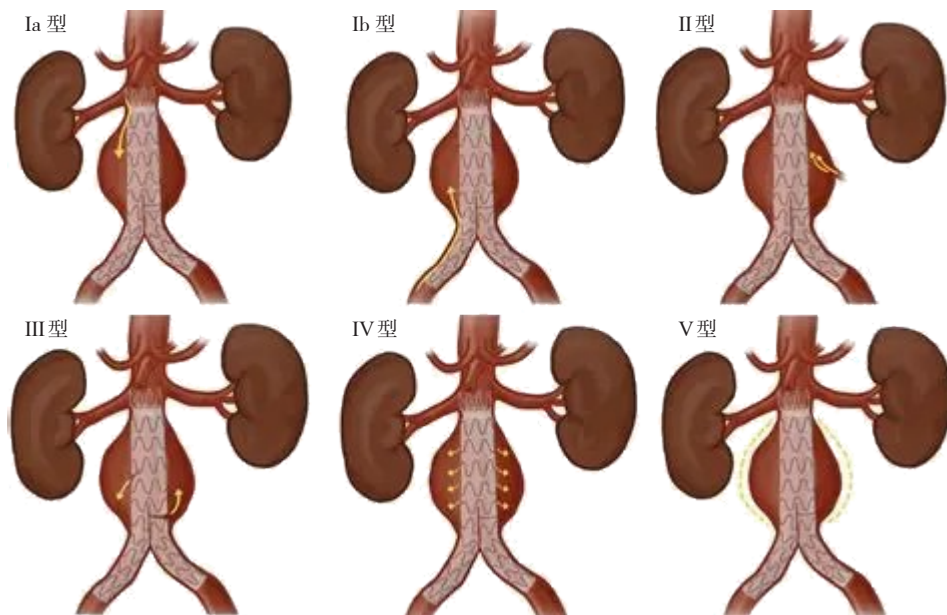


图1 I~V型内漏的分类与成因^[3]

Figure 1 Classification and causes of types I-V endoleak^[3]

2 I型内漏处理

Ia型内漏常在移植物部署后即刻出现，因此术中迅速识别并及时干预至关重要。合理的支架选择和部署是预防Ia型内漏的基石，EVAR术中的处理策略主要包括加强近端锚定区的稳定性和封闭内漏口。而Ib型内漏多在术后晚期发生，术中关键在于预防性延长远端锚定区，以减少其发生。

2.1 Ia型内漏的术中处理

2.1.1 合理的支架部署 合理的支架部署是预防

EVAR术后I型内漏的关键策略之一。手术成败和并发症发生率跟支架合理筛选与精准定位密切相关，在挑选支架阶段，需要全方位评估患者解剖特性、病变情形以及手术精准度的要求。

合适选择oversize参数是确保支架与血管贴合紧密的关键。现有文献^[4]主张，把EVAR支架oversize的安全界限设置为10%~20%。进行oversize设计时，需全面考虑主动脉的解剖结构和病理情况，而系统评估主动脉管径变化、血管弯曲程度和病变分期，是确定oversize率的基本准则^[5]。过

度 oversize 容易造成支架变形、耐久性降低、内膜撕裂,腔内湍流也有引发栓塞的风险^[4]。根据胸主动脉夹层患者的临床资料,支架远端过度 oversize 被认为是术后新破口形成的关键原因,会使假腔内血流方向反向、压力增大,最终导致动脉瘤退变^[5]。

对于涉及主动脉分支结构复杂瘤变的病例而言, Ia型内漏出现的概率明显增大,这主要源于瘤颈解剖结构的多样变化,诸如瘤颈变短、角度太大、逆向锥形、严重钙化以及多个血栓附着等问题,致使支架与主动脉壁适配不佳^[6]。带有分支与开窗设计的支架,其开窗区域和分支血管对合不整齐或窗口过大,也和内漏的发生息息相关^[7]。为了攻克这类局限,临床定制支架(physician modified stent grafts, PMSG)应运而生,它能依据患者特有的解剖构造,做到按需定制,从而更灵活地应对复杂的主动脉弓或胸腹主动脉病变的多变性^[8]。Zhang等^[9]指出,胸主动脉腔内血管修复术(thoracic endovascular aortic repair, TEVAR)在操作阶段,可对PMSG实施台上预开窗操作,使支架在体内与弓上分支血管精确吻合,避免干扰分支动脉血流,有效遏制主动脉夹层和动脉瘤病情发展。术中I型内漏发生率仅为3.6%,远远低于烟囱支架介导的TEVAR(17.9%)。为缩短PMSG制作时间以及开窗操作对支架的破坏影响,术者团队研制出模块式支架^[9]。其设计特性能够让支架模块实现按需配置与优化,适应多种解剖形态,采用模块化组件搭配办法,对解剖差异的包容性更大^[10],为复杂主动脉病变的治疗提供了更高效、更稳定的临床措施。

2.1.2 加固近端锚定 在EVAR术中,加固近端锚定区是预防和处理I型内漏的标准方法。对于术中即刻发现的Ia型内漏,球囊辅助下对支架移植物颈部形态进行调整是一线干预方法。Millen等^[11]证实,在EVAR术中球囊扩张技术使94%的I型内漏明显改善。倘若球囊扩张未达理想效果,适宜开展裸支架植入术,例如Cordis供应的Palmaz支架,可达成管腔充分扩张。Arthurs等^[12]对Palmaz支架术中处理Ia型内漏的临床数据进行分析,随访125例患者5年,结果显示89%的患者未出现Ia型内漏。

EndoAnchors装置作为预防办法,可在EVAR和TEVAR术后辅助固定腔内支架移植物,增强其持久固定效果。如同开放吻合术,该系统通过在

主动脉壁植入螺旋式锚钉,让支架稳定固定。Heli-FX EndoAnchor系统随访数据显示,对于解剖结构复杂、近端锚定区条件差的主动脉瘤患者,此装置安全性可靠、疗效显著,有长期稳定治疗优势。使用该系统大幅降低Ia型内漏发生率,提高动脉瘤囊闭合程度,减少患者对后续并发症的顾虑^[13]。

2.1.3 延长近端锚定区 倘若球囊扩张没实现预期目标、瘤颈长度不达标或支架植入位置过低引发Ia型内漏,可通过植入CUFF支架进行临床应对,CUFF支架作为主体支架的扩展部件,能在多种腔内移植系统中应用^[14]。Rajani等^[15]对45例用CUFF支架治疗Ia型内漏的病例情况进行回顾性剖析,统计显示术后出现Ia型内漏的患者占6.7%,显著低于常规水平,研究说明CUFF支架处理特定Ia型内漏存在潜在益处。

2.1.4 内漏口栓塞和瘤腔填塞 内漏口单纯栓塞对Ia型内漏预防效果不佳。用Onyx胶封堵内漏口后,随访1 357 d,内漏复发和囊增长比例分别是80%和85%^[16]。临床多将内漏口栓塞作为附加预防操作,对支架近端球囊扩张后,用Onyx胶栓塞残余漏口能优化治疗结果^[11]。瘤腔填充有望成为预防Ia型内漏的更好方法,借助弹簧圈、Onyx胶、纤维蛋白粘合剂等材料对瘤腔进行非选择性填充,可有效防止Ia型内漏产生^[17]。有研究^[17]指出,瘤腔内使用纤维蛋白粘合剂是预防内漏的有效办法,107例瘤颈结构复杂的受试者,在接近89.1个月的观察期里,仅1例(0.93%)发生I型内漏问题。

2.2 Ib型内漏的术中处理

远端密封区解剖参数对Ib型内漏预后有着关键影响。为预防Ib型内漏,可把支架移植物远端伸至髂血管,且支架移植物需至少覆盖70%的髂总动脉长度^[18]。Bahroloomi等^[19]证实,髂外动脉段支架覆盖能显著降低Ib型内漏风险,遏制动脉瘤的扩大。对支架远端做适度扩张很有必要,实验数据^[18]显示,15%的oversize比例对髂总动脉最优。Wang等^[20]证实,支架远端oversize处于10%以下,Ib型内漏发生率为4.5%;若oversize达到10%以上,3年统计中仅有1.8%病例发生Ib型内漏。增大支架远端直径至合适范围可能对Ib型内漏的形成起到抑制作用,但采用钟底式支架进行远端扩张的方案存在显著争议。多项研究指出,在髂动脉区域设置钟底支架与动脉瘤扩张风险上升相关,会造

成Ib型内漏的出现^[21]。这是因为该装置一般会把支撑末端放置在血管壁薄弱且异常膨大的位置，由此引发的持久应力会集中在病变血管段，进而导致血管壁机械性损伤和形态扩张，促使内漏再次产生^[21]。

2.3 术后管理

在术后随访观测时出现I型内漏，可依照前文方案进行临床干预及修复，若病情加重，可考虑运用补充手段拓展锚定范围，例如采用烟囱或潜望镜技术^[22]。其核心操作是把辅助支架移植物和主支架平行安置，维持延长锚定区的内脏分支血流^[22]。Montelione等^[23]阐述了24例在EVAR术后运用烟囱技术或者潜望镜技术来矫正Ia型内漏的病例，有21例（87%）患者达成有效控制，另外3例（13%）的病例瘤囊直径仍不断增长且幅度超5 mm。对于存在Ib型内漏的情况，临床一般采取同侧髂内动脉栓塞的治疗策略，并且将移植物扩展到髂动脉远端^[14]。鉴于支架间没有充分贴合，这种技术会使主支架难以和血管壁达到较好的贴合程度，导致术后出现Ia型内漏的可能性增大^[22]。因此，尽管烟囱和潜望镜支架技术并非内漏修补的完美方案，但对于无法承受长时间手术的高风险患者或需要紧急处理的症状性动脉瘤患者，鉴于其操作简单，仍然是一个可行的治疗选择。

2.4 I型内漏处理要点小结

与开放手术直接缝合血管和移植物相比，EVAR术中支架与血管的连接通常较为薄弱，容易在疾病进展或支架移植物形态失稳时引发I型内漏。因此，I型内漏的处理要点在于加强移植物与血管壁间的贴合。为了达到这一目的，增强径向支撑力、延长锚定区以及采用支架-血管吻合技术是目前主要的处理策略。选择适宜的处理方法需根据患者的局部解剖结构和病变特征而定，这是处理I型内漏的挑战所在。

增大支架的径向支撑力适用于锚定区较短且血管强度较高的情况。选择合适的oversize比例，既能保证良好的贴合性，又能避免对血管结构和功能的过度损伤。延长锚定区长度的策略适合于分支血管较少、可用锚定区较长的血管区域，能在一定程度上减少支架张力对血管壁的影响，但对解剖条件要求较高，需防止重要分支血管的阻塞。基于EndoAnchor技术的支架-血管吻合提供了一种更为牢固的锚定方式，其锚定强度可与开放

手术相媲美。然而，这种透壁性铆钉固定是否会损伤血管结构、影响血管的正常形态和活动，以及其长期疗效，仍需进一步研究确定。

3 II型内漏处理

II型内漏是EVAR术后发生率最高的内漏类型。影响II型内漏形成的关键参数有腰动脉和肠系膜下动脉在瘤囊处分支的多少、血管的粗细、是否通畅以及瘤腔血栓的厚度^[24]。对于内漏高危人群，预防II型内漏比后期干预更重要。

3.1 术中处理

3.1.1 分支动脉栓塞 在支架移植物置入术前，对瘤体囊腔里的主要分支进行预防性栓塞，能有效防范II型内漏，已有很多研究表明，分支动脉栓塞对预防II型内漏效果良好。Alerci等^[25]对124例EVAR术前患者进行腰动脉栓塞研究，两组对比显示，未栓塞组术后5年II型内漏发生率（47.8%）远远高于栓塞组（3.6%）。Piazza团队^[26]同样观察到类似现象，术前进行栓塞处理有加快瘤囊消退的功效。Biancari等^[27]综合分析得出，实施肠系膜下动脉栓塞后，II型内漏发生率为19.9%，未栓塞组为41.4%。因此，预防性分支动脉栓塞被广泛认为是降低II型内漏发生率的有效手段。鉴于II型内漏相关不良后果概率不大，在决定是否开展预防性分支动脉栓塞治疗时，要全面考量患者II型内漏的潜在风险和个人特点，形成更适合患者的治疗方案^[27]。

3.1.2 瘤腔填充 瘤腔填充是一种在支架移植物植入后采用特殊材料封堵和填充瘤腔的技术，旨在隔绝瘤腔以防止内漏。多项实验说明，瘤腔填充技术能够积极降低1年期II型内漏和再干预率。然而，Piazza课题组^[26]证实，术后2年观察期里，是否进行瘤腔填充对内漏发生影响不突出。因此，为全面评估瘤腔填充的远期效果，需要开展更多高质量随机对照试验。临床治疗效果的不同或许跟填充材料特性存在密切关联。目前，临床上常用的填充材料是金属弹簧圈和液体栓塞剂，包括Onyx胶和纤维蛋白粘合剂^[28-29]。固体栓塞材料金属弹簧圈具备可控性较好、安全性高等优势。然而，研究^[30]表明，植入的弹簧圈固体体积仅占动脉瘤腔的19%（5%~42%），剩余瘤腔部分由腔内自发形成的血栓凝块填充。因此，弹簧圈的瘤腔填充

效果很大程度上依赖于患者自身的凝血功能,且可能受到抗凝药物的影响。尤其在大瘤腔中使用时,存在II型内漏复发的风险。此外,弹簧圈可能发生压缩和移位,影响远期疗效^[31]。近年来,业界对液体栓塞材料优势有了新见解。Abularrage等^[32]实验显示,运用液态聚合物胶,Onyx胶的临床成功率达到79%以上、技术成功率达到90%以上,长期随访表明Onyx胶组成功率远高于传统治疗手段(91%和23%)。然而,Onyx胶存在一些局限性,如价格昂贵,可能引发术后并发症的发生,并且在CTA随访中会产生条纹状伪影,这会干扰对内漏和疾病进展的准确评估^[33]。纤维蛋白粘合剂这种液态生物胶材料,疗效获众多医疗单位实践确认。纤维蛋白粘合剂由人源的纤维蛋白原和凝血酶组成,其作用机制与生理凝血过程一致,通过纤维蛋白的组装和凝血酶的作用促进瘤腔内血液凝固^[34]。Zanchetta等^[35]报道了使用纤维蛋白粘合剂进行动脉瘤囊栓塞的经验显示,术中蛋白胶填充显著降低II型内漏的远期发生率。纤维蛋白粘合剂可快速占据瘤囊及分支空间,形成刚性填充物,有力阻止内漏再次发生,不依赖患者凝血机制,效果更靠谱^[36-37]。液体栓塞剂可控性比固体材料差,有操作门槛,但近年来,越来越多的医疗中心开始接受并应用液体栓塞剂,其在临床实践中的应用前景值得期待。

3.2 术后处理

在术后随访期间,处理II型内漏的临床手段和术中干预方法类似,会进行经动脉分支栓塞或者经腹腔瘤腔填塞治疗。经动脉途径栓塞分支血管是常规的治疗手段^[2,38]。术后检查识别出造成内漏的源动脉后,实施针对性栓塞操作,能够切断内漏的起始和回流途径。动脉来源的内漏血液一般被当作选择动脉入路的主要考量^[39-40]。例如,腰椎动脉来源的内漏通常通过同侧髂内动脉和髂腰动脉进入;肠系膜下动脉来源的内漏通过股动脉,经肠系膜上动脉进入。另一种方法是穿刺进入动脉瘤囊后实施的瘤腔填充技术,随着穿刺技术的不断探索,这一方法逐渐显示出其优势^[41-42]。经腰途径是指从腰椎旁或腹部穿刺进入瘤腔,该方法在影像引导下进行,需特别注意避免对脏器和血管造成损伤^[43]。经下腔静脉途径通常被作为替代方案使用,也具备较高的安全性技术成功率^[44]。

近年来,随着对血管位置和解剖结构的进一步认识,新的入路方法被推出,例如Ogawa等^[45]报道了一种具备更高安全性的经椎弓根穿刺方法。

目前,关于II型内漏术后的首选治疗办法尚无定论,也没有前瞻性研究直接比较动脉分支栓塞和经皮瘤腔填充这两种方法的疗效。依据Sidloff等^[46]的Meta分析,经皮动脉瘤腔填充术成功占比是71%,相较于分支动脉栓塞62.5%的成效更突出。Yang团队^[47]研究发现,两种处理模式对II型内漏预后影响大致相同,经皮途径的瘤腔填充操作,手术和透视时间花费更少。这些研究结果表明,经腔内瘤腔栓塞可能作为II型内漏的优选治疗策略,这与手术过程中采用的II型内漏预防手段相吻合。

II型内漏是否需要干预以及干预时机一直是学术界讨论的焦点。基于4项EVAR试验的新近Meta分析^[48]显示,实际入组的2783例患者里,II型内漏占比11.7%,II型内漏患者的再干预率为22%(99/435)。而学者们对II型内漏干预的适应时机看法不同,尽管对II型内漏进行处理能够抑制瘤囊的膨大、显著缩小瘤腔尺寸,但是这种处理和生存率提升的关系还未得到证实,当出现II型内漏且瘤囊明显扩张时,推荐进行临床处理;若动脉瘤囊没有出现增大的迹象,II型内漏患者可采用当地医院诊疗方案,借助CTA或超声定期做影像观察。

3.3 II型内漏处理要点小结

与开放手术不同,EVAR保留了病变血管,形成了残留的瘤腔,为内漏的发生埋下了隐患。因此,防治II型内漏的关键在于彻底消除残留瘤腔。预防性分支动脉栓塞和瘤腔填充都是降低II型内漏发生率的有效策略^[49]。预防性分支动脉栓塞通过封闭瘤腔与系统循环的交通口来增强对瘤腔的隔绝,但该技术的难点在于分支动脉的数量不定和栓塞操作的复杂性,导致术前栓塞难以完全实施。笔者认为,瘤腔填充技术是更为适宜的II型内漏处理方法,原因包括:首先,瘤腔填充能使瘤腔固化,从根本上消除残腔,有效预防II型内漏;其次,该技术操作简便,所需的额外干预时间和透视时间通常少于分支动脉栓塞。目前,填充材料是限制瘤腔填充技术发展的主要瓶颈,未来研究应聚焦于开发能完全填充瘤腔、长期结构稳定、并具有生物活性的新型材料。

4 III型内漏处理

III型内漏通常源于模块化移植物组件的分离(IIIa)或覆膜支架的缺陷(IIIb)。简单的III型内漏多由支架密封不完善、移植物覆盖不充分与远端支架偏移引起。凭借手术经验的累积和支架技术的突破,简单III型内漏的发病概率逐年递减^[50]。II Ia型内漏的复杂化和支架移植物错位存在直接关联,开展需开窗处理的EVAR与TEVAR手术过程中,鉴于人工血管连接部位数量增加,III型复杂内漏发生率或许会上升^[51]。尤其是在血管分叉处,例如内脏分支血管区域,由于真腔出现扭曲狭窄状况,对主体支架的充分展开产生影响,分支血管对合效果不好,使得开窗覆膜支架和桥接支架之间发生III型内漏的概率可达6.8%^[51]。复杂III型内漏发生率可通过采用一体化分支支架来显著降低,其能减少拼接操作、优化组件间连接效果^[50]。为了进一步降低复杂III型内漏的风险,采用一体化分支支架是减少支架拼接、确保支架组件间充分连接的有效策略^[8]。而在难以部署分支支架的狭窄血管区域,定制预开窗覆膜支架显得尤为关键,这包括精确的术前设计、强大的径向支撑力以扩张真腔、精确的主体支架递送与释放,以及精准的分支血管对位^[9]。

5 IV型内漏处理

IV型内漏的发病率较低。研究^[52]认为IV型内漏对于疾病预后影响较小,推荐进行非侵入性治疗和定期评估。然而,在长期随访中发现,IV型内漏可能会阻碍瘤腔的缩小,甚至加快疾病的进展^[53]。支架移植物和覆膜材料的改进可更有效地抑制IV型内漏,利用低孔隙率涤纶或覆低渗透膜聚四氟乙烯支架能大幅降低其出现概率^[52]。这些改进的支架设计有助于降低术后内漏的发生,从而提高EVAR术的远期疗效。

6 V型内漏处理

V型内漏,又称内张力(endotension),其特点是原发性瘤腔压力上升以及继发性囊扩张。在V型内漏病例中,瘤腔内没有新鲜血液流动,而是陈旧血栓液化形成的浆液,由此能推断出,瘤腔和

体循环没有直接连通,然而瘤腔内压力长期升高的原因还不明确^[54]。有研究^[54]认为,瘤腔内增加的压力可能源自瘤腔内的血凝块。机化不良的血栓和纤维蛋白的沉积可能导致持续性的血清析出。其他研究^[55]表明,内张力的出现可能与覆膜支架的强度相关。近期研究表明,内张力的产生可能与覆膜支架强度有关,系统性循环血压通过机械强度较低的覆膜材料传播,比如薄规格ePTFE支架就存在这样的现象,专业术语将其称为“横膈膜效应”^[55]。然而,这些理论仍缺乏确切的证据证实。目前,尚无研究表明内张力导致患者动脉瘤破裂的风险增加。学界针对V型内漏干预标准达成一致,若动脉瘤囊直径增大超8 mm,通常要追加临床干预措施^[54]。鉴于对内张力来源认知有限,V型内漏临床处置策略至今未能统一规范。有研究^[54]表明,采用弹簧圈栓塞能够显著减轻瘤腔压力负载,采用瘤腔填充方式可能有效应对V型内漏问题。Zhang等^[56]的随机对照试验研究表明,纤维蛋白粘合剂在EVAR术中的应用能有效降低瘤内压力。三维重建呈现出,在纤维蛋白粘合剂引发的凝血阶段,所生成凝血块的纤维蛋白网状结构变得更密集,紧凑的纤维排列或许能削弱血液冲击力的传导,据此可推断,如同II型内漏,EVAR术后未处理的瘤腔是V型内漏的根源,处理EVAR术后瘤腔以根除瘤腔是应对V型内漏的首要策略。

7 小结与展望

总体而言,内漏的有效预防和治疗依赖于精确的术前评估、合理选择支架移植物、增强支架与血管的吻合牢固度,以及彻底消除残留瘤腔。这些策略的成功实施和持续完善,需要依托材料科学的进步和新型腔内器械的研发。未来,从临床需求出发,不断探索新型材料和移植物的腔内应用,将为EVAR技术的持续改进注入动力。

作者贡献声明:凡杰夫负责文献检索、内容撰写,并参与全文修订;陆清声负责研究选题、综述框架设计、学术方向把控、关键内容审校及最终定稿。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 王玉竹,张帅,周雨,等.腹主动脉瘤腔内修复术后并发症相关危险因素研究进展[J].中国普通外科杂志,2024,33(12):2077-2082. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.12.017.
Wang YZ, Zhang S, Zhou Y, et al. Research progress on risk factors associated with postoperative complications of endovascular repair for abdominal aortic aneurysms[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(12): 2077-2082. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2024.12.017.
- [2] 吴科敏,周海洋,李瑶珍,等.腹主动脉瘤腔内修复术后II型内漏的处理[J].中国普通外科杂志,2021,30(12):1418-1426. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.12.005.
Wu KM, Zhou HY, Li YZ, et al. Management of type II endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair[J]. China Journal of General Surgery, 2021, 30(12):1418-1426. doi:10.7659/j. issn.1005-6947.2021.12.005.
- [3] Rokosh RS, Wu WW, Dalman RL, et al. Society for Vascular Surgery implementation of clinical practice guidelines for patients with an abdominal aortic aneurysm: Endoleak management[J]. J Vasc Surg, 2021, 74(6):1792-1794. doi: 10.1016/j.jvs.2021.04.042.
- [4] Donik Ž, Li W, Nnate B, et al. A computational study of artery curvature and endograft oversize influence on seal zone behavior in endovascular aortic repair[J]. Comput Biol Med, 2024, 178: 108745. doi:10.1016/j.combiomed.2024.108745.
- [5] Nana P, Spanos K, Kouvelos G, et al. The impact of iliac artery anatomy on distal landing zone after EVAR during the 12-month follow-up[J]. Ann Vasc Surg, 2023, 88: 354-362. doi: 10.1016/j.avsg.2022.06.011.
- [6] 周为民,周卫,邱结华,等.复杂主动脉病变的腔内治疗和杂交手术[J].中国普通外科杂志,2013,22(12):1553-1557. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2013.12.006.
Zhou WM, Zhou W, Qiu JH, et al. Endovascular surgery and hybrid procedures for complex aortic diseases[J]. China Journal of General Surgery, 2013, 22(12): 1553-1557. doi: 10.7659/j. issn.1005-6947.2013.12.006.
- [7] 何孟伟,霍威学,张恒,等.开窗/分支支架治疗胸腹主动脉扩张性病变的临床效果分析[J].中国普通外科杂志,2023,32(12):1882-1891. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.12.007.
He MW, Huo WX, Zhang H, et al. Analysis of clinical efficacy of fenestration/branched stent-graft for dilatation of the thoracoabdominal aorta[J]. China Journal of General Surgery, 2023, 32(12): 1882-1891. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2023.12.007.
- [8] DiBartolomeo AD, Manesh M, Hong J, et al. Three-year outcomes of off-the-shelf Gore thoracoabdominal multibranch endoprosthesis and physician-modified endografts for complex abdominal and thoracoabdominal aortic aneurysms[J]. J Vasc Surg, 2024, 80(6): 1627-1636. doi:10.1016/j.jvs.2024.07.107.
- [9] Zhang L, Wu MT, Zhu GL, et al. Off-the-shelf devices for treatment of thoracic aortic diseases: midterm follow-up of TEVAR with chimneys or physician-made fenestrations[J]. J Endovasc Ther, 2020, 27(1):132-142. doi:10.1177/1526602819890107.
- [10] Gouveia E Melo R, Mendes Pedro L. The G-branch off the shelf endograft: a new kid in town?[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2024, 67(3):426. doi:10.1016/j.ejvs.2023.11.038.
- [11] Millen AM, Osman K, Antoniou GA, et al. Outcomes of persistent intraoperative type Ia endoleak after standard endovascular aneurysm repair[J]. J Vasc Surg, 2015, 61(5): 1185-1191. doi: 10.1016/j.jvs.2014.12.041.
- [12] Arthurs ZM, Lyden SP, Rajani RR, et al. Long-term outcomes of Palmaz stent placement for intraoperative type Ia endoleak during endovascular aneurysm repair[J]. Ann Vasc Surg, 2011, 25(1):120-126. doi:10.1016/j.avsg.2010.08.004.
- [13] Reyes Valdivia A, Oikonomou K, Milner R, et al. The effect of EndoAnchors on aneurysm sac regression for patients treated with infrarenal endovascular repair with hostile neck anatomies: a propensity scored analysis[J]. J Endovasc Ther, 2024, 31(3): 438-449. doi:10.1177/15266028221127839.
- [14] Mesnard T, Daher M, Patterson BO, et al. Type IA endoleak correction with fenestrated devices after EVAR: outcomes and predictors of secondary failure[J]. J Endovasc Ther, 2025. doi: 10.1177/15266028251319140. [Online ahead of print]
- [15] Rajani RR, Arthurs ZM, Srivastava SD, et al. Repairing immediate proximal endoleaks during abdominal aortic aneurysm repair[J]. J Vasc Surg, 2011, 53(5):1174-1177. doi:10.1016/j.jvs.2010.11.095.
- [16] Patel S, Pavlidis V, Ameli-Renani S, et al. Long-term outcomes following transarterial embolisation of proximal type I endoleaks post-EVAR[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2023, 46(4):428-435. doi:10.1007/s00270-022-03342-5.
- [17] Lu Q, Feng J, Yang Y, et al. Treatment of type I endoleak after endovascular repair of infrarenal abdominal aortic aneurysm: success of fibrin glue sac embolization[J]. J Endovasc Ther, 2010, 17(6):687-693. doi:10.1583/10-3084.1.
- [18] Walter C, Kliewer M, Taher F, et al. Factors influencing stent graft occlusion in endovascular repair of internal iliac artery aneurysms[J]. J Vasc Surg, 2025, 81(6): 1327-1334. doi: 10.1016/j.jvs.2025.01.224.
- [19] Bahroloomi D, Qato K, Nguyen N, et al. External iliac artery extension causes greater aneurysm sac regression than the bell-bottom technique or iliac branch endoprosthesis for repair of concomitant infrarenal aortic and iliac artery aneurysm[J]. J Vasc

- Surg, 2022, 76(1):132-140. doi:10.1016/j.jvs.2021.12.062.
- [20] Wang J, Wang T, Zhao J, et al. Effect of limb oversizing on the risk of type Ib endoleak in patients after endovascular aortic repair[J]. *J Vasc Surg*, 2021, 74(4):1214-1221. doi:10.1016/j.jvs.2021.03.020.
- [21] Volteas P, Giannopoulos S, Koudounas G, et al. Endovascular treatment of aortoiliac aneurysms with the bell-bottom technique: a systematic review and meta-analysis[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2025, 59(2):143-152. doi:10.1177/15385744241284071.
- [22] 依地热斯·艾山, 李新喜, 田野, 等. 开窗支架与烟囱技术腔内治疗腹主动脉瘤疗效比较的Meta分析[J]. *中国普通外科杂志*, 2019, 28(6):696-705. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.06.008.
- Yidresi·AS, Li XX, Tian Y, et al. Fenestrated endografts versus chimney stent repair for abdominal aortic aneurysms: a Meta-analysis[J]. *China Journal of General Surgery*, 2019, 28(6): 696-705. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.06.008.
- [23] Montelione N, Pecoraro F, Puipe G, et al. A 12-year experience with chimney and periscope grafts for treatment of type I endoleaks[J]. *J Endovasc Ther*, 2015, 22(4):568-574. doi:10.1177/1526602815586972.
- [24] 谭程鹏, 容丹, 刘浩, 等. 腹主动脉瘤腔内修复术中栓塞肠系膜下动脉和腰动脉预防II型内漏的临床意义及研究进展[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(12): 2051-2057. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.12.013.
- Tan CP, Rong D, Liu H, et al. Embolization of the inferior mesenteric artery and lumbar arteries during endovascular aortic repair for the prevention of type II endoleak: clinical significance and research progress[J]. *China Journal of General Surgery*, 2024, 33(12):2051-2057. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.12.013.
- [25] Alerci M, Giamboni A, Wyttenbach R, et al. Endovascular abdominal aneurysm repair and impact of systematic preoperative embolization of collateral arteries: endoleak analysis and long-term follow-up[J]. *J Endovasc Ther*, 2013, 20(5):663-671. doi:10.1583/12-4188MR.1.
- [26] Piazza M, Frigatti P, Scrivere P, et al. Role of aneurysm sac embolization during endovascular aneurysm repair in the prevention of type II endoleak-related complications[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(4):934-941. doi:10.1016/j.jvs.2012.10.078.
- [27] Biancari F, Mariscalco G, Mariani S, et al. Endovascular treatment of degenerative aneurysms involving only the descending thoracic aorta: systematic review and meta-analysis[J]. *J Endovasc Ther*, 2016, 23(2):387-392. doi:10.1177/1526602815626560.
- [28] Fujitsuna R, Ueda T, Saito H, et al. Initial outcomes of embolization for type II endoleak: comparison of n-butyl cyanoacrylate-ethiodized oil mixture with n-butyl cyanoacrylate-ethiodized oil-ethanol mixture[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2024, 35(11):1673-1680. doi:10.1016/j.jvir.2024.07.023.
- [29] Osztrogonacz P, Berczeli M, Lumsden AB, et al. Image guidance techniques and treatment approach optimization in the management of type-II endoleak after endovascular aortic aneurysm repair[J]. *Ann Vasc Surg*, 2024, 99:148-165. doi:10.1016/j.avsg.2023.10.005.
- [30] Yasumoto T, Osuga K, Yamamoto H, et al. Long-term outcomes of coil packing for visceral aneurysms: correlation between packing density and incidence of coil compaction or recanalization[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2013, 24(12): 1798-1807. doi:10.1016/j.jvir.2013.04.030.
- [31] Yagami T, Otani T, Hase S, et al. Safety and efficacy of coil embolization for endoleak prevention as an adjunct to endovascular repair of abdominal aortic aneurysm or subsequently for the repair of endoleak[J]. *Ann Vasc Surg*, 2025, 111:102-109. doi:10.1016/j.avsg.2024.10.027.
- [32] Abularrage CJ, Patel VI, Conrad MF, et al. Improved results using Onyx glue for the treatment of persistent type 2 endoleak after endovascular aneurysm repair[J]. *J Vasc Surg*, 2012, 56(3): 630-636. doi:10.1016/j.jvs.2012.02.038.
- [33] Kim MK, Park YJ, Yang SS, et al. Comparison between Onyx and coil embolization for persistent type 2 endoleaks after endovascular aneurysm repair[J]. *Ann Surg Treat Res*, 2024, 106(3): 178-187. doi:10.4174/astr.2024.106.3.178.
- [34] Chen Y, Zhang L, Liu Z, et al. Fibrin glue sac filling for preventing type II endoleak, short-term outcomes of a prospective randomized controlled trial[J]. *J Endovasc Ther*, 2024, 31(5):1005-1012. doi:10.1177/15266028231159245.
- [35] Zanchetta M, Faresin F, Pedon L, et al. Fibrin glue aneurysm sac embolization at the time of endografting[J]. *J Endovasc Ther*, 2005, 12(5):579-582. doi:10.1583/05-1574MR.1.
- [36] Zhu L, Guo W, Chen L, et al. Contrast-free endovascular aneurysm repair combined with fibrin sealant filling for treating abdominal aortic aneurysm: technical note[J]. *J Endovasc Ther*, 2024: 15266028241237465. doi:10.1177/15266028241237465.
- [37] Wang JX, Liu ZW, Zhang JT, et al. Clinical study of the results of sac prefilling performed to prevent type II endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair[J]. *J Endovasc Ther*, 2025: 15266028251335771. doi:10.1177/15266028251335771.
- [38] Tacher V, Barral PA. Is side branch embolization needed before endovascular aortic aneurysm repair to prevent type II endoleak? [J]. *Diagn Interv Imaging*, 2024, 105(9): 301-302. doi:10.1016/j.diii.2024.04.001.
- [39] Barbosa-Lima GB, Oderich GS, Dias-Neto M, et al. Effectiveness of intra-operative contrast-enhanced ultrasound assessment to optimize type II endoleak embolization[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2024, 47(3):354-359. doi:10.1007/s00270-023-03636-2.

- [40] Robinson N, Tallarita T, Beckermann J, et al. Infected stent graft and severe aortitis after transcaval glue embolization of type II endoleak: a case report[J]. *AME Case Rep*, 2024, 8: 70. doi: 10.21037/acr-23-148.
- [41] Nishijima T, Oishi Y, Kimura S, et al. Efficacy of sac coil embolization in endovascular aortic repair for sac shrinkage in patients at a high risk of type II endoleak from lumbar arteries[J]. *Ann Vasc Surg*, 2024, 103: 122-132. doi: 10.1016/j.avsg.2023.12.069.
- [42] Samura M, Morikage N, Otsuka R, et al. Endovascular aneurysm repair with inferior mesenteric artery embolization for preventing type II endoleak: a prospective randomized controlled trial[J]. *Ann Surg*, 2020, 271(2):238-244. doi:10.1097/SLA.0000000000003299.
- [43] Thomas WR, Karkhanis S, Hopkins J, et al. Translumbar embolization of type II endoleaks: 12 years of experience at a regional vascular centre[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2020, 54(5): 389-394. doi:10.1177/1538574420918972.
- [44] Accarino G, Benenati A, Accarino G, et al. Endovascular treatment of an aortocaval fistula caused by a late type II endoleak[J]. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*, 2024, 10(2): 101436. doi: 10.1016/j.jvscit.2024.101436.
- [45] Ogawa Y, Hamaguchi S, Nishimaki H, et al. Embolization by Direct Puncture with a Transpedicular Approach Using an Isocenter Puncture (ISOP) Method in a Patient with a Type II Endoleak After Endovascular Aortic Repair (EVAR) [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2015, 38(3):731-735. doi: 10.1007/s00270-015-1065-8.
- [46] Sidloff DA, Stather PW, Choke E, et al. Type II endoleak after endovascular aneurysm repair[J]. *Br J Surg*, 2013, 100(10):1262-1270. doi:10.1002/bjs.9181.
- [47] Yang RY, Tan KT, Beecroft JR, et al. Direct sac puncture versus transarterial embolization of type II endoleaks: an evaluation and comparison of outcomes[J]. *Vascular*, 2017, 25(3): 227-233. doi: 10.1177/1708538116663992.
- [48] Qadura M, Pervaiz F, Harlock JA, et al. Mortality and reintervention following elective abdominal aortic aneurysm repair[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(6): 1676-1683. doi: 10.1016/j.jvs.2013.02.013.
- [49] Habib M, D'Oria M, Budtz-Lilly J, et al. International cross-sectional survey on management of type II endoleak and the role of preemptive embolization[J]. *Ann Vasc Surg*, 2025, 115:53-59. doi: 10.1016/j.avsg.2025.02.027.
- [50] Leone N, Andreoli F, Migliari M, et al. Type III endoleak incidence and outcomes in endovascular aortic repair: comparison of anatomical and proximal fixation devices[J]. *J Endovasc Ther*, 2024:15266028241255541. doi:10.1177/15266028241255541.
- [51] Aras T, Tayeh M, Aswad A, et al. Exploring type IIIb endoleaks: a literature review to identify possible physical mechanisms and implications[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(15): 4293. doi: 10.3390/jcm13154293.
- [52] Nishi H, Kitahara M, Taguchi T, et al. Diagnosis of type IV endoleak after endovascular aneurysm repair using visualization with novel software[J]. *Cureus*, 2024, 16(5): e60527. doi: 10.7759/cureus.60527.
- [53] Abatzis-Papadopoulos M, Tigkiropoulos K, Nikas S, et al. Endograft anaconda in endovascular aneurysm repair: a systematic review of literature and meta-analysis[J]. *Ann Vasc Surg*, 2024, 104: 93-109. doi:10.1016/j.avsg.2023.06.029.
- [54] Pellenc Q, Benali K, Milleron O, et al. Red blood cell scintigraphy and the controversy of endotension after aortic aneurysm endovascular repair[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2024, 67(1):173-174. doi:10.1016/j.ejvs.2023.10.012.
- [55] Zhang J, Teter K, Ramkhalawon B, et al. Fenestrated endovascular aortic aneurysm repair is associated with increased sac regression on postoperative volumetric analysis compared to endovascular aortic aneurysm repair[J]. *Ann Vasc Surg*, 2025, 115: 74-82. doi: 10.1016/j.avsg.2025.01.034.
- [56] Zhang L, Zhao W, Wu MT, et al. Long-term outcome of sac filling with fibrin sealant after endovascular aneurysm repair of abdominal aortic aneurysm with challenging aortic neck anatomy[J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70(2):471-477. doi:10.1016/j.jvs.2018.10.113.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式: 凡杰夫, 陆清声. 腹主动脉瘤腔内修复术中内漏问题的处理要点、难点及思考[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(6):1121-1129. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250257

Cite this article as: Fan JF, Lu QS. Key points, challenges, and considerations in managing endoleaks during endovascular aneurysm repair for abdominal aortic aneurysm[J]. *Chin J Gen Surg*, 2025, 34(6): 1121-1129. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250257