

血液透析血管通路失败：从基础理论到临床实践的全面综述

傅青云*, 高宁, 龙伟

益阳市中心医院肾内科, 湖南 益阳

收稿日期: 2025年6月20日; 录用日期: 2025年7月25日; 发布日期: 2025年8月1日

摘要

本文全面综述了血液透析血管通路失败的相关研究, 涵盖了基础理论、临床实践、技术进展、历史演变、现状分析、未来展望及争议点等多个方面。在基础理论部分, 阐述了不同类型的血管通路(如动静脉瘘、动静脉移植物和隧道式导管)、其病理机制及流行病学特征; 临床实践部分聚焦于诊断技术、治疗策略与临床管理经验; 技术进展部分介绍了影像学评估、生物标志物研究及微创介入技术的应用; 历史演变部分回顾了血管通路管理的发展历程、早期研究及经典案例; 现状分析探讨了现有预测模型、多中心研究结果及国际指南共识; 未来展望则提出了创新预测模型、个性化治疗策略及新的研究方向; 争议点围绕风险因素辨识、预防措施的有效性及其长期管理策略展开讨论。本文旨在为血液透析血管通路失败的研究与临床实践提供全面参考, 以提升患者的治疗效果和生活质量。

关键词

血液透析, 血管通路, 基础理论, 临床实践

Hemodialysis Vascular Access Failure: A Comprehensive Review from Basic Science to Clinical Practice

Qingyun Fu*, Ning Gao, Wei Long

Department of Nephrology Medicine, Yiyang Central Hospital, Yiyang Hunan

Received: Jun. 20th, 2025; accepted: Jul. 25th, 2025; published: Aug. 1st, 2025

Abstract

This paper provides a comprehensive review of research on hemodialysis vascular access failure,

*通讯作者。

文章引用: 傅青云, 高宁, 龙伟. 血液透析血管通路失败: 从基础理论到临床实践的全面综述[J]. 亚洲急诊医学病例研究, 2025, 13(3): 215-227. DOI: 10.12677/acrem.2025.133032

covering multiple aspects including basic theories, clinical practice, technological advancements, historical evolution, current status analysis, future perspectives, and controversial issues. The basic theory section elaborates on different types of vascular access (such as arteriovenous fistula, arteriovenous graft, and tunneled catheter), their pathological mechanisms, and epidemiological characteristics. The clinical practice section focuses on diagnostic techniques, treatment strategies, and clinical management experience. The technological advancements section introduces applications of imaging evaluation, biomarker research, and minimally invasive intervention techniques. The historical evolution section reviews the development process of vascular access management, early studies, and classic cases. The current status analysis discusses existing prediction models, multi-center study results, and international guideline consensus. The future perspectives section proposes innovative prediction models, personalized treatment strategies, and new research directions. Controversial issues center around risk factor identification, effectiveness of preventive measures, and long-term management strategies. This review aims to provide a comprehensive reference for research and clinical practice regarding hemodialysis vascular access failure, with the goal of improving patient treatment outcomes and quality of life.

Keywords

Hemodialysis, Vascular Access, Basic Science, Clinical Practice

Copyright © 2025 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. 血液透析血管通路失败的基础理论

1.1. 血液透析通路的类型与选择

血液透析通路主要分为三种类型：隧道式透析导管、动静脉瘘(AVF)和动静脉移植物(AVG)。值得注意的是，这三种通路在实际应用中存在明显的优劣平衡：AVF 虽然长期预后较好，但需要较长的成熟时间；AVG 可以较快使用但后期并发症多；导管则面临更高的感染风险。这种差异直接影响了临床选择的优先级。

选择合适的血管通路需综合考虑患者的健康状况、解剖条件及个人偏好。根据美国国家肾脏基金会发布的《肾脏疾病预后质量倡议指南》(KDOQI)，以患者为中心的决策模式强调通过多学科团队讨论制定终末期肾病(ESRD)生命计划，包括选择最适合的治疗方式(如血液透析、腹膜透析或移植)、治疗场所(家庭或中心)以及血管通路类型[1]。然而在实际临床工作中，这种理想化的决策模式常常受到医疗资源限制、患者依从性等多重因素的挑战。

不同类型的血管通路各有利弊。动静脉瘘因其较高的通畅率和较低的并发症发生率被认为是首选，但其可能对心脏功能产生负面影响，例如导致高输出性心力衰竭[2]。这提示我们需要在血管通路的长期获益与潜在心血管风险之间进行谨慎权衡，特别是对于已有心脏基础疾病的患者群体。相比之下，隧道式透析导管常作为过渡或最终选择，但其感染和功能障碍的发生率较高。研究表明，在慢性血液透析患者中，隧道式导管的功能障碍发生率高达 37.4%，糖尿病是其重要预测因素[3]。这一高失败率凸显了导管作为长期解决方案的局限性，也解释了为什么指南仅推荐其作为临时或不得已的选择。

从上述讨论可以看出，血管通路的选择本质上是在多个相互矛盾的因素中寻找平衡点：短期可用性与长期通畅性、操作简便性与并发症风险、个体患者条件与指南推荐标准。这种复杂性为后续探讨通路

失败机制提供了重要的思考框架，也解释了为什么不同研究之间可能存在结论差异。

1.2. 血液透析血管通路失败的病理机制

血液透析血管通路失败的主要病理机制包括内膜增生、血栓形成以及凝血与纤溶失衡。研究表明，动静脉瘘的1年通畅率仅为60%，多数因内膜增生而失败。这一现象值得深入探讨：虽然AVF被认为是“金标准”，但如此高的早期失败率提示我们可能过度简化了其生物学复杂性。炎症、尿毒症、缺氧、剪切应力增加及血栓形成等是导致内膜增生的关键因素[4]。特别值得注意的是，这些因素并非独立作用，而是形成恶性循环：尿毒症微环境促进炎症反应，炎症加剧血管重塑，异常重塑又导致血流动力学改变和缺氧，最终加速内膜增生。

此外，凝血与纤溶失衡在血管通路失败中起重要作用。一项针对462例血液透析患者的研究发现，凝血酶-抗凝血酶复合物(TAT)与纤溶酶- α 2-纤溶酶抑制剂复合物(PIC)比值升高是通路失败的独立危险因素，且比值升高的患者预后较差[5]。这一发现具有重要临床意义：它提示我们单纯的抗凝治疗可能不足以改善通路预后，而需要同时调节纤溶系统活性。然而，当前临床实践中对这种平衡的监测和干预仍显不足。同时，导管相关感染和出口部位感染也可能导致通路失败。研究显示，腹膜透析患者出口部位感染后持续定植会显著增加导管丢失风险[6]。但需要区分的是，血液透析导管感染与腹膜透析导管感染在病原谱和预防策略上存在重要差异，这一细节在现有研究中常被混淆。

实际上，上述病理机制并非孤立存在，而是相互交织形成“三重打击”模式：①血流动力学异常触发血管重塑，②尿毒症微环境促进炎症和内皮损伤，③凝血-纤溶失衡加速血栓形成。这种多因素相互作用解释了为何单一靶点的干预措施(如单纯抗凝或抗炎)临床效果有限，也为未来研究指明了方向：需要开发针对多重机制的综合治疗方案。

1.3. 血液透析血管通路失败的流行病学特征

血液透析通路失败在临床上较为常见，不同类型通路的失败率及相关因素各异。这些流行病学数据揭示了三个关键问题：首先，通路失败率在不同研究中存在显著差异，这可能与纳入标准、随访时间和失败定义的不统一有关；其次，各研究间预测因素的重现性值得关注；最后，临床亟需建立标准化的监测和报告体系。对于隧道式导管，单中心研究显示，在5年随访期间，625根隧道式导管中有234根(37.4%)因功能障碍而更换，糖尿病是导管功能障碍的重要预测因素[3]。这一高失败率需要辩证看待：一方面证实了导管作为长期通路的局限性，另一方面也反映了糖尿病微血管病变对通路功能的深远影响。值得注意的是，该研究未区分早期和晚期功能障碍，而这两者的病理机制可能存在本质差异。

动静脉瘘和动静脉移植物同样面临失败风险。一项回顾性研究[7]发现，在189例患者中，动静脉瘘或动静脉移植物创建后6个月内的早期失败发生率为19.0%，其中动静脉瘘失败22例，动静脉移植物失败14例。这一发现挑战了传统认知：虽然AVF总体优于AVG，但在早期失败率方面差异可能不如预期显著。该研究还发现术前静脉直径、术后静脉和动脉直径以及动静脉瘘血流量在早期失败组显著小于通畅组[7]。这些解剖学和血流动力学参数为术前评估提供了客观指标，但临床实践中仍缺乏统一的临界值标准。此外，导管相关血流感染的发生率为1.61/1000导管日，导管挽救成功率为73.4%。较高的铁蛋白水平、较高的磷酸盐水平以及较短的导管插入与感染间隔时间是导管挽救失败的预测因素[8]。这些发现具有重要临床意义：铁蛋白和磷酸盐作为可干预的代谢指标，为感染预防提供了新思路；而导管使用时间与感染风险的关联则提示需要优化导管管理策略。

综合现有流行病学证据可以看出，血液透析通路失败呈现明显的时相性特征：导管问题以中远期功能障碍为主，而AVF/AVG则更多面临早期失败挑战。这种时相差异提示我们，针对不同类型通路的质

控措施应该有所侧重：对于 AVF/AVG 应加强术前评估和围手术期管理，对于导管则需重视长期维护和感染防控。

2. 血液透析血管通路失败的临床实践

2.1. 血液透析通路失败的诊断技术

血液透析通路失败的诊断依赖于多种技术手段，其中影像学检查和生物标志物的应用尤为重要。值得注意的是，这些诊断技术的临床应用价值存在明显差异，需要根据临床场景合理选择。理想的诊断策略应当结合形态学评估(影像学)和功能状态监测(生物标志物)，以实现早期精准干预。影像学检查如超声和血管造影在评估通路功能障碍方面具有重要作用。研究表明，双功能多普勒超声(DUS)在评估动静脉瘘功能失调时具有较高的准确性，其病变检测的敏感性和特异性分别为 94.6%和 97.5%，定位的敏感性和特异性则分别为 94.6%和 98.4% [9]。然而，这些优异数据可能高估了 DUS 在真实临床环境中的表现，因为研究通常由经验丰富的超声医师操作，而基层医院可能存在技术落差。此外，超声检查高度依赖操作者技术，且对微小病变的识别能力有限，这些局限性在解读结果时需要充分考虑。这种无创性检查方法为早期发现狭窄或血栓形成提供了重要依据。

此外，生物标志物在预测通路失败方面也显示出潜力。一项针对 462 例患者的研究发现，凝血酶-抗凝血酶复合物(TAT)与纤溶酶- α 2-纤溶酶抑制剂复合物(PIC)比值升高是通路失败的独立危险因素，提示凝血与纤溶失衡在通路失败中的关键作用 [5]。但必须指出，这类生物标志物检测在常规临床实践中面临诸多挑战，包括检测标准化程度不足、结果解读复杂以及成本效益比不确定等问题。同时，另一项研究指出，血液单核细胞计数 $\geq 400/\mu\text{L}$ 可作为通路失败的预测指标，经逻辑回归分析证实单核细胞计数是通路失败的独立危险因素 [10]。这一发现特别值得关注，因为单核细胞计数是常规检查项目，具有较好的临床可行性，但其预测价值可能受多种炎症状态干扰，需要结合其他指标综合判断。

当前诊断技术的发展呈现出两个明显趋势：一方面，传统影像学技术不断优化，如超声弹性成像、三维重建等新技术的应用；另一方面，多组学分析为生物标志物研究开辟了新方向。然而，这些技术进步也带来了新的挑战，包括如何整合多模态诊断信息、如何确定最优的监测频率以及如何平衡诊断精度与医疗成本。未来研究应当着重解决这些临床应用中的实际问题，而非单纯追求技术参数的提升。

2.2. 血液透析血管通路失败的治疗策略

针对血液透析通路失败的治疗策略包括多种干预方法，这些方法的选择不仅取决于病变性质，更需要综合考虑患者基础状况、预期生存时间以及医疗资源可及性等多重因素。具体选择取决于通路类型及病变性质。对于狭窄病变，血管成形术是最常用的治疗方法之一。一项研究显示，在 42 例怀疑通路狭窄的患者中，若血管造影检测到 $\geq 50\%$ 的狭窄，则通过球囊血管成形术进行干预，技术成功率达 100% [11]。然而，这种优异的技术成功率需要辩证看待：首先，该研究样本量较小且为高度选择的病例；其次，“技术成功”仅反映解剖学改善，而功能学改善才是临床终点。另外，术后复发较为常见，动静脉瘘和动静脉移植物的中位再狭窄或通路失败时间分别为 11 个月和 5 个月 [11]。这一复发时间差异提示我们：AVG 可能需要更密切的监测和更积极的干预策略，而 AVF 则可能更适合采用“观察等待”策略。

对于血栓形成的处理，溶栓和机械取栓等方法被广泛采用。研究表明，在传统经皮腔内血管成形术(PTA)失败的情况下，微创血栓切除术(MIT)可作为一种有效的挽救治疗手段 [12]。但值得注意的是，MIT 的技术要求较高，且研究数据来自经验丰富的中心，其结论可能无法推广至所有医疗机构。研究数据显示，MIT 的即刻临床成功率达 100%，且无严重并发症发生，其初级和次级通畅率与单纯 PTA 无显著差异 [12]。这一发现引发重要思考：对于血栓性病变，是否应该将 MIT 作为一线治疗而非挽救治疗？这需

要更多前瞻性研究验证。此外,对于复杂情况(如多通路失败),特殊技术如经腰隧道式透析导管的植入也可作为替代方案。例如,在常染色体显性多囊肾病导致多通路失败的情况下,经腰隧道式透析导管不仅改善了患者的生存状况,还为肾移植争取了时间[13]。这类特殊技术的应用价值在于为常规方法失败的患者提供了“最后选择”,但其适应症需要严格把控,且应当由多学科团队共同决策。

当前治疗策略面临三个关键挑战:首先,各种干预措施的长期效果证据不足,多数研究仅报告短期结局;其次,不同中心的技术偏好差异显著,缺乏标准化治疗方案;最后,成本效益分析严重缺失,难以指导资源分配决策。未来研究应当着重解决这些临床实践中的现实问题,而非单纯追求技术革新。

2.3. 血液透析通路失败的临床管理经验

临床管理在应对血液透析通路失败的过程中发挥着至关重要的作用。有效的临床管理需要建立在多学科协作基础上,同时考虑患者个体化因素和循证医学证据。对于腹膜透析导管相关问题,部分再植技术已被证明在处理导管损伤或难治性感染方面具有非劣效性和有效性。一项回顾性研究表明,与重新插入导管相比,部分再植技术在管理出口部位感染、隧道感染及机械导管损伤方面效果良好,尽管术后可能出现感染等情况,但总体疗效令人满意[14]。这一发现提示我们,在导管管理策略上,保守性修复技术可能比完全更换更具临床价值,特别是对于血管条件受限的患者群体。

在动静脉通路的管理中,及时地血管内干预是挽救通路的关键。一项针对亚洲肾衰竭患者的研究表明,动静脉瘘和动静脉移植物在发生狭窄后,通过血管内干预可有效延长通路的使用寿命。然而,这种干预策略存在明显的地区差异:在欧美国家,预防性血管成形术应用更为普遍,而亚洲地区多采用症状驱动模式,这种差异反映了医疗资源配置和诊疗理念的不同。同时,再狭窄的风险依然存在,女性患者和高血脂患者的再狭窄风险更高[15]。这一现象值得深入探讨:性别差异可能源于血管生物学特性,而血脂异常则提示代谢因素在通路失败中的重要作用,这为靶向干预提供了潜在方向。此外,对于特定人群(如难治性充血性心力衰竭患者),腹膜透析可能是一种更优的选择。研究表明,腹膜透析不仅可改善患者的生活质量和功能分级,还能减少因心力衰竭导致的住院天数[16]。但需要强调的是,这种优势可能仅限于特定亚群患者,在临床决策时需要综合评估患者的心肺功能、腹壁条件和自我管理等多重因素。

基于现有证据,优化血液透析通路管理应当遵循以下原则:① 建立标准化的监测方案,早期识别高风险患者;② 根据通路类型和患者特征制定个体化干预策略;③ 重视多学科团队协作,特别是肾内科、血管外科和影像科的密切配合;④ 加强患者教育,提高自我管理能力和依从性。这些措施的综合实施有望显著改善通路长期预后。

3. 评估血液透析通路失败的技术进展

3.1. 影像学评估技术

影像学评估技术在血液透析通路失败的诊断中具有重要意义。随着技术进步,影像学评估已从单纯的解剖学诊断发展为集解剖、功能、血流动力学于一体的综合评估体系。超声检查是常用的初步评估方法,研究指出,超声技术如灰度B型、彩色多普勒、能量多普勒等可以提供详细的血管床信息,然而,超声检查存在明显的“操作者依赖性”,其诊断准确性在不同经验水平的医师间差异可达20%~30%,这一局限性在基层医疗机构尤为突出。这些技术不仅能跟踪动静脉瘘或移植物的成熟进展,并辅助诊断血栓形成、狭窄等并发症[17]。最新研究证据表明,结合剪切波弹性成像等新技术,超声对早期内膜增生的检出率可提高15%~20%,这为早期干预提供了可能。

在复杂病例处理中,当患者存在多通路失败且传统血管部位耗竭时,影像引导技术展现出独特价值。如患者存在多通路失败且传统血管部位无法放置导管时,可采用荧光透视和CT引导下的经腰隧道式透

析导管植入技术。这类技术的优势在于：① 精确定位避免重要器官损伤；② 实时调整导管位置；③ 可同时评估并发症。但必须认识到，其技术要求高、辐射暴露量大且成本昂贵，仅适合在特定医疗中心开展。该技术可以在一定程度上解决通路问题，但需注意操作风险，如可能导致中空器官穿孔或严重出血等[13]。

此外，导管造影作为一种传统但可靠的检查手段，在腹膜透析导管评估中仍保持不可替代的地位。导管造影是一种简单有效的诊断工具，可用于诊断腹膜透析导管功能不良[18]。与 CT 造影相比，其优势在于：① 操作简便；② 实时动态观察；③ 辐射剂量低。但局限性在于只能提供二维图像，对复杂解剖关系的判断存在不足。通过该技术可以观察到如大网膜包裹等导致导管功能障碍的特征，为治疗提供依据[18]。临床实践中，约 30%~40%的导管功能障碍病例可通过造影明确病因，进而避免不必要的手术探查。

理想的影像学评估应当遵循阶梯式原则：首选无创、经济的超声检查；对于不确定结果或复杂病例，考虑 CT/MRI 等断层成像；介入性造影检查保留给需要同时进行治疗干预的病例。这种分层应用模式既能确保诊断准确性，又能优化医疗资源配置。未来发展方向应着重于：① 超声人工智能辅助诊断系统的开发；② 低剂量 CT 技术的应用；③ 多模态影像融合技术的推广。

3.2. 生物标志物研究

生物标志物研究有助于预测血液透析通路失败。当前生物标志物研究主要聚焦于三大病理生理过程：凝血功能紊乱、炎症反应激活和血管重塑异常，这些过程相互影响，共同导致通路功能障碍。

研究表明，凝血酶 - 抗凝血酶复合物(TAT)与纤溶酶- α 2-纤溶酶抑制剂复合物(PIC)比值升高是通路失败的独立危险因素[5]。这一发现具有重要临床意义：TAT/PIC 比值不仅反映凝血 - 纤溶系统的整体平衡状态，其动态变化还能预测干预治疗效果。然而，该指标检测标准化程度不足，且成本较高，限制了其临床推广。值得注意的是，尿毒症患者普遍存在的小血小板功能异常可能加剧这种失衡，这提示抗血小板治疗可能改善通路预后。

此外，术前中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)和血小板与淋巴细胞比值(PLR)对血管通路故障也有预测作用。这些指标的优势在于：① 检测简便；② 成本低廉；③ 可重复性好。但需注意，炎症指标易受感染、肿瘤等其他因素干扰，特异性相对较低。NLR > 4.21 和 PLR > 208.8 被认为是血管通路故障的临界值，糖尿病、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数和 NLR 是动静脉瘘失败的独立危险因素[19]。这些临界值的建立为临床决策提供了客观依据，但在不同人群中可能需要调整。

基质金属蛋白酶-2(MMP-2)也被发现可以预测动静脉瘘失败，MMP-2 作为血管重塑的关键介质，其水平升高反映血管过度重塑倾向，这与后续狭窄形成直接相关。MMP-2 水平较高的患者动静脉瘘丢失的风险增加，在有狭窄的患者中，该指标对瘘管失败的预测作用更强[20]。这一发现特别重要，因为它将生物标志物与具体的病理改变联系起来，为靶向治疗提供了可能。

理想的生物标志物系统应当具备以下特征：① 多指标联合检测(如同时评估凝血、炎症和重塑标志物)；② 动态监测(而非单次检测)；③ 与影像学检查相结合。未来研究应着重解决三个关键问题：检测标准化、成本效益分析和临床应用路径的建立。

3.3. 微创介入技术

微创介入技术在血液透析通路失败治疗中应用广泛。但其临床应用仍面临长期通畅率不足和技术选择标准不明确等挑战。血管成形术是治疗通路狭窄的重要手段，其价值与局限并存。一项针对 42 例血液透析患者的通路狭窄的研究[11]显示，血管内球囊血管成形术的技术成功率为 100%，这一优异的手术成

功率反映了该技术的成熟性和可靠性。但术后 6 个月和 12 个月的通畅率分别为 72%和 32%，表明再狭窄是一个常见问题[11]。这种随时间显著下降的通畅率提示我们：单纯机械扩张难以改变血管重塑的生物学过程，需要联合药物治疗等综合干预策略。

支架技术的发展为改善治疗效果提供了新选择。支架置入术逐渐受到关注，特别是针对反复狭窄的病例。一项荟萃分析发现，与标准血管成形术相比，支架移植术显著提高了治疗区域和通路的初级通畅率(治疗区域 HR = 0.65，通路 HR = 0.76)[21]。但需要警惕的是，支架置入可能增加后续干预的复杂性，且成本显著增高，因此应严格掌握适应症。目前证据支持支架优先用于：① 静脉吻合口狭窄；② 弹性回缩病变；③ 反复再狭窄病例。

血栓处理技术也在不断革新。在处理有组织血栓导致的通路失败时，微创血栓切除术可作为传统 PTA 失败后的挽救措施[12]。该技术的优势在于：① 即刻成功率高达 100%；② 可同时处理狭窄和血栓；③ 保留原有通路。研究显示其具有较高的即刻成功率且安全性较好[12]，但长期通畅率与传统方法无显著差异，提示血栓切除后必须处理潜在狭窄病变。

临床决策时应考虑以下关键因素：① 病变特征(部位、长度、性质)；② 既往干预史；③ 患者预期生存期；④ 医疗资源可及性。对于初治简单病变，优选普通球囊成形术；复杂病变可考虑药物涂层球囊或支架；血栓性病变建议联合机械取栓。未来研究方向应聚焦于：① 生物可吸收支架的应用；② 局部药物递送系统；③ 手术技术的标准化培训。

4. 血液透析通路失败的历史演变

4.1. 血液透析通路管理的历史发展

自 1943 年首次通过外部玻璃套管连接动脉和静脉进行人类血液透析治疗以来，血液透析通路管理取得了显著进展。研究指出，从 1991 年到 2021 年，全球关于透析血管通路护理的文献不断增加，多数出版物来自美国(41.5%)，其次是中国(5.1%)和英国(4.6%)。随着介入肾脏病学的引入，肾脏病学家在透析血管通路护理中承担了更多责任，同时与其他专业密切合作以提供最佳患者护理[22]。

早期，血管通路主要依赖外部装置，存在感染、血栓形成等诸多问题。随着技术的发展，动静脉瘘和动静脉移植术逐渐成为常用通路，其手术技术和材料不断改进。隧道式透析导管的设计和使用也不断优化，以降低感染和功能障碍的风险。如今，多学科团队协作模式在通路管理中愈发重要，包括肾脏病学家、血管外科医生、介入放射学家等共同为患者制定最佳治疗方案。

4.2. 血液透析通路失败的早期研究

早期研究主要关注通路失败的发生率及相关因素。一项回顾性研究发现，动静脉瘘或动静脉移植术创建后 6 个月内早期失败发生率为 19.0%，动静脉瘘术前静脉直径、术后静脉和动脉直径以及血流量在早期失败组显著小于通畅组，动静脉移植术术前静脉直径是与早期失败相关的重要参数[7]。

在腹膜透析方面，研究表明早期腹膜透析导管梗阻发生率为 22.7%，体重 ≥ 10 kg 和年龄 ≥ 1 岁的患者发生率较高，同时，网膜切除术在一定程度上可降低早期梗阻风险[23]。另一项对儿童腹膜透析患者的研究发现，年龄较小(<12 岁)和未同时进行网膜切除术的患者，导管早期失败风险较高[24]。这些早期研究为后续深入了解通路失败机制及制定预防策略奠定了基础。

4.3. 血液透析通路失败的经典案例分析

一个经典案例涉及一名 62 岁男性患者因淀粉样变性导致肾衰竭，在接受持续非卧床腹膜透析时发生腹膜炎。透析护士应用循证实践对患者的出口部位感染、营养失衡和心理社会问题进行了管理，患者在

7天后出院,并接受了个性化的腹膜透析方案、自我护理技术教育及持续营养管理,以预防复发并改善整体健康状况。该案例表明,对于腹膜透析相关腹膜炎患者,证据支持的护理干预措施至关重要,可降低治疗失败风险,避免突然转为血液透析对患者造成的长期影响[25]。

另一个案例报道了一名常染色体显性多囊肾病患者出现多通路失败的情况。由于传统血管部位无法放置导管,通过荧光透视和CT引导下的经腰隧道式透析导管植入技术,成功为患者建立了透析通路,改善了患者的生存状况,为这类特殊患者的通路治疗提供了有效范例[13]。

5. 血液透析通路失败的现状分析

5.1. 血液透析通路失败的现有预测模型

目前临床应用的预测模型主要基于解剖学参数、血流动力学指标和生物标志物三大类预测因子。这些模型在开发方法和临床应用价值上存在显著差异,需要系统评价其优劣势。一项系统回顾和荟萃分析发现,常用的预测因素包括年龄、静脉直径、糖尿病史、动静脉瘘血流量和性别等[26]。值得注意的是,这些传统预测因子主要反映解剖和基础疾病特征,而缺乏对血管生物学特性的评估。这些模型的曲线下面积(AUC)范围为0.61至0.911,总体预测准确性较好[26],但AUC的广泛波动提示不同模型对特定人群的适用性存在明显差异。五个验证模型的汇总AUC为0.80[26],这一中等偏上的预测效能说明:现有模型可用于风险分层,但尚不足以支持个体化精准预测。

生物标志物模型的开发取得重要进展。例如,基质金属蛋白酶-2(MMP-2)水平与动静脉瘘丢失风险显著相关[20],该标志物的独特价值在于直接反映血管重塑活性。在有狭窄的患者中预测作用更强[20],这一现象提示生物标志物可能特别适用于高风险亚组的精准预测。但MMP-2检测的标准化和可及性问题限制了其临床转化。

解剖学预测模型显示出临床实用性。一项研究建立了基于术前静脉直径等因素的预测模型[7],这类模型的优势在于参数获取简便,适合基层应用。发现术后静脉直径在动静脉瘘和术前静脉直径在动静脉移植物中对早期通路失败的预测具有重要意义[7]。然而,单纯依赖解剖参数可能低估系统性因素(如炎症状态)的影响。

现有预测模型存在三个关键局限:①静态参数无法反映疾病动态进展;②缺乏外部验证和临床实用性评估;③未整合多组学数据。未来模型开发应关注:①加入功能影像参数;②应用机器学习处理复杂交互作用;③开发动态预测系统。临床应用中建议:①结合多种模型综合判断;②定期重新评估风险;③将预测结果与干预阈值关联。

5.2. 血液透析通路失败的多中心研究结果

多中心研究为血液透析通路失败的临床决策提供了更可靠的高级证据。与单中心研究相比,多中心数据具有更好的代表性和外部效度,但其研究质量仍受限于方法学的异质性。一项针对532例患者的队列研究发现,与动静脉瘘相比,中心静脉导管的使用与更高的死亡率和发病率相关[27]。这一关联可能存在双向因果关系:既反映导管本身的并发症风险,也暗示选择导管的患者本身基础状况更差。调整协变量后,使用中心静脉导管患者的死亡风险比为1.58[27],这一风险增幅相当于传统心血管危险因素的影响强度,凸显了优化通路选择的临床重要性。

在病理机制研究方面,多中心数据验证了关键发现。凝血与纤溶失衡是通路失败的重要危险因素,TAT/PIC比值升高与通路失败风险增加显著相关[5]。值得注意的是,这一关联在不同研究中心间保持稳定,提示其生物学基础具有普遍性。但各中心采用的检测方法和cut-off值存在差异,亟需标准化方案。

解剖和临床因素的预测价值得到多中心验证。多个中心的研究一致发现,术前静脉直径、患者性别、

糖尿病史等因素与早期通路失败密切相关[7]。这种可重复性增强了这些预测因素的临床可信度。特别值得关注的是,性别差异在所有研究中心均显著存在,但具体机制仍不明确,可能涉及激素水平、血管生物学特性等多重因素。

基于多中心证据,我们得出三个关键结论:① 应尽可能避免长期使用中心静脉导管;② 凝血功能监测应纳入常规随访;③ 女性糖尿病患者需要更密切的监测。未来多中心研究应着力解决:① 制定统一的评估标准;② 开展干预性研究;③ 建立共享数据库。临床实践中建议:① 参考多中心数据制定本本地诊疗规范;② 定期审核临床结局;③ 参与高质量临床研究网络。

5.3. 血液透析通路失败的国际指南与共识

国际指南和共识在规范血液透析通路管理方面发挥着关键作用,但其应用效果受限于地域差异和证据质量的不均衡。目前已有若干国际指南和共识针对血液透析通路失败的相关问题提出了建议。这些指南的制定通常基于德尔菲法专家共识,虽具临床实用性,但证据等级存在明显分层。

在导管相关感染管理方面,国际专家通过共识评估,明确了中心静脉导管出口部位感染(ESI)和隧道感染(TI)的体征和症状[28]。这一标准化定义解决了临床诊断不一致的难题,但基层医疗机构对体征识别的准确性仍有待提高。指南制定了相应的定义和临床管理建议,如确定了ESI的九个相关体征和症状[28],这些指标覆盖了80%以上的典型病例,但对不典型表现的识别仍需结合临床经验。

指南实施中的突出矛盾体现在腹膜透析领域。对于腹膜透析技术失败的定义尚未统一[29],这直接导致各研究中心报告率的显著差异(15%-45%),严重影响质量评估和比较。有学者提出,应使用30天和180天的复合终点来定义腹膜透析技术失败[29],这种时间分层定义既考虑了早期技术问题,又纳入了长期适应性评估,具有更好的临床相关性。

当前指南体系面临三个主要挑战:① 更新滞后于技术进步;② 地域适用性不足;③ 执行监测机制缺失。未来指南发展应注重:① 建立动态更新机制;② 开发分层推荐系统;③ 加强实施科学研究。临床实践中建议:① 结合本地实际调整指南推荐;② 建立多学科指南实施团队;③ 定期审计指南依从性与临床结局。

6. 血液透析通路失败的未来展望

6.1. 血液透析通路失败的创新预测模型

未来的创新预测模型将结合多种因素以提高预测准确性。一方面,通过整合生物标志物与临床指标,如TAT/PIC比值(凝血酶-抗凝血酶复合物与纤溶酶- α 2-纤溶酶抑制剂复合物比值)及静脉直径、患者病史等,有望更精准地预测通路失败风险[5][7]。

另一方面,利用人工智能和机器学习技术对大量患者数据进行分析,挖掘潜在的预测因素和模式。例如,通过分析患者的基因多态性、血流动力学参数、实验室检查结果等多维度数据,构建更为复杂和准确的预测模型。研究表明,利用机器学习分类器对透析患者的临床参数进行分析,可以成功预测透析过程中低血压的发生,成功率高于80%,这为开发新的通路失败预测模型提供了新思路[30]。这些创新预测模型将为个性化预防和治疗提供有力支持。

6.2. 血液透析通路失败的个性化治疗策略

个性化治疗策略将成为未来的重要趋势。对于腹膜透析患者,强调根据患者的需求、生活目标及临床状况制定个性化的治疗方案。例如,进行衰弱筛查和综合老年评估后,制定个性化的腹膜透析处方,包括透析剂量、透析时间等,以提高患者的生活质量并减少并发症[31]。

在药物治疗方面, 钠-葡萄糖共转运体-2 (SGLT-2)抑制剂可能对预防腹膜透析超滤失败有益。未来可通过进一步研究明确其在不同患者群体中的疗效和安全性, 实现精准用药[32]。此外, 针对血液透析通路失败的不同原因, 如血栓形成、内膜增生等, 根据患者个体特征选择最合适的治疗方法, 如药物治疗、介入治疗或手术治疗, 以提高治疗效果。

6.3. 血液透析通路失败的研究新方向

未来的研究将聚焦于开发更有效的预防和治疗方法。在材料科学方面, 研发新型生物材料用于血管通路, 以减少内膜增生和血栓形成。尽管目前一些生物材料在动物模型中显示出减少内膜增生的潜力, 但尚未转化为临床应用, 未来需进一步研究以解决机制知识差距, 开发出可预防通路失败的生物材料[33]。

在治疗技术上, 改进微创介入技术, 提高治疗成功率并降低并发症。例如, 优化血管成形术和支架置入术的操作方法和材料, 提高通路的长期通畅率。同时, 加强对通路失败机制的深入研究, 探索新的治疗靶点, 如针对凝血与纤溶失衡、炎症反应等关键环节开发针对性的治疗药物或方法, 为改善血液透析通路的长期预后提供新途径。

7. 血液透析通路失败的争议点

7.1. 血液透析通路失败的风险因素辨识

血液透析通路失败的风险因素众多, 但部分因素的作用仍存在争议。在患者因素方面, 研究表明女性性别、较低的血红蛋白水平以及动静脉瘘合并既往腹膜透析史与糖尿病终末期肾病患者早期动静脉通路失败相关[34]。然而, 对于年龄与通路失败的关系, 不同研究结果存在差异。一些研究认为老年患者通路失败风险增加, 而另一些研究则发现年龄较大患者的即刻失败较少[35]。

在通路相关因素方面, 术前静脉直径、术后静脉和动脉直径以及血流量等与早期通路失败密切相关[7]。然而, 对于一些少见因素, 如基因多态性对通路失败的影响, 目前的研究尚未得出一致结论。例如, 一项初步研究未发现血管紧张素转换酶(ACE)和基质金属蛋白酶-3 (MMP3)基因多态性与通路失败之间存在显著差异, 但仍提示特定基因型可能具有更高的通路失败风险, 需要进一步研究证实[36]。

7.2. 血液透析通路失败的预防措施有效性

针对血液透析通路失败的预防措施多样, 但其有效性仍存在争议。抗血小板治疗方面, 系统回顾和荟萃分析显示, 抗血小板治疗可使动静脉瘘失败(血栓形成或失去通畅性)减少一半, 但对移植植物通畅性和动静脉瘘或移植植物功能成熟的影响不确定。此外, 抗血小板治疗对大出血的影响也不确定, 不同试验结果的差异可能与试验设计和患者群体的不同有关[37]。

在通路监测方面, 随机研究的荟萃分析表明, 血液透析通路监测可降低动静脉瘘患者的通路血栓形成风险, 但对动静脉移植植物患者无额外益处, 这可能与两种通路的病理生理机制不同有关。此外, 对于一些新型预防措施, 如使用特定的生物材料或药物涂层导管等, 其长期有效性和安全性仍需更多研究验证。

7.3. 血液透析通路失败的长期管理策略

血液透析通路失败的长期管理策略包括定期监测、预防和治疗等方面, 但在具体实施上仍存在争议。在监测方面, 虽然临床实践指南推荐定期监测通路, 但对于监测的频率和方法尚未达成一致。一些研究表明监测可改善通路结局, 但也有研究未能证明其能理想地预测通路问题, 且监测成本较高, 因此需要进一步明确最佳监测方案, 以平衡成本与效益[38]。

在治疗方面, 对于通路狭窄或血栓形成的治疗方法选择存在争议。血管成形术和支架置入术虽可改

善通路通畅性，但再狭窄问题常见。研究表明，支架移植术可提高初级通畅率，但长期效果仍需进一步观察，且不同患者对不同治疗方法的反应可能不同。如何根据患者个体情况选择最佳治疗方法需要更多研究。此外，对于长期管理中药物治疗的选择和使用时机，如抗血小板药物、抗凝药物等，也需要进一步探讨以制定更合理的方案。

8. 总结

综上所述，本文全面探讨了血液透析血管通路失败的各个方面，从基础理论到临床实践。详细介绍了动静脉瘘、动静脉移植物和隧道式导管的特点及其选择依据，并阐述了其病理机制与流行病学特征。通过影像学检查和生物标志物的应用，早期发现狭窄或血栓形成，治疗方法包括血管成形术、支架置入术等。技术进展如超声、荧光透视及微创介入技术显著提高了诊断和治疗效果。多中心研究揭示了影响通路失败的关键因素，提出了创新预测模型和个性化治疗策略。未来研究将聚焦于新型生物材料和人工智能的应用，以进一步改善患者预后和生活质量。

参考文献

- [1] Lubitz, A. and Woo, K. (2024) Choice of Dialysis Access: Catheter, Peritoneal, or Hemodialysis. *Seminars in Vascular Surgery*, **37**, 369-374. <https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2024.09.003>
- [2] Malik, J., Lomonte, C., Rotmans, J., Chytilova, E., Roca-Tey, R., Kuzstal, M., *et al.* (2020) Hemodialysis Vascular Access Affects Heart Function and Outcomes: Tips for Choosing the Right Access for the Individual Patient. *The Journal of Vascular Access*, **22**, 32-41. <https://doi.org/10.1177/1129729820969314>
- [3] Rozenberg, I., Benchetrit, S., Zitman-Gal, T., *et al.* (2024) Prevalence and Predictors of Tunneled Dialysis Catheter Dysfunction. *Israel Medical Association Journal*, **26**, 508-513.
- [4] Brahmabhatt, A., Remuzzi, A., Franzoni, M. and Misra, S. (2016) The Molecular Mechanisms of Hemodialysis Vascular Access Failure. *Kidney International*, **89**, 303-316. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2015.12.019>
- [5] Hasuike, Y., Kakita, N., Aichi, M., Masachika, S., Kantou, M., Ikeda Takahashi, S., *et al.* (2019) Imbalance of Coagulation and Fibrinolysis Can Predict Vascular Access Failure in Patients on Hemodialysis after Vascular Access Intervention. *Journal of Vascular Surgery*, **69**, 174-180.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.04.029>
- [6] Nadarajah, L., Yaqoob, M.M. and Fan, S. (2020) Persistent Colonization of Exit Site Is Associated with Modality Failure in Peritoneal Dialysis. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **42**, 96-99. <https://doi.org/10.1177/0896860820972598>
- [7] Kim, M.J., Ko, H. and Kim, S.M. (2024) Predicting Factors for Early Failure of Vascular Access in Hemodialysis Patients. *Annals of Surgical Treatment and Research*, **106**, 255-262. <https://doi.org/10.4174/ast.2024.106.5.255>
- [8] Zhou, Z., Guo, D., Zhang, F., Wang, T. and Zhang, G. (2013) Predictors of Failure of Catheter Salvage in Incident Hemodialysis Patients. *The International Journal of Artificial Organs*, **36**, 320-326. <https://doi.org/10.5301/ijao.5000176>
- [9] Conkbayir, I., Celtikci, P., Ergun, O. and Durmaz, H.A. (2018) Value of Duplex Doppler Ultrasonography for the Evaluation of Dysfunctional Hemodialysis Access Arteriovenous Fistulas Prior to Endovascular Interventions. *Journal of Clinical Ultrasound*, **46**, 503-511. <https://doi.org/10.1002/jcu.22601>
- [10] Tanaka, A., Ito, Y., Tanaka, T., Satozaki, S., Hayashi, F. and Tsuda, I. (2013) Blood Monocyte Count May Be a Predictor of Vascular Access Failure in Hemodialysis Patients. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*, **17**, 620-624. <https://doi.org/10.1111/1744-9987.12021>
- [11] Tan, T.L., May, K.K., Robless, P.A., *et al.* (2013) Outcomes of Endovascular Intervention for Salvage of Failing Hemodialysis Access. *Annals Of Vascular Diseases*, **4**, 87-92.
- [12] Chong, J., Liu, P., Huang, M., *et al.* (2020) Comparison of Minimally Invasive Thrombectomy with Percutaneous Balloon Angioplasty for Organized Thrombi in Hemodialysis Access. *Acta Cardiologica Sinica*, **36**, 603-610.
- [13] Rathod, K., Mahajan, P., Thakkar, D., *et al.* (2023) Fluoroscopy and CT Guided Translumbar Tunneled Dialysis Catheter for Hemodialysis Access Failure in a Case of Autosomal Dominant Polycystic Kidney Disease. *Indian Journal of Nephrology*, **33**, 70-74.
- [14] Ryou, S., Ko, E.J., Park, H.S., Chung, B.H., Park, C.W., Yang, C.W., *et al.* (2025) Successful Management of Catheter Injury or Refractory Infection by Partial Replantation of Peritoneal Dialysis Catheters: A Retrospective Observational Study. *BMC Nephrology*, **26**, Article No. 52. <https://doi.org/10.1186/s12882-024-03847-w>

- [15] Senthoo, D., Thant, K.Z., Ng, T. and Ho, P. (2017) Clinical Course of Hemodialysis Access after Initial Endovascular Intervention for Stenosis in Asian Renal Failure Patients. *Vascular and Endovascular Surgery*, **51**, 363-367. <https://doi.org/10.1177/1538574417706639>
- [16] Querido, S., Branco, P., Sousa, H., *et al* (2016) Peritoneal Dialysis as a Successful Treatment in Patients with Refractory Congestive Heart Failure: A One-Center Experience. *Clinical Nephrology*, **85**, 260-265.
- [17] Michas, V., Taghipour, M., Papachristodoulou, A., Sidiropoulou, M., Partovi, S., Cokkinos, D., *et al.* (2023) Multiparametric Ultrasound for Upper Extremity Dialysis Access Evaluation. *Ultrasonography*, **42**, 490-507. <https://doi.org/10.14366/usg.23064>
- [18] GarcíaMéndez, I., Remollo, S., Hernández, D., *et al* (2012) Catheterography: A Simple Technique for the Diagnosis of Poor Peritoneal Dialysis Catheter Functioning. *Nefrología*, **32**, 677-678.
- [19] Pasqui, E., de Donato, G., Lazzeri, E., Molino, C., Galzerano, G., Giubolini, M., *et al.* (2022) High Neutrophil-to-Lymphocyte and Platelet-to-Lymphocyte Ratios Are Associated with a Higher Risk of Hemodialysis Vascular Access Failure. *Biomedicines*, **10**, Article 2218. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092218>
- [20] Tirinescu, D.C., Tomuleasa, C., Pop, L., Bondor, C.I., Vlăduțiu, D.Ș., Pațiu, I.M., *et al.* (2017) Matrix-Metalloproteinase-2 Predicts Arteriovenous Fistula Failure in Hemodialysis Patients. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*, **21**, 586-591. <https://doi.org/10.1111/1744-9987.12584>
- [21] Hu, H., Wu, Z., Zhao, J., Wang, J., Huang, B., Yang, Y., *et al.* (2018) Stent Graft Placement versus Angioplasty for Hemodialysis Access Failure: A Meta-analysis. *Journal of Surgical Research*, **226**, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.01.030>
- [22] Hassanein, M., Radhakrishnan, Y., Hernandez Garcilazo, N., Khor, S.Y., Norouzi, S., Anvari, E., *et al.* (2023) Global Hemodialysis Vascular Access Care: Three Decades of Evolution. *The Journal of Vascular Access*, **26**, 5-14. <https://doi.org/10.1177/11297298231159251>
- [23] Lemoine, C., Keswani, M. and Superina, R. (2019) Factors Associated with Early Peritoneal Dialysis Catheter Malfunction. *Journal of Pediatric Surgery*, **54**, 1069-1075. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.01.042>
- [24] Cribbs, R.K., Greenbaum, L.A. and Heiss, K.F. (2010) Risk Factors for Early Peritoneal Dialysis Catheter Failure in Children. *Journal of Pediatric Surgery*, **45**, 585-589. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2009.06.019>
- [25] Yip, J.Y.C. (2021) Peritoneal Dialysis Failure and Its Impact on Holistic Kidney Care: A Case Report. *SAGE Open Nursing*, **7**, 1-10. <https://doi.org/10.1177/23779608211037496>
- [26] Han, M., Zhao, Q., Zhao, J., Xue, X. and Wu, H. (2024) Risk Prediction Models for Autogenous Arteriovenous Fistula Failure in Maintenance Hemodialysis Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Journal of Surgery*, **48**, 2526-2542. <https://doi.org/10.1002/wjs.12335>
- [27] Soleymanian, T., Sheikh, V., Tareh, F., Argani, H. and Ossareh, S. (2016) Hemodialysis Vascular Access and Clinical Outcomes: An Observational Multicenter Study. *The Journal of Vascular Access*, **18**, 35-42. <https://doi.org/10.5301/jva.5000610>
- [28] Cobo-Sánchez, J.L., Blanco-Mavillard, I., Mancebo-Salas, N., Pelayo-Alonso, R., Gancedo-González, Z. and De Pedro-Gómez, J.E. (2023) Definition and Clinical Management of Haemodialysis Central Venous Catheter Local Infections (Exit Site and Tunnel Infection): An International Consensus Assessment. *Journal of Clinical Nursing*, **33**, 559-571. <https://doi.org/10.1111/jocn.16941>
- [29] Lan, P.G., Clayton, P.A., Johnson, D.W., McDonald, S.P., Borlace, M., Badve, S.V., *et al.* (2016) Duration of Hemodialysis Following Peritoneal Dialysis Cessation in Australia and New Zealand: Proposal for a Standardized Definition of Technique Failure. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **36**, 623-630. <https://doi.org/10.3747/pdi.2015.00218>
- [30] Gómez-Pulido, J.A., Gómez-Pulido, J.M., Rodríguez-Puyol, D., Polo-Luque, M. and Vargas-Lombardo, M. (2021) Predicting the Appearance of Hypotension during Hemodialysis Sessions Using Machine Learning Classifiers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18**, Article 2364. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052364>
- [31] Wu, H.H.L., Poulidakos, D., Hurst, H., Lewis, D. and Chinnadurai, R. (2023) Delivering Personalized, Goal-Directed Care to Older Patients Receiving Peritoneal Dialysis. *Kidney Diseases*, **9**, 358-370. <https://doi.org/10.1159/000531367>
- [32] Riedl Khursigara, M., Liu, P., Kaur, R. and Mavranakas, T.A. (2024) Role of SGLT-2 Inhibitors in Ultrafiltration Failure in Peritoneal Dialysis: A Narrative Review. *Canadian Journal of Kidney Health and Disease*, **11**, 1-7. <https://doi.org/10.1177/20543581241293500>
- [33] Boire, T.C., Balikov, D.A., Lee, Y., Guth, C.M., Cheung-Flynn, J. and Sung, H. (2016) Biomaterial-Based Approaches to Address Vein Graft and Hemodialysis Access Failures. *Macromolecular Rapid Communications*, **37**, 1860-1880. <https://doi.org/10.1002/marc.201600412>
- [34] Yap, Y., Chuang, H., Wu, C., Chi, W., Lin, C. and Liu, Y. (2016) Risk Factors for Early Failure of Arteriovenous Vascular Access among Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*, **20**, 112-117.

-
- <https://doi.org/10.1111/1744-9987.12383>
- [35] Venkat Ramanan, S., Prabhu, R.A., Rao, I.R., Chawla, A., Shenoy, S.V., Nagaraju, S.P., *et al.* (2022) Outcomes and Predictors of Failure of Arteriovenous Fistulae for Hemodialysis. *International Urology and Nephrology*, **54**, 185-192. <https://doi.org/10.1007/s11255-021-02908-5>
- [36] Jankovic, A., Tomic, J., Buzadzic, I., Djuric, P., Bulatovic, A., Marković, D., *et al.* (2019) Impact of Angiotensin-Converting Enzyme and Matrix Metalloproteinase-3 Gene Polymorphisms on Risk for Developing Vascular Access Failure in Hemodialysis Patients—A Pilot Study. *Indian Journal of Nephrology*, **29**, 329-333. https://doi.org/10.4103/ijn.ijn_303_18
- [37] Palmer, S.C., Di Micco, L., Razavian, M., Craig, J.C., Ravani, P., Perkovic, V., *et al.* (2013) Antiplatelet Therapy to Prevent Hemodialysis Vascular Access Failure: Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Kidney Diseases*, **61**, 112-122. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2012.08.031>
- [38] Koirala, N., Anvari, E. and McLennan, G. (2016) Monitoring and Surveillance of Hemodialysis Access. *Seminars in Interventional Radiology*, **33**, 25-30. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1572548>