

· 述评 ·

肾移植术后血管并发症的诊疗策略

张江伟 丁小明

【摘要】 随着肾移植供受体评估标准、器官获取保存方案、手术技术等不断进步，肾移植术后血管并发症的发生率有所下降，但仍是肾移植较为严重的手术并发症之一，可导致移植体丢失及受者死亡，严重影响肾移植效果。因此，本文就肾移植术后常见血管并发症，包括血管狭窄、动脉夹层、假性动脉瘤、血管破裂、血栓等的发生概况、临床表现、诊断和治疗策略进行综述，并结合西安交通大学第一附属医院肾移植术后血管并发症发生和诊治情况，总结肾移植术后常见血管并发症的诊疗策略，以为肾移植术后血管并发症的临床诊断和治疗提供参考，降低血管并发症的发生率，提高肾移植疗效和受者生存率。

【关键词】 肾移植；血管并发症；血管狭窄；动脉夹层；假性动脉瘤；血栓；供者来源性感染；数字减影血管造影（DSA）；经皮腔内血管成形术

【中图分类号】 R617, R543 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 01-0001-09

Diagnosis and treatment strategies for vascular complications after kidney transplantation Zhang Jiangwei, Ding Xiaoming.
Department of Kidney Transplantation, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China
Corresponding author: Ding Xiaoming, Email: xmding@xjtu.edu.cn

【Abstract】 With persistent progress in donor-recipient evaluation criteria, organ procurement and preservation regimens and surgical techniques, the incidence of vascular complication after kidney transplantation has been declined, whereas it is still one of the most severe surgical complications of kidney transplantation, which may lead to graft loss and recipient death, and seriously affect the efficacy of kidney transplantation. Therefore, the occurrence, clinical manifestations, diagnosis and treatment strategies of common vascular complications after kidney transplantation, including vascular stenosis, arterial dissection, pseudoaneurysm, vascular rupture and thrombosis were reviewed in this article. In combination with the incidence, diagnosis and treatment of vascular complications after kidney transplantation in the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, diagnosis and treatment strategies for common vascular complications after kidney transplantation were summarized, aiming to provide reference for clinical diagnosis and treatment of vascular complications after kidney transplantation, lower the incidence of vascular complications, and improve clinical efficacy of kidney transplantation and survival rate of recipients.

【Key words】 Kidney transplantation; Vascular complication; Vascular stenosis; Arterial dissection; Pseudoaneurysm; Thrombosis; Donor-derived infection; Digital subtraction angiography(DSA); Percutaneous transluminal angioplasty

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023168

基金项目: 国家自然科学基金 (81970670)

作者单位: 710061 西安, 西安交通大学第一附属医院肾移植科

作者简介: 张江伟 (ORCID 0000-0002-7979-0142), 博士, 住院医师, 研究方向为肾移植, Email: zjw1990@xjtu.edu.cn

通信作者: 丁小明 (ORCID 0000-0002-9082-9191), Email: xmding@xjtu.edu.cn



作者简介: 丁小明, 二级主任医师, 教授, 博士研究生导师, 西安交通大学第一附属医院肾移植科主任。兼任中华医学会器官移植学分会常务委员兼秘书长、中国医疗保健国际交流促进会肾脏移植分会常务委员暨秘书长、中国医师协会器官移植医师分会委员、陕西省器官移植医师分会会长、中国医院协会器官获取与分配管理工作委员会委员、中国研究型医院学会移植医学专业委员会委员、中国医师协会器官移植医师分会肾移植学组委员、中国人体健康科技促进会人体器官与组织捐献专业委员会常务委员、海峡两岸医药卫生交流协会委员、陕西省医学传播学会器官移植与捐献专业委员会主任委员、中华医学会陕西省器官移植分会常务委员。兼任《器官移植》、*American Journal of Transplantation* (中文版)、《中国医学前沿杂志(电子版)》《中华器官移植杂志》《临床医学研究与实践》等杂志编委。获国家科学技术进步奖二等奖 1 项; 陕西省科学技术进步奖一等奖 2 项、二等奖 1 项。

自 1954 年约瑟夫·默里进行了第 1 例成功的肾移植手术以来, 肾移植是目前治疗终末期肾病最有效的方法, 移植肾 1 年存活率达 95% 以上^[1]。随着供受者评估标准、器官获取和保存、肾移植手术和血管吻合等技术的不断进步, 肾移植术后血管并发症的发生率有所下降, 为 1.35%^[2]。然而, 肾移植术后血管并发症仍然是比较严重的手术并发症, 可导致移植物丢失或受者死亡^[3]。因此, 本文就肾移植术后常见血管并发症的发生概况、临床表现、诊断、治疗策略和结果进行评述, 旨在为此类患者的诊疗提供参考, 降低血管并发症发生率, 提高移植效果和受者生存率。

1 肾移植术后血管并发症的发生概况

21 世纪被称为“器官移植的时代”, 器官移植目前被认为是治疗终末期器官衰竭最有效的方法, 其中肾移植是开展最早、数量最多、成功率最高的器官移植。肾移植术后常见的血管并发症主要包括血管狭窄、动脉夹层(髂内外动脉、移植肾动脉)、假性动脉瘤、破裂或血栓等^[4]。Bessede 等^[2]研究证实血管并发症的发生与移植物存活时间缩短相关, 可导致 1.66% 的移植物丢失和 0.16% 的受者死亡。因此, 肾移植术后血管并发症的早发现、早诊断和早治疗是非常重要的。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是诊断多种血管并发症的金标准, 同时应与急性排斥反应、药物性肾损害、肾后性梗阻、BK 病毒性肾病等鉴别。但是移植肾功能较差的患者发生造影剂肾病的风险较高^[5], 虽然根据欧洲泌尿生殖放射学会(European Society of Urogenital Radiology, ESUR)造影剂安全委员会的研究证实, 肾移植受者发生造影剂肾病的风险并不高于非移植患者^[6], 然而在临床实践中仍然认为肾损伤风险会随着造影剂剂量的增加而增加, 尤其是在肾移植受者中必

须重视这一点^[7-9]。

笔者总结的肾移植术后血管并发症的病因如下:

(1) 受者因素, 常见于高龄、糖尿病史、动脉粥样硬化和心脏病史、高血压病史、巨细胞病毒感染(cytomegalovirus, CMV)感染史、腹压突然升高、术侧血管外伤或手术史、高凝状态等; (2) 供者因素, 高龄供者、边缘供者、供者肾动脉病变、供者来源性感染(donor-derived infection, DDI)等; (3) 移植相关因素, 移植肾功能延迟恢复(delayed graft function, DGF)、供肾冷缺血时间>24 h、免疫诱导方案、排斥反应等; (4) 手术相关因素, 供肾获取过程中造成的动脉内膜损伤、血管吻合技术不良、术后瘢痕挛缩、移植肾放置不当、周围血肿机化后肾动脉受压、动脉过长成角或扭曲等^[10-13]。

自 2015 年 1 月 1 日起, 公民逝世后器官捐献成为除活体亲属器官捐献外的唯一器官来源^[14]。然而, 公民逝世后器官捐献时代边缘供肾、供者基础疾病导致血管病变、DDI、冷缺血时间延长、DGF 发生率增加等不利因素进一步增加了血管并发症发生的潜在风险^[15-17]。因此全面系统地了解肾移植术后血管并发症的种类、病因、临床特征和治疗方法, 有针对性预防, 及时发现、明确诊断和精准治疗是救治成功的关键。

2 肾移植术后常见血管并发症的诊疗

2.1 动脉狭窄

移植肾动脉狭窄(transplant renal artery stenosis, TRAS)是肾移植术后最常见的血管并发症, 多发生于术后 3~6 个月, 发生率为 1%~23%^[18]。TRAS 的临床表现为难治性或新发高血压, 移植肾功能损害伴少尿和水肿, 部分移植肾听诊时出现新发血管杂音^[19]。鉴于导致 TRAS 原因较多, 治疗方案需精准化、个体化, 若处理及时得当大部分移植肾功能

3~5 d 可得到改善, 研究表明, 得到及时有效治疗的 TRAS 患者长期生存率与无狭窄患者相似^[20]。Lacombe^[21] 根据狭窄的位置对 TRAS 进行分类, 根据受累部位提出了不同的高危诱发因素, 吻合口狭窄: (1) 外科缝合技术不佳, 过多使用止血药物; (2) 受者血管动脉内膜切除后与髂内动脉端-端吻合; (3) 供者和受者动脉之间存在较大尺寸差异 (端-端吻合); (4) 器官获取和灌注过程中内膜损伤。吻合口前狭窄: (1) 受者动脉进行性动脉粥样硬化; (2) 受者动脉钳夹损伤。吻合口后狭窄: (1) 进行性动脉粥样硬化; (2) 恢复性损伤; (3) 供者肾动脉钳夹损伤; (4) 急性排斥反应 (不太明确)。不同狭窄出现临床症状的时间有所不同, 早期吻合口狭窄通常是由外科吻合技术造成的, 器官获取或低温机械灌注过程中内膜损伤也是另一个诱发因素^[22]。吻合口近端或远端的狭窄通常出现相对较晚, 这些部位动脉狭窄的最常见原因是进行性动脉粥样硬化, 影响移植肾动脉或受者髂血管, 而弥漫性狭窄可能是排斥反应引起血管炎的结果^[23]。

对于尚未引起血流动力学及肾功能改变的 TRAS, 可予以保守治疗, 注意控制血压及定期复查狭窄的进展情况。经皮腔内血管成形术 (percutaneous transluminal angioplasty, PTA) 是首选的治疗方法, 成功率为 85%~93%^[24]。PTA 主要包括球囊导管扩张和血管内支架成形术, 前者适用于轻度 TRAS 或儿童肾移植受者, 术后再狭窄率为 13%~25%^[20,25], 后者被认为是更好的 TRAS 治疗方法, 但也有支架置入失败、肾动脉剥离、动脉撕裂等风险, 发生率约为 4%^[26]。手术治疗适用于 PTA 无法治疗的吻合口狭窄或严重

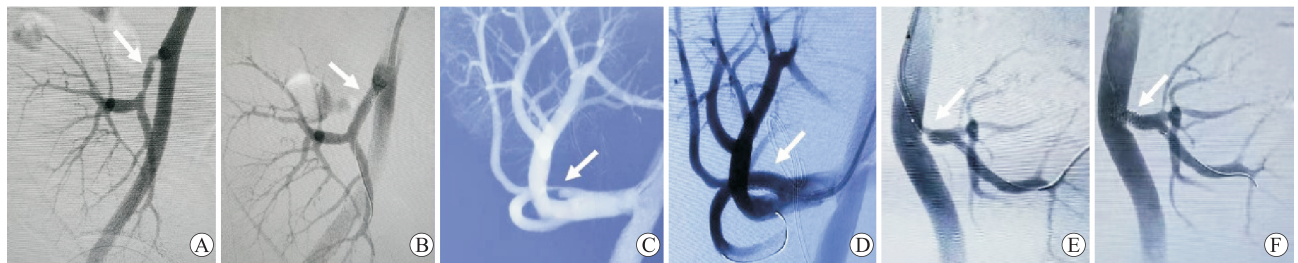
远端动脉狭窄的患者, 据报道手术成功率为 63%~92%, 其中 12% 的患者可能再次出现狭窄^[27-28]。西安交通大学第一附属医院 3 例不同类型移植肾动脉狭窄的治疗见图 1。

2.2 髂外动脉夹层

髂外动脉夹层是一种发生率不高但不得不重视的严重血管并发症, 发生率为 0.3%^[29], 常发生在肾移植术中或术后数日至几个月内。髂外动脉夹层是在原发病、动脉粥样硬化、高血压、血管损伤、外科操作等基础上导致动脉壁内膜变性、动脉壁剪切力增加, 导致内膜和中膜分离, 血液进入^[30-31]。一旦髂外动脉夹层被明确诊断或高度怀疑, 尤其是围手术期的髂外动脉夹层, 应立即处理, 以减少动脉剥离的进一步进展, 并保护移植肾和下肢的血供。目前肾移植术中髂外动脉夹层的主要治疗方法包括人工血管置换、介入治疗、供者动脉移植^[32-34]。人工血管置换术适用于术中突发的、严重的髂外动脉夹层, 能够快速、高效地解决夹层问题, 但费用相对高昂。介入治疗多用于术后出现的髂外动脉夹层, 创伤小、安全性较高, 技术难点在于区分真假腔及进入真腔^[35], 主要缺点为造影剂肾毒性、动脉穿刺损伤等^[36]; 供者动脉移植术适应证与人工血管置换术类似, 组织相容性更好, 但需获取器官时预留直径相同的血管或建有血管库的移植单位。本中心 1 例肾移植术中髂外动脉夹层治疗见图 2。

2.3 血栓

肾血管血栓形成是一种极其严重的并发症, 是术后早期移植肾丢失的主要原因, 占 1 个月内移植肾丢失的 1/3^[37]。我国一项多中心研究纳入儿童肾移植 704 例, 其中 83 例移植肾丢失, 最主要原因为肾血



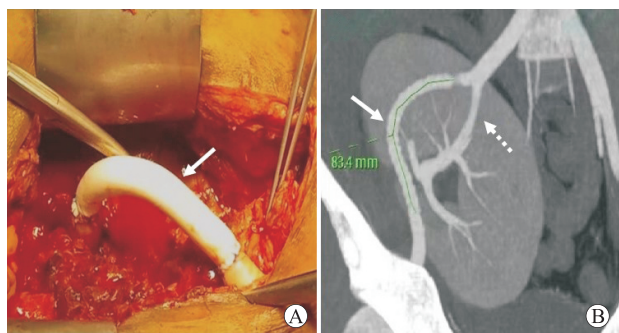
注: A、B 图为 1 例 38 岁男性患者, 肾移植术后 8 个月, DSA 示移植肾动脉主干全段狭窄, 呈条索状, 放置动脉支架移植肾功能恢复正常; C、D 图为 1 例 43 岁男性患者, 肾移植术后 6 个月, 血清肌酐 201 $\mu\text{mol/L}$, DSA 示移植肾动脉分支重度狭窄, 球囊扩张后放置动脉支架, 术后血清肌酐降至 120 $\mu\text{mol/L}$; E、F 图为 1 例 39 岁女性患者, 肾移植术后 1 年 8 个月, 尿量减少, 血清肌酐 360 $\mu\text{mol/L}$, DSA 示移植肾髂外动脉吻合处狭窄 80% 以上, 放置动脉支架, 移植肾血供正常化, 血清肌酐降至 155 $\mu\text{mol/L}$ 。

图 1 不同类型移植肾动脉狭窄的治疗方式

Figure 1 Treatment for different types of artery stenosis in renal allograft

管血栓形成 (28 例, 33.7%)^[38]。

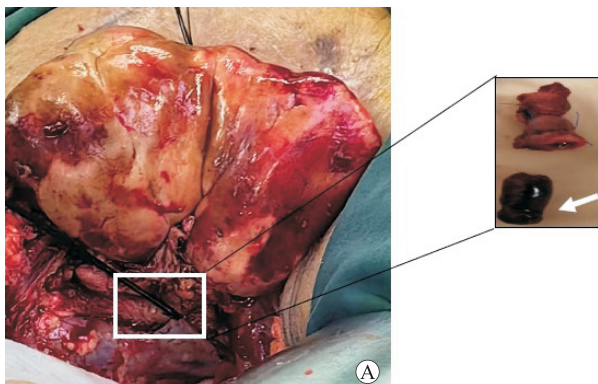
移植肾动脉血栓的发生率为 0.3%~6.1%，主要发生在术后 2 周内^[39]，通常是由外科操作、排斥反应、严重的肾动脉狭窄、儿童肾移植和高凝状态等引起^[40]。移植肾动脉血栓最重要的体征是移植肾灌注变差或消失而导致尿量骤减及肾功能恶化，彩色多普勒超声检查是最初优选的无创检查。围手术期出现移植肾动脉血栓更多是由于外科技术问题造成，例如移植肾摆放不当或肾动脉过长、血管吻合不良、供肾多支动脉、供者肾动脉或受者髂动脉内膜不光滑、硬化斑块脱落、动脉夹损伤内膜、继发血栓形成，其它原因如高凝状



注：1 例 33 岁男性患者，术中发生髂外动脉夹层，切除血管夹层部分，行髂外动脉人工血管置换术，直径 8 mm (白色箭头)，移植肾动脉改与髂内动脉吻合 (白色虚线箭头)，肾功能恢复正常；术后 3 个月复查髂动脉 CT 血管造影，见置换部分的血管走行自然，近心端吻合口轻度狭窄。

图 2 肾移植术中髂外动脉夹层的治疗

Figure 2 Treatment of external iliac artery dissection during kidney transplantation



注：A 图为 1 例男性患者，肾移植术后少尿，移植肾超声示血流灌注差，移植肾动脉舒张期反向，考虑动脉血栓，行移植肾探查术，提示移植肾质软色苍白，动脉搏动消失；切除移植肾，剖开移植肾动脉可见条索状血栓形成 (白色箭头)。B、C 图为 1 例男性患者，肾移植术后 7 d，DGF，尿量减少，移植肾超声示血流灌注差，血管树稀疏，皮质无血流，行移植肾探查术，移植肾色暗紫，提示移植肾静脉血栓，切除移植肾，剖开可见微血管血栓形成。

图 3 移植肾动脉和静脉血栓的治疗

Figure 3 Treatment of artery and vein thrombosis in renal allograft

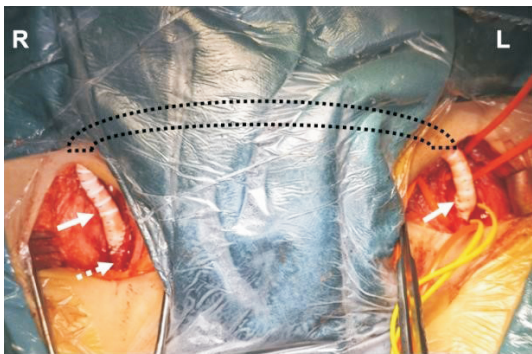
态、急性排斥反应、血管周围侵袭性感染、其它部位血栓脱落等^[21,41]。对于细小分支栓塞可予以观察，部分血栓形成可溶栓治疗。肾动脉主干栓塞应尽快手术探查，可切开血管取出血栓，用低温灌注液进行二次灌注冲洗，重新血管吻合，术后抗凝治疗，积极处理原发疾病及诱因；也可先切取移植肾，经低温工作台取出血栓、修复血管后重新再植。术后 10~14 d 内不建议实施血管内介入取栓，出血风险较大^[42]。肾动脉血栓导致移植肾功能难以恢复者，应予以切除肾脏。尽管有国内外均有报道介入治疗或溶栓成功的案例，但在大部分情况下，切除移植肾仍是难以避免的^[42]。

移植肾静脉血栓是肾移植术后一种严重的早期血管并发症，发生率为 0.5%~4.0%^[43]，临床症状包括疼痛、移植肾和同侧下肢肿胀以及低热等^[22]。诊断通常采用彩色多普勒超声检查，显示无静脉血流和异常动脉信号，伴有平台样反向舒张血流以及移植物体积肿胀、增大^[44]。一旦确诊为移植肾静脉血栓，几乎都需要进行手术探查，绝大多数最终会导致移植肾丢失。鉴于此类血管并发症导致移植肾丢失率高，针对病因积极预防是最好的治疗选择，尤其是儿童肾移植受者，应该减少使用较小供肾、选较粗的血管进行吻合、避免血管受牵拉、谨防血管痉挛、适当抗凝、卧床 1 周及纠正酸中毒等^[38]。本中心肾动脉和静脉血栓的治疗见图 3。

2.4 血管破裂

由于手术因素导致的肾动脉或静脉破裂通常发生在术后 2 周内，感染引起的血管破裂多见于术后

2~4 周或更多, 这往往导致移植物丢失甚至受者死亡^[45-46]。肾动脉破裂进展迅速、危及生命, 一旦诊断出来, 应积极处理, 做好手术准备, 根据血管破裂的病因进行手术探查^[47-48]: (1) 血管缝合不良引起吻合口出血, 予以修补血管; (2) 感染性动脉炎导致血管破裂, 尤其有耐药菌感染证据, 建议切除移植肾, 抗感染治疗。对于移植肾动脉与髂外动脉吻合者, 建议切除移植肾后结扎髂外动脉感染部位近端、远端, 感染部位开放, 血管远端行股动脉-人工血管-对侧股动脉转流手术或同侧腋窝动脉-人工血管-股动脉转流手术, 恢复术侧下肢血供。本中心移植肾动脉破裂的治疗见图 4。



注: 1 例男性患者, 39 岁, 伤口泛耐药铜绿假单胞菌感染, 肾移植术后 2 周出现伤口疼痛和引流量增多(血性液体), 行移植肾探查, 术中见移植肾动脉吻合口破裂, 创面有感染征象, 考虑为“感染性动脉炎”致破裂。切除移植肾和部分髂外动脉, 结扎髂外动脉残端, 行股动脉(白色虚线箭头)-人工血管(白色箭头+黑色虚线)-对侧股动脉转流术, 术后监测双下肢血流及皮温基本正常。

图 4 移植肾动脉破裂的治疗

Figure 4 Treatment of artery rupture in renal allograft

2.5 假性动脉瘤

假性动脉瘤较为少见, 包括肾内型和肾外型, 总体发生率<1%^[49]。器官获取时过度牵引肾蒂、插管灌注损伤肾动脉、血管吻合技术欠佳、髂动脉硬化及医源性损伤、手术部位感染(特别是真菌感染)等, 可能导致假性动脉瘤的发生。小的假性动脉瘤临床表现通常无症状, 当动脉瘤持续增大或破裂时, 部分患者可能会出现疼痛、肿胀、肾周血肿、低血压、血尿和移植物功能异常等, 导致失血性休克和危及生命的情况。对于尚未引起肾血流动力学和肾功能改变的动脉瘤, 可选择保守治疗。如果动脉瘤已经破裂或有破裂的高风险, 可以进行肾动脉栓塞、覆膜支架植入或开放手术修复^[22]。髂动脉假性动脉瘤诊疗与移植肾动脉

瘤类似, 临床表现为肾周搏动性肿块并伴有疼痛、肿胀, 大部分移植肾功能和血流可能受影响较小, 高血压或移植物功能障碍可能是由于移植肾血管受动脉瘤压迫造成的。通过彩色多普勒超声检查可以明确诊断, 其特征与肾假性动脉瘤相似。本中心肾外型假性动脉瘤的治疗见图 5。

2.6 移植肾破裂

移植肾破裂也是相对少见的并发症, 发生率为 0.3%~9.6%, 主要发生在术后 2 周内, 也可以发生在术后数年, 可直接导致移植物丢失和受者死亡^[50]。肾破裂的临床表现为移植肾区突然疼痛、肿胀, 伴有少尿、血尿、血压下降, 严重者为失血性休克。若包膜下破裂出血或小范围破裂、出血控制良好、肾功能正常者, 应予以保留肾脏, 绝对卧床制动, 局部压迫止血, 治疗诱发病因, 使用止血药物治疗, 密切观察出血情况, 做好手术准备。如果血流动力学不稳定或破裂出血到肾周区域, 应立即进行手术探查。

2.7 肾动脉扭结

血管保留过长、不适当活动、血管收缩、儿童肾移植或大的盆腔间隙是移植肾血管扭结的诱发因素。移植动脉扭结很难与 TRAS 完全区分开来, 可能与血管移位或移植物随时间推移移位有关^[51]。手术仍然是血管扭结的主要治疗方法, 如果没有血栓形成, 移植肾可以通过手术探查、重新定位移植肾或其他技术来修复。对于不适合手术干预的患者, PTA 是一种替代选择, 但治疗效果并不理想, 这可能会增加血管痉挛、破裂或剥离的风险^[52]。笔者建议保留的血管不宜太长、切口空间适中、术后活动不宜剧烈, 对于儿童患者来说, 将移植肾表面的脂肪组织与切口组织缝合固定, 可减少术后早期血管扭结的发生。

2.8 动静脉瘘

移植肾内动静脉瘘是经皮肾穿刺活组织检查(活检)引起的最常见的血管损伤类型, 发生率为 1%~18%^[53]。当相邻的动脉和静脉分支同时撕裂时, 就会形成动静脉瘘。据报道, 先前存在的高血压和肾钙质沉着症是出现活检后动静脉瘘的危险因素^[54]。多普勒超声检查是诊断动静脉瘘的首选方式, 在肾内动脉和邻近的静脉中会看到异常的湍流, 改变了肾脉管系统的正常走向。80% 病例是无症状的, 动静脉瘘可自行消退; 对于存在血尿、高血压和肾内“窃血”现象导致移植物功能障碍^[55], 首选治疗方法是血管造影导管引导的腔内栓塞术, 使用金属线圈选择性的栓塞可最

大程度地减少功能性移植肾组织的损失^[56]。开放手术（部分甚至全肾切除术）目前被认为是最后的治疗手段，但可能会损伤移植肾^[57]。

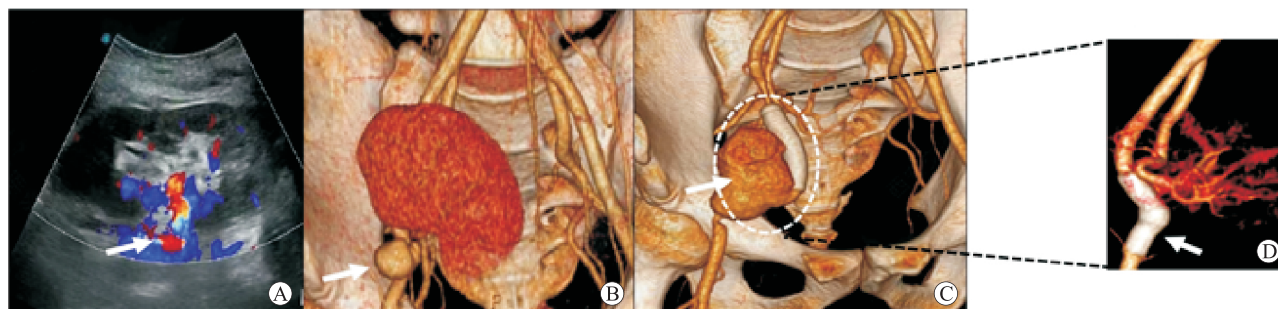
3 西安交通大学第一附属医院肾移植术后血管并发症情况

西安交通大学第一附属医院 2015 年 1 月至 2022 年 1 月期间完成的 2 304 例肾移植手术，其中男 1 658 例，女 646 例。54 例肾移植术后发生血管并发症，发生率为 2.34%，最常见的血管并发症是移植肾动脉狭窄（36 例），其次是髂外动脉夹层（5 例）、肾动脉破裂（4 例）、肾静脉血栓（3 例）、肾动脉血栓（2 例）、假性动脉瘤（2 例）、肾动脉夹层（1 例）、肾动脉扭结（1 例）。40 例接受了 PTA 治疗，其中球囊导管扩张 3 例，血管内置入支架治疗 37 例；14 例接受开放

手术。最终，9 例行移植肾切除术，总体有效治疗率为 83%（45/54）。大多数肾移植术后血管并发症都可以通过 PTA 得到令人满意的治疗效果，但对于肾动脉破裂、动脉血栓、静脉血栓、动脉扭结等严重血管并发症的整体治疗效果较差，移植肾丢失率较高 64%（9/14），需要重点预防和关注（表 1）。

4 小 结

虽然肾移植术后血管并发症的发生率并不高，但治疗不当仍可对移植肾功能造成不可逆的损害，甚至危及受者生命，应予以足够重视。“防患于未然”，如何减少肾移植术后血管并发症的发生，重点是预防，我们建议对于高危供者进行全面细致评估，合理选择血管段，术中轻柔操作，改进血管缝合技术，术后针对性预防，多学科协作治疗可以预防或减少血管并发症的发生。



注：1 例男性患者，33 岁，肾移植术后 6 个月，尿少伴肾功异常。A 图为移植肾超声检查示灌注良好，右髂外动脉可见大小约 25 mm×22 mm 的囊性包块，与肾动脉相连，通道开口宽度约 7 mm，彩色多普勒血流显像可见动脉血流，呈涡流状。B 图为 DSA 示右髂外动脉假性动脉瘤。C、D 图为放置一个 Viabahn 直径 10~50 mm 覆膜支架，再次造影可见假性动脉瘤覆盖完全。

图 5 肾外型假性动脉瘤的治疗

Figure 5 Treatment of extrarenal pseudoaneurysm

表 1 肾移植术后血管并发症概况

Table 1 Overview of vascular complications after kidney transplantation

血管并发症类型	n	术后发生时间	治疗方案	发生率 (%)
移植肾动脉狭窄	36	0.5~7.0个月	PTA: 球囊扩张术 (3例), 血管内支架植入术 (33例)	1.56
髂外动脉夹层	5	<1 d (4例), 3个月 (1例)	人工血管置换术 (3例), 供者髂动脉搭桥术 (1例), PTA (1例)	0.22
肾动脉破裂	4	2~18 d	肾切除术 (3例), 动脉修补术 (1例)	0.17
肾静脉血栓	3	7~15 d	肾切除术 (3例)	0.13
肾动脉血栓	2	7 d	肾切除术 (1例), PTA (1例)	0.09
假性动脉瘤	2	4.5个月	PTA (2例)	0.09
肾动脉夹层	1	3 d	PTA	0.04
肾动脉扭结	1	2 d	肾切除术	0.04

参考文献:

- [1] JALALI F, HAKEMI M, NASSIRI A. Awareness and knowledge about kidney transplantation: a reflection on the current state among iranian patients with end-stage renal disease (ESRD) treated by dialysis[J]. *Iran J Kidney Dis*, 2021, 15(6): 433-440.
- [2] BESSEDE T, DROUPY S, HAMMOUDI Y, et al. Surgical prevention and management of vascular complications of kidney transplantation[J]. *Transpl Int*, 2012, 25(9): 994-1001. DOI: 10.1111/j.1432-2277.2012.01533.x.
- [3] SALAMIN P, DESLARZES-DUBUIS C, LONGCHAMP A, et al. Predictive factors of surgical complications in the first year following kidney transplantation[J]. *Ann Vasc Surg*, 2022, 83: 142-151. DOI: 10.1016/j.avsg.2021.08.031.
- [4] GUNAWARDENA T. Update on vascular complications after renal transplantation[J]. *Exp Clin Transplant*, 2022, 20(4): 333-341. DOI: 10.6002/ect.2021.0303.
- [5] VAN DER MOLEN AJ, REIMER P, DEKKERS IA, et al. Post-contrast acute kidney injury - part 1: definition, clinical features, incidence, role of contrast medium and risk factors : recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(7): 2845-2855. DOI: 10.1007/s00330-017-5246-5.
- [6] VAN DER MOLEN AJ, REIMER P, DEKKERS IA, et al. Post-contrast acute kidney injury. part 2: risk stratification, role of hydration and other prophylactic measures, patients taking metformin and chronic dialysis patients : recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(7): 2856-2869. DOI: 10.1007/s00330-017-5247-4.
- [7] DE LAFORCADE L, BOBOT M, BELLIN MF, et al. Kidney and contrast media: common viewpoint of the French Nephrology Societies (SFNDT, FIRN, CJN) and the French Radiological Society (SFR) following ESUR guidelines[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2021, 102(3): 131-139. DOI: 10.1016/j.diii.2021.01.007.
- [8] RAVN EJ, HASIFIC S, THOMASSEN M, et al. Intravenous versus oral hydration to reduce the risk of postcontrast acute kidney injury after intravenous contrast-enhanced CT in patients with severe chronic kidney disease (ENRICH): a study protocol for a single-centre, parallel-group, open-labelled non-inferiority randomised controlled trial in Denmark[J]. *BMJ Open*, 2023, 13(9): e074057. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-074057.
- [9] GHEITH OA, NAGIB AM, HALIM MA, et al Contrast-induced nephropathy in kidney transplant recipients: a single-center experience[J]. *Iran J Kidney Dis*, 2023, 1(1): 47-53.
- [10] KULU Y, FATHI P, GOLRIZ M, et al. Impact of surgeon's experience on vascular and haemorrhagic complications after kidney transplantation[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2019, 57(1): 139-149. DOI: 10.1016/j.ejvs.2018.07.041.
- [11] TAVAKKOLI M, ZAFARGHANDI RM, TAGHAVI R, et al. Immediate vascular complications after kidney transplant: experience from 2100 recipients[J]. *Exp Clin Transplant*, 2017, 15(5): 504-508. DOI: 10.6002/ect.2016.0057.
- [12] DE FREITAS RAP, DE LIMA ML, MAZZALI M. Early vascular thrombosis after kidney transplantation: can we predict patients at risk?[J]. *Transplant Proc*, 2017, 49(4): 817-820. DOI: 10.1016/j.transproceed.2017.03.004.
- [13] TIWARI B, PANDEY P, G V, et al. Various techniques and outcomes of arterial anastomosis in live renal transplant: an institutional experience[J]. *Cureus*, 2022, 14(5): e25262. DOI: 10.7759/cureus.25262.
- [14] HUANG JF, WANG HB, ZHENG SS, et al. Advances in China's organ transplantation achieved with the guidance of law[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(2): 143-146. DOI: 10.4103/0366-6999.149183.
- [15] NOBLE J, JOUVE T, MALVEZZI P, et al. Transplantation of marginal organs: immunological aspects and therapeutic perspectives in kidney transplantation[J]. *Front Immunol*, 2020, 10: 3142. DOI: 10.3389/fimmu.2019.03142.
- [16] ZHANG X, SHAN H, ZHANG M, et al. Donor-derived infection's prevention and control in kidney transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2023, 55(1): 22-29. DOI: 10.1016/j.transproceed.2022.12.009.
- [17] PONTICELLI C, REGGIANI F, MORONI G. Delayed graft function in kidney transplant: risk factors, consequences and prevention strategies[J]. *J Pers Med*, 2022, 12(10): 1557. DOI: 10.3390/jpm12101557.
- [18] LONG J, FENG Z, LIU J, et al. Endovascular treatment of transplant renal artery stenosis: a single-center retrospective cohort study[J]. *Exp Clin Transplant*, 2023, 21(3): 220-228. DOI: 10.6002/ect.2022.0400.
- [19] CALZAS MONTALVO C, MEDINA-POLO J, MIRANDA UTRERA NR, et al. Transplant renal artery stenosis: study of incidence using doppler ultrasound, risk factors and analysis is effect in graft outcomes[J]. *Actas Urol Esp (Engl Ed)*, 2023, DOI: 10.1016/j.acuroe.2023.08.004[Epub ahead of print].
- [20] BARTECZKO MLM, ORELLANA HC, SANTOS GRF, et al. Long-term clinical outcomes of patients with nonsignificant transplanted renal artery stenosis[J]. *BMC Nephrol*, 2022, 23(1): 61. DOI: 10.1186/s12882-022-02691-0.

- [21] LACOMBE M. Arterial stenosis complicating renal allotransplantation in man: a study of 38 cases[J]. *Ann Surg*, 1975, 181(3): 283-288. DOI: 10.1097/0000658-197503000-00007.
- [22] DIMITROULIS D, BOKOS J, ZAVOS G, et al. Vascular complications in renal transplantation: a single-center experience in 1367 renal transplantations and review of the literature[J]. *Transplant Proc*, 2009, 41(5): 1609-1614. DOI: 10.1016/j.transproceed.2009.02.077.
- [23] GUNAWARDENA T, SHARMA H. Transplant renal artery stenosis: current concepts[J]. *Exp Clin Transplant*, 2022, 20(12): 1049-1057. DOI: 10.6002/ect.2022.0334.
- [24] PINI A, FAGGIOLI G, PINI R, et al. Assessment and management of transplant renal artery stenosis: a literature review[J]. *Ann Vasc Surg*, 2022, 82: 13-29. DOI: 10.1016/j.avsg.2022.01.011.
- [25] PATEL U, KUMAR S, JOHNSON OW, et al. Long-term graft and patient survival after percutaneous angioplasty or arterial stent placement for transplant renal artery stenosis: a 21-year matched cohort study[J]. *Radiology*, 2019, 290(2): 555-563. DOI: 10.1148/radiol.2018181320.
- [26] LEERTOUWER TC, GUSSENHOVEN EJ, BOSCH JL, et al. Stent placement for renal arterial stenosis: where do we stand? a meta-analysis[J]. *Radiology*, 2000, 216(1): 78-85. DOI: 10.1148/radiology.216.1.r00jl0778.
- [27] BENOIT G, MOUKARZEL M, HIESSE C, et al. Transplant renal artery stenosis: experience and comparative results between surgery and angioplasty[J]. *Transpl Int*, 1990, 3(3): 137-140. DOI: 10.1007/BF00355459.
- [28] RENGEL M, GOMES-DA-SILVA G, INCHÁUSTEGUI L, et al. Renal artery stenosis after kidney transplantation: diagnostic and therapeutic approach[J]. *Kidney Int Suppl*, 1998, 68: S99-S106. DOI: 10.1038/sj.ki.4490573.
- [29] ULUER MC, BRAZIO PS, WOODALL JD, et al. Vascularized composite allotransplantation: medical complications[J]. *Curr Transplant Rep*, 2016, 3(4): 395-403. DOI: 10.1007/s40472-016-0113-x.
- [30] 谢恩泽华, 丘俊涛, 吴进林, 等. 主动脉夹层发病机制研究进展[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2020, 27(9): 1081-1086. DOI: 10.7507/1007-4848.202002112.
- XIE EZH, QIU JT, WU JL, et al. Advances in the pathogenesis of aortic dissection[J]. *Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 27(9): 1081-1086. DOI: 10.7507/1007-4848.202002112.
- [31] 唐前辉, 张显岚. 主动脉夹层破裂 4 例并文献复习[J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2021, 7(7): 881-884. DOI: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2021.07.25.
- TANG QH, ZHANG XL. Rupture of aortic dissection: a report of 4 cases and literature review[J]. *J Vasc Endovasc Surg*, 2021, 7(7): 881-884. DOI: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2021.07.25.
- [32] BAYRAKTAR N. Repair experience of external iliac artery dissection using internal iliac artery transposition during renal transplantation[J]. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2023, 29(8): 944-947. DOI: 10.14744/tjtes.2023.97284.
- [33] MALIK MS, AKOH JA, HOULBERG K, et al. Iliofemoral polytetrafluoroethylene graft interposition: a rescue procedure in external iliac artery dissection to restore lower limb revascularization and salvage kidney transplant[J]. *Exp Clin Transplant*, 2023, 21(5): 467-470. DOI: 10.6002/ect.2023.0062.
- [34] 张江伟, 李杨, 田普训, 等. 基于人工血管置换术治疗肾移植术中髂外动脉夹层的临床效果研究[J]. *中华器官移植杂志*, 2022, 43(4): 211-214. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20211121-00290.
- ZHANG JW, LI Y, TIAN PX, et al. Clinical efficacy of artificial vascular replacement for external iliac artery dissection during renal transplantation[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2022, 43(4): 211-214. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20211121-00290.
- [35] 孙蕊, 周梦馨, 刘志丽, 等. 罕见外周动脉夹层诊治经验探讨[J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2018, 17(8): 603-605. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2018.08.138.
- SUN R, ZHOU MX, LIU ZL, et al. Experience in the diagnosis and treatment of rare peripheral arterial dissection[J]. *Chin J Mult Organ Dis Elderly*, 2018, 17(8): 603-605. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2018.08.138.
- [36] 李光新, 王宾, 王坤, 等. 肾移植相关血管并发症的治疗体会[J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2015, 1(Z1): 105-107. DOI: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2015.z1.007.
- LI GX, WANG B, WANG K, et al. Experience in the treatment of vascular complications related to kidney transplantation[J]. *J Vasc Endovasc Surg*, 2015, 1(Z1): 105-107. DOI: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2015.z1.007.
- [37] YOSHIDA T, YANISHI M, NAKAMOTO T, et al. Successful treatment of transplant renal artery thrombosis with systemic infusion of recombinant-tissue-plasminogen activator after renal transplant[J]. *Exp Clin Transplant*, 2017, 15(5): 571-573. DOI: 10.6002/ect.2015.0099.
- [38] 陈刚. 中国儿童肾移植的现状及对未来发展的思考[J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(1): 1-2. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2020.01.001.
- CHEN G. Current situation of renal transplantation in children in China and its future development[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2020, 41(1): 1-2. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2020.01.001.

- [39] HARRAZ AM, SHOKEIR AA, SOLIMAN SA, et al. Salvage of grafts with vascular thrombosis during live donor renal allotransplantation: a critical analysis of successful outcome[J]. *Int J Urol*, 2014, 21(10): 999-1004. DOI: 10.1111/iju.12485.
- [40] LYSAKOWSKI S, DRUCK GARCIA C, WEISHEIMER ROHDE R, et al. Pediatric kidney transplantation: outcomes with under and over 6-year-old donors[J]. *J Pediatr (Rio J)*, 2023, DOI: 10.1016/j.jpeds.2023.07.005 [Epub ahead of print].
- [41] PARAJULI S, LOCKRIDGE JB, LANGEWISCH ED, et al. Hypercoagulability in kidney transplant recipients[J]. *Transplantation*, 2016, 100(4): 719-726. DOI: 10.1097/TP.0000000000000887.
- [42] MELAMED ML, KIM HS, JAAR BG, et al. Combined percutaneous mechanical and chemical thrombectomy for renal vein thrombosis in kidney transplant recipients[J]. *Am J Transplant*, 2005, 5(3): 621-626. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2004.00696.x.
- [43] CAMBOU L, MILLET C, TERRIER N, et al. Management and outcome after early renal transplant vein thrombosis: a french multicentre observational study of real-life practice over 24 years[J]. *Transpl Int*, 2023, 36: 10556. DOI: 10.3389/ti.2023.10556.
- [44] NATOUR AK, AHMED S, KIM DY, et al. Risk of ipsilateral deep vein thrombosis after kidney transplantation: a retrospective study[J]. *Cureus*, 2022, 14(4): e24482. DOI: 10.7759/cureus.24482.
- [45] TANG M, XU X, SHEN B, et al. Fifty-one cases of fungal arteritis after kidney transplantation: a case report and review of the literature[J]. *Transpl Infect Dis*, 2017, 19(6). DOI: 10.1111/tid.12781.
- [46] PATRONO D, VERHELST R, BUEMI A, et al. Renal allograft implantation on prosthetic vascular grafts: short- and long-term results[J]. *World J Surg*, 2013, 37(7): 1727-1734. DOI: 10.1007/s00268-013-2028-3.
- [47] 张龙, 周江桥, 邱涛, 等. 6例供者来源性感染致肾移植后血管并发症的诊疗经验[J]. *中华器官移植杂志*, 2022, 43(6): 340-345. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20210917-00233.
- ZHANG L, ZHOU JQ, QIU T, et al. Management of vascular complications after kidney transplantation caused by donor derived infection: a report of 6 cases[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2022, 43(6): 340-345. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20210917-00233.
- [48] GUO YL, LU X, ZHU L, et al. Infective artery rupture of renal allografts: a single-center retrospective study in China[J]. *Curr Med Sci*, 2022, 42(4): 847-855. DOI: 10.1007/s11596-022-2557-9.
- [49] CAÑO-VELASCO J, POLANCO-PUJOL L, GONZÁLEZ-GARCÍA J, et al. Renal artery infectious (mycotic) pseudoaneurysms in renal transplantation recipients[J]. *Actas Urol Esp (Engl Ed)*, 2021, 45(5): 335-344. DOI: 10.1016/j.acuroe.2021.04.009.
- [50] NEYMARK AI, NEYMARK BA, NOZDRACHEV NA, et al. Spontaneous rupture of kidney tumor. successful surgical treatment[J]. *Urologiia*, 2022(1): 74-77.
- [51] AKTAS S, BOYVAT F, SEVMIS S, et al. Analysis of vascular complications after renal transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2011, 43(2): 557-561. DOI: 10.1016/j.transproceed.2011.01.007.
- [52] VERLOH N, DOPPLER M, HAGAR MT, et al. Interventional management of vascular complications after renal transplantation[J]. *Rofo*, 2023, 195(6): 495-504. DOI: 10.1055/a-2007-9649.
- [53] GÓMEZ DOS SANTOS V, HEVIA PALACIOS V, GALEANO ÁLVAREZ C, et al. Renal allograft transplant vascular complications. diagnostic and treatment[J]. *Arch Esp Urol*, 2021, 74(10): 1013-1028.
- [54] TRIVEDI SB, GABA RC. Transplant renal biopsy complicated by arteriovenous fistula[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34(9): 1634-1635. DOI: 10.1016/j.jvir.2023.03.032.
- [55] KOLLI KP, LABERGE JM. Interventional management of vascular renal transplant complications[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2016, 19(3): 228-236. DOI: 10.1053/j.tvir.2016.06.008.
- [56] SERNA-HIGUITA LM, ZULUAGA-QUINTERO M, HIDALGO-OVIEDO JM, et al. Treatment of post-biopsy arteriovenous fistula of a renal graft by selective embolization[J]. *Indian J Nephrol*, 2021, 31(2): 201-204. DOI: 10.4103/ijn.IJN_351_19.
- [57] ZILINSKA Z, CHRASTINA M, TREBATICKY B, et al. Vascular complications after renal transplantation[J]. *Bratisl Lek Listy*, 2010, 111(11): 586-589.

(收稿日期: 2023-09-04)

(本文编辑: 方引超 鄢加佳)