

## · 临床指南 ·

## 透析通路中国指南(2024年版)

中华医学会肾脏病学分会专家组

通信作者: 陈江华, 浙江大学医学院附属第一医院肾脏病中心, 浙江大学肾脏病研究所, 浙江省肾脏病防治技术研究重点实验室, 杭州 310003, Email: chenjianghua@zju.edu.cn

**【摘要】** 慢性肾脏病是我国常见病与多发病, 其发展到终末期需要肾脏替代治疗。血液透析和腹膜透析是目前主要的肾脏替代治疗方式, 而透析通路作为透析患者的“生命线”, 其质量直接影响患者的住院率及生存率。因此, 加强对透析通路相关知识的学习具有重要意义。目前, 国内外已颁布了多部有关透析通路的临床指南和专家共识, 但随着医疗新技术的发展, 有关透析通路的知识不断更新, 特别是新型器械与器材的临床应用和新的循证医学证据, 拓展了透析通路建立及维护诊疗策略, 因此有必要编写一部适用于中国人群的透析通路诊疗指南。鉴于此, 中华医学会肾脏病学分会组织专家组编写了这部《透析通路中国指南(2024年版)》。该指南参考了国内外相关指南与专家共识, 整合了中国透析通路专家的临床经验, 系统地介绍了透析通路建立、维护、监测、随访及通路医师的培训等问题。专家组在编写过程中本着严谨、简明的原则, 参阅了国际指南格式, 提出诊疗要点、逐条例证说明。该指南反映了当今诊疗的新趋势、新观点, 对进一步加强透析通路认识、规范透析通路诊疗体系、制定合理治疗原则、延长透析通路使用时间、提高患者生活质量具有重要价值, 可供广大医护人员在临床实践中参考。

**【关键词】** 透析; 血管通路装置; 透析通路; 建立; 维护; 管理; 指南

**Guidelines for dialysis access in China (2024)**

Chinese Society of Nephrology

Corresponding author: Chen Jianghua, Kidney Disease Center, the First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine; Institute of Nephrology, Zhejiang University; Key Laboratory of Kidney Disease Prevention and Control Technology, Zhejiang Province, Hangzhou 310003, China, Email: chenjianghua@zju.edu.cn

**【Abstract】** Chronic kidney disease (CKD) is a common and frequently-occurring disease in China. When CKD develops to end stage, it requires renal replacement therapy. Hemodialysis and peritoneal dialysis are currently the main renal replacement therapies. As the "lifeline" of dialysis patients, the quality of dialysis access directly affects the hospitalization and survival rate of patients. Therefore, it is of great significance to strengthen the study of dialysis access. At present, a number of clinical guidelines and expert consensus on dialysis access have been issued at home and abroad. However, with the development of new medical technology, the knowledge about dialysis access is constantly updated, especially the clinical application of new devices, equipment and new evidence of evidence-based medicine, which expands the diagnosis and treatment strategy of the establishment and maintenance of dialysis access. Therefore, it is necessary to compile a guideline for the diagnosis and treatment of dialysis access suitable for the Chinese population. In view of this, the Chinese Society of Nephrology organized an expert group to compile the "China Guidelines for Dialysis Access (2024)". This guideline refers to relevant domestic and foreign guidelines and expert consensus, integrates the clinical experience of Chinese dialysis access experts, systematically introduces dialysis access establishment, maintenance, monitoring, follow-up, and training of access doctors. In the process of preparation, the expert group, in accordance with the principle of rigor

DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20230926-00935

收稿日期 2023-09-26 本文编辑 杨克魁

引用本文: 中华医学会肾脏病学分会专家组. 透析通路中国指南(2024年版)[J]. 中华肾脏病杂志, 2024, 40(12): 990-1070. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20230926-00935.



and conciseness, referred to the format of international guidelines, put forward the main points of diagnosis and treatment, and illustrated them case by case. This guideline reflects latest trends and perspectives in diagnosis and treatment. It is of great value to further strengthen the understanding of dialysis access, standardize the diagnosis and treatment system of dialysis access, formulate reasonable treatment principles, prolong the use time of dialysis access, and improve the quality of patients' lives. This guideline can be used as a reference for medical workers in clinical practice.

**【Key words】** Dialysis; Vascular access devices; Dialysis access; Establishment; Maintenance; Management; Guideline

## 英文缩略语

(按英文字母表顺序排序)

AVF	arteriovenous fistula 动静脉内瘘	HD	hemodialysis 血液透析
AVG	arteriovenous graft 移植动静脉内瘘	HeRO	hemodialysis reliable outflow 血液透析可靠流出
CKD	chronic kidney disease 慢性肾脏病	KDOQI	Kidney Disease Outcome Quality Initiative 肾脏病预后质量倡议
CO	cardiac output 心输出量	MHD	maintenance hemodialysis 维持性血液透析
CRBSI	catheter-related blood stream infection 导管相关性血流感染	MRA	magnetic resonance angiography 磁共振血管造影
CTA	computed tomography angiography 计算机断层扫描血管造影	NCC	non-cuffed catheter 无涤纶套透析导管
CTO	chronic total occlusion 慢性完全闭塞	NKF	National Kidney Foundation 美国肾脏病基金会
CVC	central venous catheter 中心静脉导管	PD	peritoneal dialysis 腹膜透析
CVS	central veinous stenosis 中心静脉狭窄	PIA	pressure of intra-access 通路内压力
DCB	drug-coated balloon 药物涂层球囊	PTA	percutaneous transluminal angioplasty 经皮腔内血管成形术
DOPPS	Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study 透析预后与实践模式研究	Qa	access blood flow 通路血流量
DSA	digital subtraction angiography 数字减影血管造影	RADAR	radial artery deviation and reimplantation 桡动脉离断再植技术
eGFR	estimated glomerular filtration rate 估算肾小球滤过率	RCT	randomized controlled trial 随机对照试验
ePTFE	expanded polytetrafluoroethylene 膨化聚四氟乙烯	rt-PA	recombinant tissue plasminogen activator 重组组织纤溶酶原激活剂
ESKD	end-stage kidney disease 终末期肾病	TCC	tunneled cuffed catheter 带隧道涤纶套透析导管
HAIID	hemodialysis access-induced distal ischemia 透析通路相关性肢端缺血综合征		

# 透析通路中国指南(2024年版)

## 目 录

英文缩略语 .....	991
一、CKD 的一体化治疗和患者的生存规划 .....	995
(一)CKD 患者肾脏替代方式的选择 .....	995
(二)CKD 患者血管资源保护 .....	995
1. 外周血管的保护 .....	995
2. 中心静脉的保护 .....	996
二、透析通路建立的相关临床决策 .....	996
(一)透析通路建立的时机 .....	996
(二)透析通路类型选择 .....	996
1. 自体 AVF .....	996
2. AVG .....	996
3. TCC .....	996
4. NCC .....	996
5. 其他特殊通路类型 .....	997
(三)个体化原则 .....	997
三、透析通路建立前准备 .....	997
(一)血管通路术前评估和准备 .....	997
1. 一般情况 .....	997
2. 物理检查 .....	997
3. 影像学检查 .....	997
(二)PD 置管前准备 .....	998
1. 患者评估 .....	998
2. PD 导管和置管方式选择 .....	998
3. 患者培训和术前准备 .....	998
四、透析通路的建立和技术要点 .....	998
(一)AVF 建立的围手术期处理原则 .....	998
1. 感染预防 .....	999
2. 麻醉方式 .....	999
3. 围手术期抗凝 .....	999
4. AVF 建立的技术要点 .....	999
5. 围手术期评估 .....	1000
6. 围手术期护理 .....	1000
7. 围手术期并发症及处理 .....	1001
(二)以 TCC 作为血管通路围手术期处理原则 .....	1002
1. 术前评估 .....	1002
2. 场所要求 .....	1003
3. 麻醉方式 .....	1003
4. 围手术期抗生素使用 .....	1003
5. 置管操作方式和技术要点 .....	1003
6. 围手术期并发症及处理 .....	1004
7. 围手术期评估和护理 .....	1004
(三)以 NCC 作为血管通路围手术期处理原则 .....	1005
1. 术前评估与置管血管位置选择 .....	1005
2. 场所要求 .....	1005
3. 麻醉方式 .....	1005
4. 围手术期抗凝 .....	1005
5. 置管操作方式和技术要点 .....	1005

6. 围手术期并发症及处理 .....	1006
7. 围手术期评估和护理 .....	1006
(四)其他特殊通路类型 .....	1006
1. 上肢、胸壁通路和来自下肢的移位自体静脉 .....	1006
2. 下肢血管通路 .....	1006
3. 横跨膈肌的通路 .....	1006
4. 动脉浅表化 .....	1006
5. HeRO 血管通路装置 .....	1007
(五)PD置管术 .....	1007
1. 无菌要求 .....	1007
2. 麻醉方式 .....	1007
3. 开放式置管技术要点 .....	1007
4. 定期评价PD导管置入的预后 .....	1007
5. 检验PD导管功能 .....	1007
<b>五、透析通路的使用和监护</b> .....	1007
(一)内瘘的成熟及护理 .....	1007
1. AVF成熟的定义 .....	1008
2. 判断AVF成熟的方法 .....	1008
3. AVF成熟不良的原因及对策 .....	1008
4. 首次穿刺的时间选择 .....	1010
(二)AVF的穿刺使用 .....	1011
1. 穿刺前护理 .....	1011
2. 穿刺方法选择 .....	1012
3. 拔针后护理 .....	1013
4. 穿刺并发症 .....	1013
(三)HD导管的使用和随访 .....	1013
1. 导管的使用要点 .....	1013
2. 封管技术和抗凝 .....	1014
(四)HD通路的检查及监测 .....	1015
1. 物理检查 .....	1015
2. 透析过程中监测(血流量、再循环、压力) .....	1016
3. 透析间期监测(超声、血管造影) .....	1018
(五)PD导管的使用 .....	1018
<b>六、透析通路远期并发症及治疗</b> .....	1019
(一)AVF远期并发症及治疗 .....	1019
1. 狭窄 .....	1019
2. 血清肿 .....	1023
3. 血栓形成 .....	1023
4. 动脉瘤(真性动脉瘤和假性动脉瘤) .....	1025
5. 感染 .....	1026
6. HAIDI .....	1028
7. 高输出量心力衰竭 .....	1029
(二)HD导管相关并发症 .....	1030
1. 导管功能不良 .....	1030
2. 导管血栓和/或纤维蛋白鞘形成等并发症 .....	1030
3. 导管感染 .....	1031
4. 导管破损或脱出 .....	1032
(三)血管通路中心静脉并发症 .....	1033
1. CVS .....	1033
2. 中心静脉CTO .....	1034
(四)PD导管相关并发症 .....	1035

1. PD 导管功能障碍 .....	1035
2. PD 导管出口及隧道感染 .....	1035
<b>七、透析通路相关新技术 .....</b>	<b>1036</b>
(一) 超声引导腔内血管成形技术 .....	1036
(二) 超声实时引导血管穿刺技术 .....	1036
(三) 放射引导技术在血管通路治疗的应用 .....	1037
(四) 经皮穿刺技术在 PD 置管中的应用 .....	1037
1. 超声在经皮穿刺 PD 置管术中的应用 .....	1037
2. X 线造影技术在经皮穿刺 PD 置管术中的应用 .....	1038
3. 经皮穿刺 PD 置管术的适用人群 .....	1038
4. 经皮穿刺 PD 置管的术前准备 .....	1038
5. 经皮穿刺 PD 置管的穿刺针选择 .....	1038
6. 经皮穿刺 PD 置管的深部内 Cuff 放置位置及方式 .....	1038
7. 经皮穿刺 PD 置管的导管尖端位置 .....	1038
(五) 腹腔镜技术在 PD 置管中的应用 .....	1039
(六) 其他新技术在透析通路领域的应用 .....	1039
1. 腔内建立 AVF 技术 .....	1039
2. RADAR 技术建立内瘘 .....	1039
3. 球囊辅助内瘘成熟技术 .....	1039
4. 吻合口 VasQ 装置 .....	1039
5. CO <sub>2</sub> 造影技术 .....	1039
<b>八、透析通路的废弃和移除 .....</b>	<b>1040</b>
(一) AVF 的废弃或移除 .....	1040
(二) HD 导管的拔除 .....	1040
1. TCC 的拔除 .....	1040
2. NCC 的拔除 .....	1041
(三) PD 导管的拔除 .....	1041
1. PD 导管拔除的适应证 .....	1041
2. PD 导管拔除方法 .....	1041
<b>九、血管通路的一体化管理 .....</b>	<b>1041</b>
(一) 一体化管理的概念 .....	1042
(二) HD 血管通路团队建设 .....	1042
(三) HD 血管通路协调员 .....	1042
(四) 通路管理临床质量目标 .....	1043
1. MHD 患者血管通路的比例 .....	1043
2. 建立 AVG 时初始通路失败率 .....	1043
3. 通路并发症和通畅性 .....	1043
4. 介入技术处理 AVF 相关并发症的质量控制 .....	1043
5. 首次血管通路类型的选择 .....	1043
(五) HD 血管通路质量管理 .....	1043
1. 建立有效的具有共同价值取向的工作团队 .....	1044
2. 确定血管通路质量管理目标 .....	1044
3. 建立标准化通路手术、操作及使用流程 .....	1044
4. 坚持持续性的质量改进 .....	1044
5. 实现信息化管理 .....	1044
6. 动态随访 .....	1045
(六) 通路相关人员的培训 .....	1045
<b>利益冲突 .....</b>	<b>1046</b>
<b>声明和感谢 .....</b>	<b>1046</b>
<b>中华医学会肾脏病学分会专家组 .....</b>	<b>1046</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>1047</b>

慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)是严重危害人类健康的常见疾病之一,其发展到终末期需要肾脏替代治疗。2015年《柳叶刀》文章预测,到2030年全球需要肾脏替代治疗患者将达到500万,其中亚洲将达到200万<sup>[1]</sup>。高速增长肾脏替代治疗患者严重消耗我国医疗资源,血液透析(hemodialysis, HD)和腹膜透析(peritoneal dialysis, PD)是目前主要的肾脏替代治疗方式,而透析通路作为透析患者的“生命线”,其质量直接影响患者的住院率及生存率。

目前美国肾脏病基金会(National Kidney Foundation, NKF)-肾脏病预后质量倡议(Kidney Disease Outcome Quality Initiative, KDOQI)、欧洲血管外科学会、日本透析治疗学会、中国医院协会血液净化中心管理分会通路学组等先后发表了有关透析通路诊断、治疗、监测和管理的实践指南或专家共识,为医护工作者提供了宝贵的指导意见。随着近几年新的治疗理念和技术的发展,有必要制定一个能对上述指南进行归纳和补充并适合中国国情的透析通路指南。中国通路医师数量不断增加,对透析通路的认识不仅应该学会操作流程,而且还应该知道背后的理论基础。

基于以上背景,中华医学会肾脏病学分会组织全国该领域的专家进行《透析通路指南(2024年版)》编写。该指南既借鉴了国内外相关指南和专家共识,又充分考虑到我国国情,查阅大量最新文献,增加部分近年透析通路领域的新技术、透析通路常见的并发症及处理等内容。该指南旨在加强通路医师对通路技术的掌握和对新技术的了解,为临床实践工作提供重要的参考。

本指南推荐等级:1级:推荐,等级强;2级:建议,等级弱。证据级别:A:证据基于多项随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)或荟萃分析,证据质量高;B:证据基于单项临床RCT或多项非随机对照研究,证据质量中;C:证据基于非随机对照研究或专家共识意见,证据质量低;D:证据基于病例观察、个案报道,证据质量极低。

### 一、CKD的一体化治疗和患者的生存规划

全球疾病负担研究调查报告显示,从1990年至2017年全球CKD患病率估计增加了29.3%,达到了9.1%;病死率增加了41.5%,并在2017年造成120万人死亡,3580万伤残调整生命年损失,其中糖尿病肾病造成的损失约占1/3<sup>[2]</sup>。到2019年,CKD已成为导致全球疾病负担增加的10个主要疾病之一。调查研究显示,2019年终末期肾病(end-stage kidney disease, ESKD)患病率在中国台湾地区为3480/百万人口<sup>[3]</sup>,美国为2242/百万人口<sup>[4]</sup>,日本为2731/百万人口<sup>[5]</sup>。预计到2030年,全球接受肾脏替代治疗患者将超过540万。

“健康中国2030”规划纲要显示,到2030年全国人均预期寿命将提高到79.0岁,重大慢性病过早死亡率比2015年降低30%。要使CKD患者拥有接近健康人群的预期寿命,对CKD患者在整个生命周期进行一体化治疗是重要的基础保障,因此,CKD患者的一体化管理任重而道远。CKD一体化治疗的主要环节,一般认为包括CKD的早期筛查和诊断、

针对CKD病因的积极治疗、采取延缓肾功能进展和防治并发症的综合性治疗措施、进入终末期后肾脏替代治疗方式的选择和治疗,其中肾脏病替代治疗方式的选择和治疗包括透析通路的规划、建立、使用和维护等。

### (一)CKD患者肾脏替代治疗方式的选择

#### 推荐意见

1. 应对进入CKD 3期以上的患者进行相关宣教,根据其具体情况考虑HD、PD、肾移植等替代治疗方式的选择。(1C)
2. 对于CKD 4~5期的患者,建议转诊至血管通路医师处评估患者及血管状况,为患者生存规划提供依据。(2C)

目前肾脏替代治疗方式主要是HD、PD和肾移植。由于供体肾的短缺,目前ESKD患者主要采用HD和PD的治疗方式,而HD治疗方式占全球透析患者的80%以上<sup>[6]</sup>。

对于CKD 4~5期的患者,医护人员应更多地与其进行沟通,告知其不同肾脏替代治疗方式的风险和获益,并根据患者的病情需要、喜好和家庭情况开始准备肾脏替代治疗。选择PD还是HD,应根据患者CKD的进展速度、并发症、对获得手术和后续治疗的便利性来决定,在患者的生活方式、价值观、信仰和偏好之间做出平衡的决策,将CKD患者的个体化治疗和肾脏病的一体化管理充分结合<sup>[7-8]</sup>。对于选择HD的CKD患者,在透析前阶段就应做好个体化的血管通路计划,通过人口统计学、合并症、解剖学、个人偏好、CKD进展的可能性、预期寿命等因素确定个体化的最佳血管通路和创建时间<sup>[9]</sup>。

### (二)CKD患者血管资源保护

#### 推荐意见

3. 建议从CKD 3期开始,对患者进行宣教和保护外周血管。(2C)
4. 对进展性的CKD患者,应尽量避免或减少有导线起搏器及经外周静脉穿刺中心静脉置管等有可能损伤中心静脉的血管内装置。(1B)

**1. 外周血管的保护:**进展为ESKD的CKD患者,需要及时建立血管通路用于透析治疗。HD患者首选的血管通路是在非优势手臂建立自体动静脉内瘘(arteriovenous fistula, AVF),而放置留置针等外周静脉导管、频繁地进行静脉输液(尤其是高渗药物等刺激性液体)会导致血管损伤,影响AVF血管的选择和内瘘的通畅率。因此应尽量避免在上肢主要静脉留置输液针,可经手背、下肢静脉输液。除对CKD患者进行宣教外,可通过开医嘱、佩戴警示环等具体措施来提醒患者。目前多数专家认为,从CKD 3期开始进行外周血管保护是较为现实的选择。

AVF能否成功建立与血管钙化密切相关,故需要关注CKD患者高磷血症、继发性甲状旁腺功能亢进的防治,通过

对 CKD-矿物质和骨异常的治疗来预防血管钙化<sup>[10]</sup>。越来越多的研究证实,一些加强上肢锻炼的措施或者装置可以改善静脉直径、血流量和肌肉力量,促进内瘘成熟<sup>[11]</sup>。另外,远红外线局部照射也可以显著增加术后 3 个月 AVF 的血流量<sup>[12]</sup>。

在外周血管资源不足的情况下,无法建立自体 AVF,患者的永久性血管通路需要建立移植物动静脉内瘘(arteriovenous graft, AVG)。膨化聚四氟乙烯(expanded polytetrafluoroethylene, ePTFE)材料、灭活的尸体血管、异种移植物(如牛颈动脉),都可用于 AVG 的创建,以减少中心静脉导管(central venous catheter, CVC)的使用,包括带隧道涤纶套透析导管(tunneled cuffed catheter, TCC)和无涤纶套透析导管(non-cuffed catheter, NCC)。

**2. 中心静脉的保护:** 当需要紧急开始 HD 但没有成熟的永久性血管通路的 ESKD 患者,或者短期内会接受肾脏移植的患者,可以使用 CVC 开始 HD。除用于透析的 CVC 以外,CKD 患者可能留置经外周静脉穿刺的 CVC、带导线的起搏器等血管内装置。这些静脉内导管也能造成留置部位血管壁的损伤,引起继发性的同侧内瘘回流静脉的狭窄,甚至直接导致静脉血栓形成及闭塞。一般认为血管内装置留置的时间越长,对血管壁的刺激或损伤越大,发生中心静脉病变的机会和严重程度就越高。

因此对于 CKD 4~5 期的患者,或者进展比较快、未来可能较快进展为 ESKD 的患者,需要尽量避免中心静脉置管。对于肾移植和 PD 患者,也有再次接受 HD 的可能,因此也需要为这些患者保存功能性血管,以满足将来 HD 的需求<sup>[13]</sup>。

## 二、透析通路建立的相关临床决策

### (一)透析通路建立的时机

#### 推荐意见

5. 当估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)在  $15 \sim 30 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$  或临床症状明显,保守治疗难以控制时,应计划选择合适的肾脏替代治疗方式及建立相关的通路。(1B)

无论是 CKD 患者还是肾移植患者,当 eGFR 在  $15 \sim 30 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$  或临床症状明显,保守治疗难以控制时,应对患者进行宣教并与其充分沟通,由医师和患者共同决策,提前选择肾脏替代治疗方式。如果选择 HD 模式,需对患者进行血管通路的教育,使其了解血管通路种类、术前准备、术后锻炼等注意事项,当开始透析时患者应已经具备成熟的血管通路。选择 PD 的患者,可在需要进行 PD 前 2 周进行 PD 导管置入术。

### (二)透析通路类型选择

#### 推荐意见

6. 在血管条件及心脏功能允许的前提下,优选自体

#### AVF。(1A)

7. TCC 适用于内瘘成熟过渡期、不能建立 AVF、预期寿命有限的患者。(2B)

8. NCC 仅应用于紧急或短期透析患者。(2B)

9. 不推荐动静脉直接穿刺。(2B)

10. 根据患者不同情况,个体化选择通路类型。(2B)

理想的血管通路应具备充足的血流量、足够长的穿刺区域、感染和血栓等并发症发生率低等特点。所以对于大多数 HD 患者而言,自体 AVF 具有以上特点,应作为首选。AVG 与自体 AVF 相比较,感染和血栓发生率较高,应作为次选。而中心静脉置管发生通路不良事件、住院率及病死率较高,应作为 HD 患者最后的选择。即穿型人工血管具有可早期穿刺的优势,可减少置管率。对于不能建立 AVF 及 CVC 的患者,肱动脉表浅化也是不错的选择。当然,在患者存在生存时间差异、血管条件差、内瘘成熟不良、经济条件差、个人意愿等诸多问题时,血管通路选择应在有经验的通路医师指导下,实施个体化原则。

**1. 自体 AVF:** 首选腕部桡动脉-头静脉内瘘,优选非惯用手,不能建立腕部内瘘患者可考虑建立前臂中高位内瘘。自体 AVF 存在成熟不良的风险,有文献报道术后早期内瘘失败率高达 46%<sup>[14]</sup>。腕部内瘘成熟不良风险与患者年龄呈正相关,而有文献报道高位瘘的成熟率不受患者年龄影响<sup>[15]</sup>。不能行腕部或高位内瘘患者,可选择行上臂贵要静脉转位内瘘,术式可分为一期转位和二期转位。文献报道二期转位通畅率高于一期转位术式<sup>[16]</sup>。但也有学者持不同意见,认为两者通畅率无明显差别,不过二期转位对于静脉直径较细患者可能获得更好的通畅率<sup>[17]</sup>。高龄和糖尿病影响内瘘成熟率<sup>[18]</sup>,超过 65 岁老年患者中,年龄增长伴随着双倍的内瘘成熟障碍风险<sup>[19]</sup>。

**2. AVG:** 不能建立自体 AVF 患者可将 AVG 作为首选,AVG 存在狭窄和血栓发生率高的风险,但随着经皮腔内血管成形术(percutaneous transluminal angioplasty, PTA)在我国的技术普及,此类并发症处理不再困难。对于自体 AVF 成熟率低的老年患者,AVG 也是不错的选择,如文献报道,70 岁以上患者,自体 AVF 与 AVG 相比,首次透析应用导管比例为 46.0% 比 28.5% ( $P < 0.001$ )<sup>[20]</sup>,表明 AVG 可降低置管率。甚至有通路医师认为,好的 AVG 远胜于问题不断的自体 AVF。

**3. TCC:** 适用于内瘘成熟过渡期或不能建立 AVF 或预期寿命有限的患者,首选右侧颈内静脉,但相比其他血管通路,TCC 存在较高的感染率,且与患者的住院率及病死率呈正相关<sup>[21]</sup>。尤其对于由导管引起的中心静脉狭窄(central venous stenosis, CVS)或慢性完全闭塞(chronic total occlusion, CTO)需格外重视,尽量减少置管率。但是对于一些意识或认知功能障碍、手臂活动不能自控、心功能较差、长期低血压等患者,TCC 可作为首选。

**4. NCC:** 仅应用于需行紧急透析而没有通路的患者,应

尽快过渡到长期血管通路。

**5. 其他特殊通路类型:**对于心脏功能较差,内瘘建立后出现上肢缺血等患者,可考虑行动脉浅表化。首选部位为上臂肱动脉,有文献报道,穿刺浅表化后的上臂肱动脉,1年和3年的通畅率可达到95%和66%<sup>[22]</sup>。

### (三)个体化原则

由于患者存在不同的背景,包括身体虚弱程度、认知、活动、心脏功能、血管条件、生存时间、经济状况、家庭支持等,且术者经验对通路的成功实施也有影响,应遵循个体化原则选择适合患者的通路类型。比如老年患者由于自体AVF成熟率低,会增加置管率和死亡风险,所以自体AVF可能不再作为首选<sup>[23]</sup>。另外等待肾移植患者,其通路选择仍然存在争议。

## 三、透析通路建立前准备

### (一)血管通路术前评估和准备

#### 推荐意见

11. 在进行血管通路手术前,应对患者临床特征及合并症进行充分评估。(1D)

12. 在进行血管通路手术前,应对患者血管条件进行视诊以及触诊的物理检查。(1D)

13. 在进行AVF手术前,进行血管描述有助于提高内瘘通畅率。(2D)

14. 在进行AVF手术前,推荐对患者行常规术前超声检查。(1C)

15. 在进行血管通路手术前,应对可疑CVS的患者行数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)或计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)检查。(1D)

**1. 一般情况:**由于患者自身因素可能影响到内瘘结局,进行AVF手术前,应对患者一般情况及合并症进行充分评估。对于一些无法改变的因素,如高龄、女性、流入动脉或流出静脉直径较细以及外周血管疾病,进行术前超声评估、血管描述和选择更有经验的手术医师等措施,可能有助于提高内瘘手术成功率和通畅率。术者更应关注可以改善的患者因素,如通过控制血压、控制血糖、戒烟、改善营养状态、治疗心脏疾病改善心功能、控制感染、纠正高凝状态、补液改善低血容量状态等提高内瘘手术成功率及通畅率。

对于有中心静脉置管史或可疑CVS的患者需考虑是否选择对侧肢体手术,重新制定手术方案,以及通过血管造影等检查评估中心静脉情况。

**2. 物理检查:**物理检查主要通过视诊和触诊来评估动脉系统和静脉系统,可直接影响AVF手术的成功率,建议对所有患者进行术前物理检查。手术医师是最合适的检查者,检查场所建议在相对温暖的房间进行。

动脉系统检查应包括双上肢血压、动脉搏动、Allen试验、动脉扩张性等。双上肢血压差大于20 mmHg通常提示

锁骨下动脉狭窄。动脉搏动的触诊应注意其是否连续,有无减弱等。Allen试验通常用于评估掌弓循环的完整性,在拟结扎桡动脉时,Allen试验的检查是必需的。对于目前主流的动脉侧-静脉端的吻合方式,其必要性尚不明确。

静脉系统的检查应包括:静脉的连续性、直径、扩张性、流出分支的数量、局部血管的穿刺史、胸壁静脉有无曲张以及肢体的水肿情况。检查最好在温暖的房间进行,并通过用止血带阻断上臂流出道静脉。合适的静脉要求连续且完整,并且具有良好的可扩张性,扩张后内径应至少为2.0 mm。单侧肢体的水肿或同侧胸壁浅表静脉曲张通常提示CVS。

有部分研究结果提示,术前血管描述可以提高手术成功率及改善内瘘通畅率<sup>[24-25]</sup>,但是否需对所有患者进行血管描述,还有一定争议<sup>[26]</sup>。对于存在内瘘失败危险因素的患者,建议进行术前血管描述。虽然通过物理检查可以直接完成血管描述,但对于有高危因素的患者,物理检查可能忽视某些潜在的问题,因此建议在超声引导下完成<sup>[27]</sup>,以便充分了解静脉属支的情况,识别合适的血管,最大化、最优化地利用血管资源。

**3. 影像学检查:**除了既往手术史和物理检查,术前影像学检查在AVF建立中也具有至关重要的作用<sup>[28]</sup>。术前影像学检查可以提供更精准的血管描述,而内瘘患者术前血管描述可明显提高手术成功率<sup>[29]</sup>。

目前常用的检查手段包括多普勒超声、DSA、CTA、磁共振血管造影(magnetic resonance angiography, MRA)等检查,其中多普勒超声由于便携、实时、操作方便等特点在术前检查中的地位越来越突出。

多普勒超声可以帮助医师观察物理检查无法触及的静脉,了解深静脉系统情况,如上臂的贵要静脉等,测量内瘘吻合目标静脉及动脉的直径,测量目标血管的厚度以及评估钙化情况,并且可以测量动脉血流量,为体格检查提供更多的支持。如触诊发现搏动减弱,可以使用多普勒超声判断动脉的狭窄情况以及是否影响内瘘成功率及血流量<sup>[30]</sup>。但目前多普勒超声无法提供中心静脉血管的详细信息。

循证医学研究显示,与未检查组相比,术前多普勒超声检查组内瘘成功率约提高19%<sup>[31-32]</sup>。荟萃分析也得出相似的结论<sup>[33]</sup>。2006年KDOQI指南<sup>[34]</sup>推荐所有患者术前均需要进行多普勒超声检查;而2019年KDOQI指南<sup>[26]</sup>指出无须常规多普勒超声检查,只需对高危患者行多普勒超声检查,证据级别为专家建议;2011年日本血管通路指南同样只推荐高危患者进行多普勒超声检查<sup>[35]</sup>。但是一项荟萃分析亚组分析指出,常规术前多普勒超声检查明显优于选择性检查<sup>[33]</sup>。2018年欧洲指南<sup>[30]</sup>推荐所有患者术前行常规多普勒超声检查,证据级别1A。

结合我国临床实践,专家组推荐对内瘘患者常规行术前多普勒超声检查。多普勒超声检查最重要的作用是测量吻合血管的直径。目前,前臂桡动脉-头静脉内瘘推荐动脉直径不小于2 mm,肘部AVG静脉直径不小于4 mm<sup>[31]</sup>。

此外,多普勒超声检查可以提示瘘体血管深度和血管连续性,为潜在内瘘浅表化患者制订时间计划表<sup>[35]</sup>。多普勒超声还常用于术前血流量评估,但术前血流量与内瘘成功率之间的关系尚无定论,有研究对比术前动脉血流量 54 ml/min 组与 24 ml/min 组,结果显示前者内瘘通畅率更高<sup>[36]</sup>。

DSA 及 CTA 检查可以提供包括中心静脉血管在内的所有血管信息<sup>[37]</sup>,但因为对比剂可能造成潜在肾损伤风险,仅适用于中心静脉存在狭窄或梗阻的患者,或近端动脉狭窄的患者<sup>[38]</sup>。以下情况提示可能存在 CVS:患者单侧手臂水肿、患者上肢侧支循环形成、患者有既往置管史或起搏器置入史、乳腺癌病史、颈部及上肢手术史。目前,CO<sub>2</sub>-DSA 作为对比剂 DSA 或 CTA 的替代手段,可避免对比剂肾病的发生,CO<sub>2</sub>血管显影具有较高的敏感性和特异性,可用于术前血管评估;在使用 CO<sub>2</sub>-DSA 进行检查的条件下,患者内瘘早期成功率达 84%,一期通畅率可达 63%<sup>[39]</sup>。结合我国临床实践,专家组推荐对提示 CVS 的患者术前行 DSA 或 CTA 检查。

静脉增强 MRA 可提供精确的上肢血管和中心静脉血管的信息,但由于钆对比剂可能造成肾源性系统性硬化,限制了其在血管术前评估中的应用<sup>[40]</sup>。非增强 MRA 可作为血管评估的替代手段,但其血管显像存在较大偏倚<sup>[41]</sup>。另外,静脉氧化铁对比剂 MRA 也开始用于血管术前评估<sup>[42]</sup>,目前相关研究较少,仍需要进一步探索。结合我国临床实践,专家组不推荐 MRA 用于内瘘术前评估。

## (二)PD 置管前准备

### 推荐意见

16. PD 团队应对患者进行完整的评估,包括身体、精神、家庭等多方面,确定是否适合接受 PD 治疗。(1B)

17. 根据患者情况、PD 手术团队的技术和经验选择合适的导管类型、置入方式、置入部位及出口位置。(2C)

18. 充分的术前准备包括肠道准备、排空膀胱、术区准备及预防性抗生素应用等。(2C)

**1. 患者评估:**对于准备接受 PD 的患者,PD 医师和护理随访团队应对患者进行全面评估,评估内容需涵盖患者身体、精神状态和家庭条件等多方面内容<sup>[43]</sup>。患者的自身因素可能会影响到 PD 置管后的结局。在 PD 置管手术前,PD 团队应详细了解患者的一般情况和既往病史,特别是腹部手术史、疝、消化系统疾病史等。除非患者存在持续性或反复发作的腹腔感染、腹腔内肿瘤广泛腹膜转移、各种原因引起的腹膜广泛纤维化和粘连、巨大多囊肾以及难以纠正的机械性问题(如外科难以修补的疝、膀胱外翻、腹裂)等情况,一般的腹部疾病或手术不影响 PD 置管结局<sup>[44-45]</sup>。合并疝的患者建议先进行疝修补后再行 PD 置管手术,也可在采用腹腔镜置管的同时进行疝修补手术<sup>[46]</sup>。对于存在网膜粘连的患者亦可在腹腔镜置管时进行粘连松解和网膜切除<sup>[47]</sup>。

PD 团队应评估患者精神状态和行为能力能否完成 PD

换液操作。若患者因各种原因无法完成 PD 相关操作,则需对家庭辅助人员进行相关评估和培训。

此外,PD 团队应了解患者家庭环境和卫生状况,对于存在的问题,建议在 PD 培训和随访过程中逐步解决,这有助于降低腹膜炎发生率、延长 PD 导管使用寿命和改善患者长期预后<sup>[48]</sup>。

**2. PD 导管和置管方式选择:**目前临床应用的 PD 导管为双涤纶袖套硅胶管,主要包括 Tenckhoff 直管、Tenckhoff 卷曲管、鹅颈直管和鹅颈卷曲管 4 种。导管的选择应考虑患者的身高、肥胖程度、腹围、裤带位置、既往手术切口以及职业和生活习惯,保证 PD 导管尖端位于骨盆最佳位置,并保证皮肤出口位置的灵活性。目前尚无研究证明何种导管具有绝对的优势<sup>[49-50]</sup>。

目前 PD 导管置入方式主要有穿刺置管法、开放手术置管法和腹腔镜置管法 3 种<sup>[51]</sup>。穿刺置管法适用于无腹部手术史或严重腹膜炎病史的患者,可结合超声或 X 线透视等辅助手段来降低盲法穿刺导致腹腔脏器和血管损伤的风险。开放手术置管法是目前临床上应用最广的置管方式,适用于绝大多数无腹部大手术史或严重腹膜炎病史的患者。腹腔镜置管法的技术要求较高,建议联合外科医师共同完成,适用于所有能够耐受全身麻醉的患者。各置管方法均有各自的优势和劣势,临床上应根据患者意愿、PD 团队的技术和经验进行选择<sup>[52-53]</sup>。

**3. 患者培训和术前准备:**在患者决定接受 PD 后,PD 团队在进行 PD 置管手术前,应有计划地进行一系列准备,主要包括:术前患者教育、围手术期准备、术后护理计划等,确保 PD 置管手术的成功进行及术后良好结局<sup>[54-55]</sup>,具体包括以下几项:

(1) 患者在接受 PD 置管手术前应接受 PD 相关知识及 PD 导管基本护理相关内容的教育和培训。

(2) 术前保持肠道通畅,预防围手术期便秘。

(3) 术前应按下腹部手术进行常规备皮,清洁术区皮肤。

(4) 术前感染筛查,特别要注意筛查患者是否携带有耐甲氧西林金黄色葡萄球菌。

(5) 术前排空膀胱。

(6) 出、凝血功能筛查,停用抗凝药物。

(7) 术前预防性使用抗生素。

## 四、透析通路的建立和技术要点

### (一)AVF 建立的围手术期处理原则

#### 推荐意见

19. 在 AVF 建立之前,应仔细询问病史,进行物理检查,以评估感染等风险并进行处理。(2B)

20. 原位自体 AVF 通常不需要预防性应用抗生素,复杂的转位内瘘、移位内瘘可预防性应用抗生素。(2C)

21. 推荐 AVG 术前常规应用抗生素预防感染。(1B)

22. 抗生素的推荐给药时机在术前 120 min 以内,但同

时需考虑患者的药代动力学特点。(1B)

23. 建立 AVF 手术时,依据本中心经验、手术难度和患者特征来选择麻醉方式(局部麻醉或区域麻醉),有条件的中心优选区域麻醉。(2B)

24. 不建议围手术期使用肝素作为改善 AVF 初级通畅及促进内瘘早期使用的辅助治疗。(2C)

25. 不建议围手术期使用氯吡格雷等抗血小板药物为减少手术失败的辅助治疗。(2B)

**1. 感染预防:**有关建立 AVF 预防性使用抗生素的研究极少,几项血管相关手术的 RCT 显示,术前使用广谱抗生素可以使手术部位和移植物感染率下降约 70%<sup>[56]</sup>。一项小样本 RCT 显示头孢孟多可以明显降低 AVG 术后的感染率<sup>[57]</sup>。另 1 项 RCT 显示术前单次静脉给予 750 mg 的万古霉素可以使 AVG 感染发生率从 6% 降低至 1%<sup>[58]</sup>。原位自体 AVF 为 I 类切口且手术时间短,术前通常不需要预防性应用抗生素。复杂的转位内瘘、移位内瘘、AVG 需预防性应用抗生素。

预防性应用抗生素需要选择合适的时机,以保证抗感染药物术中在手术部位维持有效的血药浓度。关于预防性抗生素给药时机的研究目前只有观察性研究,尚缺乏 RCT 研究。低等级的证据表明,相比切皮前应用抗生素组,切皮后应用抗生素组手术部位感染发生率显著升高( $OR=1.89$ ,  $95\% CI 1.05 \sim 3.40$ )<sup>[59-62]</sup>。中等质量证据显示,相比切皮前 120 min 之内给药组,切皮前 120 min 以前给予预防性抗生素组手术部位感染发生率显著升高( $OR=5.26$ ,  $95\% CI 3.29 \sim 8.39$ )<sup>[59, 62-66]</sup>。

此外,建议患者手术前 1 d 使用抗菌肥皂或其他抗菌剂进行淋浴。备皮有利于暴露手术切口和做血管标记,但是备皮方法不当可能造成皮肤创伤,增加切口感染发生的风险。因此不推荐所有准备接受手术的患者备皮;如果确有必要,推荐使用剪刀而不是剃刀备皮<sup>[67]</sup>。

**2. 麻醉方式:**目前我国大多数术者采用局部麻醉方式,但区域麻醉的使用有增加趋势。有研究显示,麻醉方式可能影响内瘘血流量<sup>[68]</sup>。在一项随机试验中,采用星状神经节阻滞麻醉能明显增加内瘘流量,提高早期通畅率,缩短内瘘成熟时间<sup>[69]</sup>。另 1 项 RCT 表明,区域麻醉组患者术后 3 个月 AVF 成熟率优于局部麻醉组<sup>[70]</sup>。2017 年一项荟萃分析显示,与局部麻醉相比,区域麻醉可以提高 AVF 原发通畅率及局部血流,两种麻醉方式对 AVF 原发失败率及并发症发生率的影响差异无统计学意义<sup>[71]</sup>。英国一项多中心 RCT 评价了局部麻醉和区域麻醉对 AVF 长期通畅率的影响,结果显示,与局部麻醉相比,区域麻醉(臂丛麻醉)在 1 年时显著改善了 AVF 初级和功能性通畅率,并且具有较优的成本效益<sup>[72]</sup>。区域麻醉还可减少因全身麻醉带来的风险及医疗成本。由于尿毒症患者本身病情复杂且并存多种合并症,使用全身麻醉可能增加心肺并发症风险<sup>[73]</sup>,专家组不建议常规应用。区域麻醉可在超声引导下进行<sup>[74]</sup>。从我国有限的经验来看,超声引导区域麻醉有可能改善麻醉效果并减少

麻醉针穿刺相关并发症。

**3. 围手术期抗凝:**围手术期肝素抗凝在血管外科的应用较广泛,目的在于防止血管阻断时血管内血栓形成。在 2 项 RCT 中,AVF 建立时全身肝素化(静脉注射 5 000 IU)并未改善 AVF 后续通畅情况,反而增加了术后出血的发生率<sup>[75-76]</sup>。另外 1 项随机试验及 2 项回顾性研究发现,全身肝素化改善了早期内瘘通畅性,且未增加术后出血风险<sup>[71, 77-78]</sup>。另有前瞻性研究提示,围手术期全身肝素化并未改善 AVF 术后 30 d 的通畅率,也不增加出血的风险<sup>[79]</sup>。涵盖上述 3 项前瞻性研究的荟萃分析显示,全身肝素化对内瘘通畅情况无改善,且可能增加术后出血风险,因此应该避免使用<sup>[80]</sup>。

#### 4. AVF 建立的技术要点:

##### 推荐意见

26. 建立内瘘顺序:首选 AVF,其次 AVG。(1A)

27. AVF 的位置选择:原则上,先远心端后近心端,先非惯用侧后惯用侧,先上肢后下肢,最后可考虑躯干 AVG。(2C)

依次选择:(1)前臂 AVF;(2)前臂近端 AVF 或者前臂 AVG;(3)肱动脉/近端桡动脉-穿静脉/头静脉/正中静脉 AVF;(4)肱动脉-贵要静脉转位 AVF 或者上臂 AVG。

28. AVF 吻合口构型:没有充分证据证明哪种吻合口构型更优,但不推荐将端端吻合作为首选的吻合方式;与侧侧吻合相比,端侧吻合可以避免远端静脉高压同时不影响通畅率。(2B)

29. AVF 吻合缝合技术:间断缝合与连续缝合及缝线选择应基于术者经验,就通畅性和并发症而言,目前没有充分的证据证明哪种选择更优。(2B)

30. 对于建立 AVF,动静脉内径没有最小阈值。但用小内径血管建立 AVF 有较高的成熟不良发生率,此类患者应进行全面评估。(2B)

31. 目前尚无证据证实移植物的材料或改良产品与更好的预后及更低的并发症相关,其选择应基于术者的最佳临床判断。(1B)

32. 对于合适的患者可以在考虑其生存计划基础上,使用即穿型人工血管来避免使用 CVC 或减少 CVC 的留置时间。(2C)

AVF 的位置和类型的选择,需结合患者的整体生存规划、血管条件、术者经验等方面综合考虑,以保证患者在预期透析期间拥有持久耐用的通路及尽量少的干预需求。

一般认为,应选择在非优势侧的肢体远端建立 AVF,以尽可能多地利用有限的血管资源<sup>[81-82]</sup>。近端 AVF 血管粗,初始失败率较低,通畅性也比远端 AVF 好,但发生肢体缺血等风险增加<sup>[83]</sup>,也可能出现穿刺困难,增加患者不适感的情况。当上肢血管不可用时,可考虑下肢自体 AVF、AVG 及躯干 AVG<sup>[84]</sup>。相对而言,下肢内瘘缺血、感染风险更高,且舒适度及方便性远低于上肢<sup>[85-86]</sup>。

前臂首选远端桡动脉-头静脉自体 AVF,也可选择转位 AVF(如桡动脉-贵要静脉)<sup>[87-89]</sup>。当血管条件差或血栓形成时,可以在原内瘘近端的任何位置进行桡动脉-头静脉、其他静脉、穿静脉内瘘手术,不可行时通常是选择前臂袢型 AVG 或者肱动脉-头静脉 AVF<sup>[90]</sup>。有研究显示将吻合口定位于肱动脉远端至近端桡动脉 2 cm 时缺血的风险更低<sup>[91]</sup>,但在这个部位手术,对技术的要求更高。肱动脉高分叉发生率约 12.3%~20.0%,此时尺动脉和桡动脉均位于肘窝,需选择两动脉中较粗的动脉进行吻合,总体通畅程度可能低于标准肱动脉自体 AVF<sup>[92]</sup>。

上臂 AVF 可以选择肱动脉-贵要静脉转位 AVF,与上臂(肱-腋)AVG 相比,贵要静脉转位具有更好的通畅性和更低的感染率<sup>[93-94]</sup>。一项纳入 1 509 例患者的荟萃分析显示,上臂 AVG 与肱动脉-贵要静脉转位 AVF 的累积通畅率分别为 67% 和 88%,AVG 再干预的次数显著增加(约 0.54 次/患者年)<sup>[94]</sup>。

下肢内瘘中自体股动脉-股静脉转位内瘘通畅率较高<sup>[95-96]</sup>,但由于股静脉较深,需要转位后与股动脉吻合,创伤较大,且伴随较高的肢体缺血风险。下肢 AVG 时应避免在踝臂指数下降( $<0.85$ )的患者实施,且应将吻合口控制在 4.5~5.0 mm,以降低术后缺血风险<sup>[97]</sup>。有报道显示,下肢大隐静脉转位内瘘随访 59 个月可获得 44% 的原发通畅率,结果尚可接受<sup>[98]</sup>。此外,尚有躯干 AVG(如腋动脉和对侧颈内静脉 AVG,隧道放置在胸壁皮下;腋动脉和股静脉 AVG,隧道放置在胸壁和腹壁;股动脉和对侧股静脉 AVG,隧道建立在下腹壁)可以作为血管通路的选择,文献报道 6 个月初级通畅率为 56.6%~88.0% 不等<sup>[99]</sup>。

AVF 建立后血流动力学、剪切力变化导致内膜增厚、近吻合口狭窄,而近吻合口狭窄常引起血栓及 AVF 成熟不良。理想的吻合口构型有可能减少 AVF 的原发失败风险,提高其远期通畅率。有研究对比静脉端-动脉侧吻合与静脉侧-动脉侧吻合,发现 6 个月 AVF 原发失败率未见明显差异<sup>[100]</sup>。近年在有关肘部 AVF 的前瞻性观察性研究中发现,在 6 个月时原发通畅方面,尽管静脉端-动脉侧吻合较静脉侧-动脉侧吻合有优势,但多因素分析提示吻合方式并不是内瘘通畅的独立危险因素<sup>[101]</sup>。另有研究对比桡动脉离断再植技术(radial artery deviation and reimplantation, RADAR)与经典静脉端-动脉侧吻合的效果,结果显示 RADAR 的 6 个月原发通畅率明显优于经典静脉端-动脉侧吻合(93% 比 52%, $RR=1.81,95\% CI 1.29\sim 2.55$ ),在累积通畅率及干预情况方面,RADAR 同样有优势<sup>[102]</sup>。由于 RADAR 相关研究尚少,随访期限较短,动脉连续性丧失的远期影响、潜在的静脉高压及手缺血风险尚无法评估,故本指南暂不推荐。

不同的缝合方式也可能通过影响血流动力学而影响内瘘成功率及通畅性,目前主要缝合方式包括连续缝合和间断缝合。有研究显示间断缝合因其脉冲式血流在血流动力学方面存在一定优势<sup>[103]</sup>,但相对而言其技术难度较大,缺乏有效的辅助工具,因此连续缝合仍然是目前主流的缝合

方式。

国外相关研究中,自体 AVF 建立时,若超声测量的吻合动脉和静脉内径小于 2 mm,则内瘘的通畅性较差<sup>[104-106]</sup>,目前我国尚缺乏有关术前血管内径与术后内瘘通畅性关系的研究,中国医院协会血液净化分会血管通路专家共识建议首次行自体 AVF 成形术的最小动脉内径应 $\geq 1.5$  mm、静脉内径 $\geq 2$  mm(束臂后)<sup>[107]</sup>。因此对于低于该阈值患者,如拟建立 AVF,应对血管条件进行全面评估,包括内径、反应性充血试验、血流量等。

移植物有很多类型,包括自体血管(如自体大隐静脉)、同种异体血管(如尸体大隐静脉、胎盘脐静脉等)、异种血管(牛颈动脉等)、人工血管等,其中人工血管是目前应用最广泛的移植物,ePTFE 是用于维持性 HD(maintenance hemodialysis, MHD)患者 AVG 的经典材料,但需要一定时间成熟,长期通畅性欠理想<sup>[108]</sup>。因此近年其材料及设计在不断改进,包括改变管壁厚度、进行表面涂层、内径变化、外部支撑等,目前尚无充分证据证明上述移植物的改进材料及改良产品与更好的预后及更低的并发症相关<sup>[109-115]</sup>,具体类型选择应基于术者的判断。即穿型人工血管因其特殊设计可以实现植入后早期(必要时术后 24~72 h)即可穿刺,可以减少 CVC 留置时间<sup>[116-118]</sup>。异种移植物如去免疫源性牛颈动脉或牛肠系膜静脉,在小样本随机研究<sup>[119]</sup>和单中心研究<sup>[120-121]</sup>中,与标准人工血管相比,通畅率相似,感染发生率低,但异种移植物成本较高、长期使用会增加动脉瘤形成及其破裂风险,这些限制了其应用。

生物工程移植物现已开始应用于少数患者,并显示出较好的短期通畅性,具有较好的前景,但仍有待 RCT 研究验证<sup>[122]</sup>。

**5. 围手术期评估:**任何形式的 AVF 或 AVG 在手术结束时应能触及震颤,或至少在吻合口或近吻合口静脉处闻及杂音。杂音消失提示 AVF 早期血栓形成或者血管痉挛,超声可提供有价值的信息。

如果松开血管夹后没有出现震颤,则应仔细检查吻合口有无问题及静脉有无扭曲,排除吻合口问题后可尝试使用温盐水、血管扩张剂(如罂粟碱)辅助血管扩张。若仍无震颤,建议使用取栓导管或探条等进一步探查;如果内瘘回流静脉有明显搏动而无震颤或杂音时,往往提示下游静脉狭窄或闭塞。在离开手术室之前,应评估手部缺血情况,包括毛细血管充盈时间及桡动脉搏动情况等。

此外,有研究提示多普勒超声对于识别高失败风险内瘘有一定价值。内瘘吻合后近端动脉舒张末期血流速度 $<24.5$  cm/s 是术后 1 个月 AVF 血栓形成的独立危险因素<sup>[101]</sup>,吻合 10 min 后吻合静脉血流量 $<160$  ml/min 的患者早期 AVF 失败风险高, $<70$  ml/min 的患者应放弃该通路<sup>[123]</sup>。

## 6. 围手术期护理:

### 推荐意见

33. 术后患者及术侧肢体保持温暖可以促进血管扩张。(2C)

34. 指导患者通过触诊震颤去检查新建立的内瘘功能,如果没有震颤,则通过听诊杂音来判断。(1C)

35. 建议患者在术后定期复诊,以早期识别成熟不良和不当的穿刺方法。(2C)

术后患者和术侧肢体需注意保暖及远红外线治疗,可以促进血管扩张;同时应避免术侧肢体受压等。应指导患者进行功能锻炼并宣教围手术期并发症,如血栓形成、出血、感染、缺血等相关预防知识;指导患者通过触诊震颤去检查新建立的内瘘功能,如果没有震颤,则通过听诊杂音来判断。当震颤或杂音消失时,患者应立即告知血管通路团队;当出现出血、感染、缺血事件时应有紧急医疗救助绿色通道。

#### 7. 围手术期并发症及处理:

##### 推荐意见

36. 如果自体 AVF 建立后吻合口区域没有震颤或杂音,应考虑进一步探查。(2C)

37. 早期单纯自体 AVF 感染可应用抗生素治疗,效果欠佳或合并全身症状、出血或吻合口受累时,则应予以结扎。(1C)

38. 围手术期(<30 d)AVG 感染(合并全身败血症、脓性分泌物、移植周围脓肿或出血时),应行全移植切除治疗。(1C)

39. 对于 AVF 早期血栓形成,应先查找手术相关因素并采取相应对策,除外手术因素且伤口愈合者可行腔内溶栓或取栓治疗。(1C)

40. AVF 建立 7 d 内的血栓,不建议溶栓治疗。(2B)

41. 对于早期出现的严重的透析通路相关缺血综合征,应立即手术治疗。(2B)

42. 对于急性缺血性单支神经病变,应立即结扎内瘘以防止进一步损害神经。(1C)

AVF 一旦建立,应尽快对其进行评估,并且终身进行定期监测。文献报道内瘘早期失败率高达 12%~29%<sup>[124-125]</sup>。建议术者在术后 2 周内评估 AVF(自体 AVF 和 AVG)是否存在术后并发症<sup>[124-125]</sup>。

AVF 早期并发症有出血、感染、血栓形成、缺血、同侧肢体肿胀等<sup>[124-125]</sup>。

**(1) 出血:** MHD 患者即使凝血指标和血小板计数正常,其出血倾向仍较高,发生出血事件多<sup>[126]</sup>。术后早期出血可能导致血肿压迫内瘘,因此需要及时干预以便止血,同时保持 AVF 通畅。处理措施依据出血量、内瘘受压程度、是否存在皮肤坏死及感染风险等选择保守或外科修复(含血肿清除)。

**(2) 感染:** 血管通路感染是导致 HD 患者住院和死亡的重要原因之一。据报道,每年 AVF 感染率约 0.5%~5.0%,AVG 约 4%~20%<sup>[126]</sup>。

围手术期感染(内瘘建立 1 个月内)发生率较低

(0.8%),仅占所有血管通路感染的 6%<sup>[127]</sup>,多源于手术过程中的污染,表现为脓肿和伤口感染。AVF 感染通常较局限,较少出现脓肿、假性动脉瘤或出血,抗生素保守治疗可能有效,但抗生素治疗疗程目前尚无证据,建议参考感染性心内膜炎的治疗疗程,总疗程为 6 周。一旦患者出现全身感染、出血、假性动脉瘤或感染累及吻合口的体征,应结扎 AVF<sup>[128]</sup>。

围手术期的同种异体移植术以及人工血管感染与晚期感染不同,前者多会累及整个移植术,感染后应行全移植切除<sup>[30]</sup>。

**(3) 早期血栓形成:** 早期血栓形成指 AVF 建立后 1 个月内形成血栓,是早期常见的并发症之一,文献报道发生率约 12%<sup>[129]</sup>。

早期血栓形成多与血管本身较细、手术技术相关,如血管选择不当(包括血管过细、严重动脉硬化等)、血管内膜损伤及内膜对合不良、吻合血管扭曲、血肿形成、皮肤缝合及术后包扎过紧等。其他因素如低血压、自身免疫性疾病或者肿瘤等导致的高凝状态以及使用止血药物等也可导致早期血栓形成。

血栓形成诊断相对容易(参见 AVF 远期并发症及治疗章节)。

早期血栓形成的处理:对 23 例早期 AVG 血栓的研究显示,由于技术因素导致的早期血栓占 50%,采用腔内处理,结果并不理想<sup>[130]</sup>。但另外 1 项研究对除外技术因素的 AVG 早期血栓形成采用腔内溶栓+球囊扩张±支架置入(狭窄部位:CVS 50%,外周静脉 50%),结果显示术后 6 个月和 1 年累积通畅率分别为 75%和 68%<sup>[131]</sup>。鉴于此,早期血栓形成建议首先查找原因,对于可纠正的手术技术因素采取相应对策,如开放取栓、清除血肿、重新吻合;AVF 建立 7 d 以内的血栓不建议行溶栓治疗,否则易出现伤口渗血或血肿;对于能除外手术技术因素且伤口已愈合、AVG 与周围组织融合良好者可尝试采用腔内溶栓或取栓治疗<sup>[132]</sup>。

**(4) 缺血综合征:** AVF 引起的肢体缺血,被称为透析通路相关性肢端缺血综合征(hemodialysis access-induced distal ischemia, HAIDI)。依据 AVF 建立后发生时间,分为急性(血管通路建立后 1 d 内)、亚急性(≤1 个月)和慢性(>1 个月)<sup>[133]</sup>。Scheltinga 等<sup>[132]</sup>认为开始出现 HAIDI 的时间和通路类型相关,急性 HAIDI 通常与移植血管通路相关,而慢性 HAIDI 常见于自体 AVF,尤其是以肱动脉为流入道的自体 AVF。

HAIDI 的临床表现可以为轻微缺血症状如内瘘侧肢体手指发凉、苍白、麻木、疼痛,也可以为严重的缺血症状如肢端溃疡、坏疽,甚至需要截肢等。依据临床缺血程度,HAIDI 分为 4 级<sup>[34]</sup>: I 级:手部苍白、紫绀和/或发凉,但无疼痛感觉;II 级:运动和/或透析时上述症状加重伴疼痛;III 级:静息痛;IV 级:肢体出现溃疡、坏死、坏疽等组织缺失表现。

对于早期出现的轻症缺血综合征(如分级 I 级及 II 级

轻者),应密切关注缺血症状变化,查找缺血原因,可以采用保守治疗,如局部保暖、功能锻炼、应用改善血液循环的药物等。部分患者随着代偿机制建立,缺血症状可能有所减轻或缓解。

对于早期出现的严重缺血综合征(Ⅱ级较重、Ⅲ级、Ⅳ级者),应查找缺血原因,并尽快通过外科手术来治疗,以防止组织及永久性神经损伤。结扎内瘘是最简单的解决方案,但意味着通路的丧失。一些学者采用远端动脉血管重构加间断结扎术的方法,但有研究显示该方法对早期缺血综合征治疗的成功率比晚期缺血综合征低<sup>[134]</sup>。

**(5)缺血性单支神经病变:**缺血性单支神经病变是一种特殊类型的缺血,是 AVF 术后的罕见并发症,可导致严重和不可逆的肢体功能障碍<sup>[135-137]</sup>。以往研究显示缺血性单支神经病变更多见于女性、糖尿病、合并闭塞性动脉疾病、肱动脉作为流入道建立 AVF 者<sup>[138-139]</sup>。自体 AVF 和 AVG 的发生率差异无统计学意义<sup>[140]</sup>。

缺血性单支神经病变是由于急性血流中断导致神经滋养血管缺血引起的周围神经纤维损伤,为局灶性缺血性轴索神经损伤<sup>[141]</sup>。这种损伤往往使多组神经受累,但该缺血程度尚不足以引起组织损伤。

缺血性单支神经病变的临床表现:AVF 术后不久突然出现的前臂或手部剧烈疼痛、烧灼感、麻木、无力以及对应神经损伤的症状(如桡神经损伤时出现垂腕或手指伸展困难,尺神经损伤时手指外展和内收困难,正中神经损伤时拇指对指、屈曲和外展困难,最终出现腕下垂及爪形手)。

缺血性单支神经病变并无特异性诊断标准,神经系统查体、神经传导速度检测和肌电图可以辅助诊断。缺血性单支神经病变者:神经传导速度减慢,波幅减弱或消失(轴突);肌电图:去神经支配表现。

鉴别诊断:缺血性单支神经病变属于特殊类型的通路相关缺血,因其临床表现、治疗与 HAIDI 有较大区别,应与 HAIDI 相鉴别。鉴别要点见表 1。此外缺血性单支神经病变须与腕管综合征及术后神经压迫症状相鉴别。腕管综合征为正神经受压,临床以桡侧 3~4 个手指麻木、疼痛为

主要症状,可出现拇指外展、对掌无力、动作不灵活等表现,多为双侧病变,疼痛可放射到肘部,夜间或清晨时症状较显著,无明显缺血表现。AVF 手术后由于软组织肿胀或血肿压迫神经,可能会出现短暂的手指和手掌麻木或刺痛,但随着肿胀消失、血肿吸收,这些症状多在 4 周内缓解<sup>[142]</sup>。

目前缺血性单支神经病变的治疗经验很少。理论上,其治疗原则与 HAIDI 的治疗原则相同,但结果不理想,即使关闭内瘘,麻木、疼痛症状也可能会持续存在或仅有部分缓解。早期诊断、及时结扎内瘘有可能避免严重的不可逆性神经损伤的发生。

## (二)以 TCC 作为血管通路围手术期处理原则

### 1. 术前评估:

#### 推荐意见

43. TCC 可作为首选的过渡性血管通路的指征:(1)新构建自体 AVF 或 AVG 尚未能使用,但患者病情需要开始 HD;(2)处理自体 AVF 或 AVG 并发症时,预计 4 周内原血管通路无法使用;(3)PD 出现并发症(或需要腹部手术),预计需要暂停 PD 4 周以上者;(4)肾移植在可预期(3~6 个月)的计划时间内(如亲属供肾);(5)移植肾出现急性排斥或其他并发症需要透析治疗。(1B)

44. TCC 可作为首选的长期血管通路的指征:(1)无解剖条件或外周血管资源耗竭时无法建立自体 AVF 或 AVG;(2)预期生存期有限的患者;(3)严重并发症导致自体 AVF 或 AVG 无法继续使用时;(4)患有严重心力衰竭(左心室射血分数<30%)无法耐受自体 AVF 或 AVG 高回心血量者、难以治愈的皮肤疾病等特殊临床情况;(5)充分告知后不接受建立自体 AVF 或 AVG 并且拒绝或不适合 PD 的患者。(1B)

45. 常规置入 TCC 的中心静脉首选右颈内静脉,右颈外静脉、左颈内静脉、左颈外静脉、股静脉或锁骨下静脉也可选择,特殊情况下选择其他特殊静脉。(1A)

46. 对于置管高失败风险的患者,建议术前结合影像学检查进一步评估穿刺静脉和/或中心静脉情况。(1C)

47. 高风险、复杂性的 TCC 应作为最后的血管通路选择,之前应认真评估 PD 或复杂性自体 AVF 或 AVG 建立的可行性。(2C)

48. 条件允许的情况下,TCC 的使用优先于 NCC。(2C)

49. 目前暂无证据支持某一特定设计的 TCC 类型优于其他类型,具体导管类型的选择基于术者的判断和偏好。(未分级)

**(1)仔细评估 TCC 建立的适应证:**TCC 适用于预期接受血液净化治疗大于 4 周、等待肾移植、AVF 等待成熟期间或 AVG 植入后使用前、严重的 AVF 相关的窃血、心力衰竭、患者预期寿命有限、PD 发生腹膜炎(或需要腹部手术)时以及其他血管通路耗竭者或患者原因拒绝其他类型通路时<sup>[26,143-146]</sup>。

表 1 缺血性单支神经病变与透析通路相关性肢端缺血综合征的鉴别要点

项目	透析通路相关性肢端缺血综合征	缺血性单支神经病变
起病	可急,可慢	迅速
糖尿病	低相关性	高度相关
性别	无差异	女性>男性
内瘘位置	均可出现,高位者相对多	前臂、肱动脉作为流入道内瘘
受累情况	皮肤>肌肉>神经	多条神经
临床缺血	严重	轻微
桡动脉搏动	缺失	可能存在或缺失
手指压力	明显下降	正常或轻微下降
可逆性	不一定	较差

术前床旁仔细的病史询问、体格检查及无创伤的超声评估有助于血管通路的选择<sup>[30]</sup>。对于怀疑置管失败风险高的患者,如病史中具有既往颈部和胸部的手术史、深静脉各种导管留置史的患者,和/或体格检查发现颈部、胸部、大腿根部拟置管处及周边陈旧手术瘢痕及侧支浅静脉曲张体征的患者,需要进一步评估TCC置入血管的可及性及通畅性,且往往需要借助影像学工具来评估。超声可以较好地测量拟构建自体AVF患者的动脉和静脉条件<sup>[147-148]</sup>;但超声对中心静脉的评估能力有限<sup>[149]</sup>。DSA可以较好地评估CVS或闭塞性病变,发现病变时可同时引导治疗<sup>[150-151]</sup>,但需谨慎碘过敏及对对比剂肾病风险<sup>[152]</sup>。相比DSA,CTA是一种相对便宜、创伤更小的有效影像学手段<sup>[153]</sup>。尤其对于中心静脉闭塞病变的患者,CTA比单向血管造影更能全面评估病变<sup>[154]</sup>。对比增强MRA存在钆相关肾源性系统性纤维化的潜在风险,暂不推荐为TCC术前评估常规技术<sup>[155-156]</sup>。非对比剂增强MRA是一种新兴的技术,用于外周及中心静脉的评估可有效规避对比增强MRA的风险<sup>[140]</sup>。CO<sub>2</sub>血管造影术在评估CVS时的敏感性为97%,特异性为85%,是一种有效的术前中心静脉评估技术<sup>[157]</sup>。对于有既往中心静脉置管史的患者术前应进行中心静脉的影像学检查,例如静脉造影或血管内超声检查<sup>[149, 158]</sup>。

(2)注意评估禁忌证:如凝血功能异常(INR>1.5,和/或血小板计数<50 000/ $\mu$ l)、活动性败血症、手术部位皮肤感染、精神障碍不能配合者<sup>[159]</sup>。水钠潴留严重、急慢性心力衰竭无法平卧者,应经内科治疗或放置NCC紧急透析,待病情稳定后再考虑行TCC置入。

(3)注意对中心静脉的保护:注重CKD患者的全生命周期计划管理,尽量避免对CKD和透析患者进行计划外临时置管及中心静脉置入性操作<sup>[160]</sup>。询问病史时应确认患者既往是否有中心静脉留置导管史及其穿刺部位、置管次数、有无感染史、操作过程是否顺利等<sup>[144]</sup>。

(4)导管的选择:目前TCC导管材质主要采用聚氨酯或硅胶,这两类材质既有良好弹性可减少静脉内皮损伤,又能满足透析需要的较高血流量要求。常用TCC为单管双腔型,同时有许多不同的导管尖端设计,这些设计均较好地满足了良好血流量、低再循环率和减少导管血栓形成及纤维蛋白鞘闭塞的需求。目前的研究暂未发现某一个具体的导管设计在使用寿命方面显示出明显的优势。TCC长度的选择:右颈内静脉通常选择36~40 cm,左颈内静脉选择40~45 cm,股静脉应当选择45 cm以上的导管<sup>[26]</sup>。

(5)置管部位的选择:初次置管首先考虑右侧颈静脉,左侧颈静脉、股静脉和锁骨下静脉作为替代置入位置。由于感染和中心静脉闭塞性疾病的风险大大增加<sup>[30, 144, 161]</sup>,股静脉和锁骨下静脉应仅用于短期置管。与股静脉相比,锁骨下静脉留置隧道式导管具有更好的通畅率和更低的感染率。如果患者无机会建立AVF,则锁骨下静脉留置隧道式导管优于股静脉。如患者仍计划建立上肢AVF,为了减少CVS风险则不建议采用锁骨下静脉置管<sup>[144]</sup>。

对于反复置管的患者,有技术条件且上述血管资源耗竭时,也可选择影像学引导下的无名静脉、上下腔静脉或内脏静脉穿刺置管。尽管有明确的证据表明建立血管通路时,首先应通过及时规划自体的血管通路来避免导管的置入,但事实上后期仍有大量患者需要放置复杂的高风险补救导管,例如经腰、经肝和经丧失功能的移植肾或原位肾的实质等方式置入导管至下腔静脉<sup>[162-164]</sup>。由于存在高死亡风险、高并发症发生率以及相对短期的获益,采用高风险补救导管前建议应先考虑其他选择的可能性,包括复杂型人工血管移植术或PD。值得注意的是,即使先前接受过腹部手术,患者仍然有可能在局麻下安全放置PD导管,并且可以立即用于低容量交换<sup>[165-167]</sup>。

### 推荐意见

50. TCC建议在杂交手术室或介入手术室进行,并配备必要的监护及抢救设备。(1B)

51. TCC置入术建议在局部麻醉下进行,婴幼儿、无法配合的患者,建议采用全身麻醉的方式。(1B)

52. 不推荐TCC置入术前预防性使用抗生素。(2C)

53. 推荐有经验的操作医师进行TCC置入术。(1C)

54. 推荐在影像学引导下进行TCC置管操作,以提高置管成功率及改善预后。(1B)

55. 建议颈部TCC尖端位于右心房中上部,下腔静脉TCC尖端在右心房下部或下腔静脉上段。(1C)

2. 场所要求: TCC的建立,涉及血管入路的穿刺及切开、皮下隧道的构建、植入物的置入、导管血流量及顶端位置确认等系列操作,无菌要求相对严格,超声及DSA辅助可提高成功率,减少并发症。在条件允许的情况下,建议TCC置入术在杂交手术室或介入手术室进行<sup>[26, 144]</sup>。在一些特殊情况下,如患者病情不允许搬动或不适合转运时,可尝试床旁实施TCC置入术<sup>[168-170]</sup>。

3. 麻醉方式:成年、具有良好配合性的患者,TCC置入术一般采用局部麻醉来完成;一些特定的患者,如婴幼儿、无法配合的患者,建议采用全身麻醉。所有患者建议术前8 h禁食。

4. 围手术期抗生素使用:目前暂无证据表明,TCC置入术前预防性使用抗生素可使患者获益,研究表明即使对于肿瘤患者和中性粒细胞减少症等高危患者,术前预防性使用抗生素也没有发现临床获益<sup>[171-174]</sup>。考虑到医源性感染是导管相关性血流感染(catheter-related blood stream infection, CRBSI)的重要因素,以及临床上多抗药菌株的出现,TCC置入术前使用抗生素的疗效仍需进一步谨慎评估。

5. 置管操作方式和技术要点:中心静脉置管需要取得患者的密切配合,术前做好患者的宣教,减少或消除患者紧张感。操作医师必须熟练掌握非隧道式导管置管技术,方可进行隧道式导管置入操作<sup>[145]</sup>。建议常规采用超声定位并引导穿刺血管,条件允许时尽量在DSA引导下置管以增

加成功率,减少穿刺并发症。尤其对于一些特殊患者如特别肥胖、儿童、颈部强直或既往有颈部、胸部手术史、多次置管史者,采用超声引导下穿刺可大大提高成功率并减少并发症。

常规采用 Seldinger 技术穿刺法置管,颈外静脉置管可考虑采用切开法。颈部留置导管的尖端应在右心房中上部,下腔静脉留置导管的尖端应该在右心房下部或下腔静脉上端<sup>[144]</sup>。建议在 DSA 引导下术中定位放置并调整 TCC 尖端的位置,无 DSA 条件时,术前应根据患者胸部 X 线平片中的右心房上部与前肋的相对关系确定导管尖端相应的体表位置(术后需要再次复查胸片确认导管尖端是否到位)。待尖端位置确定后,根据导管的长度确定皮下隧道走行及导管出口位置,以涤纶套距离出口 2~3 cm 为宜。导管隧道的设计必须保持较大弧度以防止导管打折。穿刺成功后留置导丝,根据不同的导管类型采取顺行或逆行方式置入 TCC。

#### 6. 围手术期并发症及处理:

##### 推荐意见

56. TCC 置入术常见围手术期并发症包括急性并发症如出血、气胸、血气胸、空气栓塞、误伤动脉等以及血栓形成与导管早期功能不良。(1C)

57. 严格执行置管规范操作可避免 TCC 置入围手术期并发症的发生。(1B)

TCC 置入手术穿刺相关急性并发症常见有出血、空气栓塞和误伤血管。钢针穿刺时以及送入扩张鞘及撕脱鞘过程中,应嘱患者保持头低脚高位(Trendelenburg 体位),平静呼吸或做 Valsalva 动作,为了防止静脉显著负压引起空气栓塞,患者应避免深吸气尤其是紧张及儿童等不能配合患者。建议使用带止血阀的撕脱鞘,以减少或避免大量出血风险及空气栓塞。建立皮下隧道时应尽量避免损伤颈外静脉及其分支,隧道局部压迫有助于止血。若皮下隧道出口处出现新鲜出血或明显搏动性,必须认真检查是否存在皮下组织小动脉损伤出血,若存在出血需要结扎止血,必要时向近心端切开隧道寻找出血动脉缝扎。一旦出现空气进入血管,暂停手术,立即予以左侧头低卧位使空气局限至右心房,吸高浓度氧气。少量空气可被机体自行吸收,密切注意心电监护指标变化。较大量空气进入血管时,需要积极处理并请相关科室协助处置。

误伤血管是 TCC 置入术较为严重的并发症。规范操作可以避免诸如气胸、血胸、血气胸、气管纵隔瘘、心包出血等<sup>[174-175]</sup>。血管穿孔的风险常见于解剖变异及有既往多次插管史并出现 CVS 的患者。一旦发生气胸或血胸等严重并发症,必须积极处理或请相关科室协助处置。TCC 误穿破中心静脉进入纵隔或误入动脉时,需进一步行介入放射学评估,有条件的单位可在 DSA 下进行覆膜支架封堵并拔管择期重置或 I 期复位,或积极请相关科室协助处置。

早期 TCC 功能不良。TCC 置入术后 1~2 周内出现早期

导管功能不良的常见原因是血栓形成与技术和/或机械性并发症。选择合适材质和长度的导管、合理使用封管液(详见封管液章节)、生理盐水“弹丸式注射”冲刷内腔、溶栓治疗可以减少导管内腔血栓的形成。对于导管周围的附壁血栓,通常不需全身抗凝治疗,可采用溶栓治疗。若上述方法无效,应当考虑技术和/或机械性并发症,例如未能将导管尖端放置于右心房中上部、导管扭结、缝合不当或导管泄漏。如果功能不良持续或严重,需要进一步行介入放射学评估并做相应调整或重置<sup>[176]</sup>。

#### 7. 围手术期评估和护理:

##### 推荐意见

58. 设立专职的血管通路护士,有助于延长血管通路寿命。(2C)

59. TCC 置入围手术期护理有助于减少导管感染率,提高导管预后。(2C)

60. 每次更换导管敷料或透析时,建议对 TCC 相关并发症(如功能不良、感染)的体征和症状进行基本的病史询问和体格检查,或检视透析导管、出口部位、隧道和周围区域。(2C)

61. 推荐使用含氯己定消毒剂用于导管出口处皮肤的消毒。若出现过敏等不能耐受者,则可以使用聚维酮碘。(1B)

62. 使用 TCC 透析患者,应定期评估其他可替换的透析通路模式的可能性。(2C)

护理在血管通路中扮演重要作用,多学科血管通路护理团队中“护士协调员”发挥核心作用<sup>[30,177]</sup>。包含护士协调员的多学科血管通路团队可以减少患者住院率及并发症如血栓事件等,有助于延长血管通路寿命<sup>[178-179]</sup>。血管通路护士协调员负责建立和协调护士团队合作、护理活动和护理途径、患者准备和教育,全程参与血管通路的构建、术后与通路医师的沟通、协助首次治疗和通路使用,同时参与中心静脉和 AVF 的操作及管理流程的制定。

TCC 围手术期护理包括术前多学科血管通路团队仔细询问患者病史,向患者交代可选择血管通路的类型和特点,让医护患共同参与血管通路相关决策,这有助于减轻患者焦虑紧张情绪;术后注意对手术切口及皮下隧道区域进行适当加压包扎,密切观察伤口敷料是否干燥,有无渗血渗液,定期及时更换敷料;定期查看 TCC 体外段蝴蝶翼缝线固定张力是否适中,避免牵拉脱线或外力作用导致导管反复位移,影响皮下隧道内涤纶套与组织的愈合;患者需要淋浴时,应当使用覆盖导管接头的特殊贴膜和塑料袋保护导管,避免坐浴。

TCC 出口护理推荐使用氯己定(含乙醇)作为首选皮肤消毒剂用于导管出口处皮肤的消毒。若出现过敏等不能耐受者,则可以使用聚维酮碘或 70% 乙醇。使用消毒剂前需要了解导管材质,不同导管材质对某类化学成分的耐受性不同。含聚氨酯材料的导管可能会与含乙醇消毒剂或者局

部应用的抗生素软膏发生反应,从而使导管变软和被腐蚀,导致导管变形破裂,发生导管漏血、漏气并发症。葡萄糖酸氯己定或其他氯己定敷贴可能避免上述不良的导管性状改变。术后 1 个月内的 TCC 皮肤出口,建议采用透气敷料覆盖保护。

使用 TCC 紧急透析的患者,需要予以更细致的护理以及更严谨规范的操作,以减少感染的风险。使用 TCC 维持透析的患者,应定期评估其他可替换的透析通路模式的可能性。随着患者疾病谱和社会经济条件的变化,以及新的诊断评估技术和外科手术、介入技术的发展,可供选择的诊疗模式(如肾移植或 PD)或复杂 AVF 构建和维护的可行性都将随之发生改变。

### (三)以 NCC 作为血管通路围手术期处理原则

#### 推荐意见

63. 以 NCC 作为血管通路的指征:(1)急性肾损伤短期内可以恢复;(2)处理自体 AVF、AVG 或 TCC 并发症时,原有血管通路暂停使用;(3)PD 出现并发症需要暂停 PD;(4)顽固性心力衰竭、糖尿病肾病高度水肿者需要短期单纯超滤、人工肝支持等;(5)自身免疫性疾病等其他非肾脏疾病的特殊治疗(血浆置换、胆红素吸附、免疫吸附等);(6)中毒抢救。(1B)

64. 常规置入 NCC 的中心静脉首选右颈内静脉,左颈内静脉、股静脉也可选择。(1A)

65. NCC 体内长度选择:右颈内静脉通常选择 12~15 cm,左颈内静脉选择 15~19 cm,股静脉需要选择 19 cm 以上的。(1B)

66. 导管出口部位愈合前,除了清洁以外,可以使用局部消毒剂或抗生素,以降低导管相关感染的风险。(2C)

67. 导管出口部位愈合前使用局部消毒剂或抗生素的具体选择可基于临床医师的经验判断。(2C)

68. 导管敷料更换频率应基于临床医师的经验判断,但至少每周 1 次,导管敷料应防止潮湿和脏污环境。(2C)

**1. 术前评估与留置血管位置选择:**仔细评估以 NCC 作为血管通路的适应证:临床用于紧急透析使用,一般作为使用时间短于 4 周的血管通路,股静脉 NCC 原则上不超过 1 周,长期卧床患者可以视情况酌情延长。当急性肾损伤需要肾脏替代治疗时、AVF 和 PD 出现并发症需要暂停原通路使用时、各种原因导致的水钠潴留需要单纯超滤治疗时、人工肝支持时、其他非肾脏疾病的特殊治疗、中毒性抢救时,即需要临时过渡性血管通路时,可以以 NCC 作为血管通路。目前大部分 NCC 的材质在室温下具有一定刚性,有助于插入血管,进入血管后在体温下变得柔韧以减少刺激血管<sup>[174]</sup>。但 NCC 容易因感染(5 d 后感染概率大大增加<sup>[180]</sup>)、血栓、狭窄及功能不良导致使用寿命有限,建议对于紧急需要或预期 1~4 周内接受肾脏替代治疗的患者留置 NCC。

仔细询问病史。注意既往颈部及胸部手术史可能损伤或破坏穿刺区域血管,合并严重的出血倾向、精神障碍难以

配合手术者等需慎重考虑 NCC 置入术的风险。

建议在超声引导下进行血管穿刺置管。颈部肿物或者手术后的患者,由于静脉移位、损伤、破坏难以置管,穿刺易误伤血管、神经和胸膜顶,不宜行经验性颈内静脉盲穿刺置管术。

推荐预弯型 NCC 优先于直型 NCC。一项入组 1 603 例患者的回顾性队列研究发现,与直型 NCC 相比,预弯型 NCC 具有更少感染和功能不良的趋势,并且因感染或功能不良而被移除比例更低。同时,预弯型 NCC 在感染和功能不良率上接近 TCC,但 TCC 需要移除的比例要低于 NCC<sup>[181]</sup>。

NCC 留置血管位置的选择。股静脉穿刺发生致命风险概率较低,且易于穿刺,适合作为紧急肾脏替代治疗的血管通路<sup>[174]</sup>,但易于感染及诱发血栓形成。儿童、拟肾移植的患者不适合股静脉留置 NCC。预期 NCC 留置时间较长(至 3~4 周)的患者,适合留置颈静脉 NCC<sup>[176]</sup>,右侧颈静脉至右心房呈直线,较左侧更适合放置 NCC。需要注意的是,颈静脉置管操作相关并发症如气胸和血管穿刺伴纵隔、胸膜或心包出血以及导管异位等风险高于股静脉 NCC<sup>[174-175]</sup>。锁骨下静脉留置 NCC 的手术风险及使用寿命类似颈静脉,但是 CVS 更常见<sup>[182-184]</sup>。从患者角度考虑,对于 ESKD 患者,有进一步 HD 通路构建计划者,需要避免在锁骨下静脉留置 NCC。NCC 导管体内长度:右颈内静脉通常选择 12~15 cm,左颈内静脉选择 15~19 cm,股静脉需要选择 19 cm 以上长度的导管。体内段 19 cm 以上股静脉的再循环率明显低于体内段 13~15 cm 的股静脉 NCC<sup>[185]</sup>。

#### 推荐意见

69. 如果条件允许,建议 NCC 置入术在洁净的治疗室或手术间施行,并配置必要的抢救设备和药物。(1B)

70. 常规 NCC 置入术可在局部麻醉下操作,特殊患者可考虑全身麻醉。(1C)

71. 常规 NCC 置入术时推荐在超声引导下进行血管穿刺。(1A)

**2. 场所要求:**在床旁进行 NCC 的置入,也能满足较好的透析血流量要求,具有便捷、快速、卫生经济的优点<sup>[26,174,186-188]</sup>。但如果病情和条件允许,仍建议所有中心静脉穿刺在相对独立的手术间或操作间施行,推荐配置心电图监护仪、除颤仪、肾上腺素等抢救设备和药物。

**3. 麻醉方式:**NCC 置入术一般可采用局部麻醉;一些特定的患者,如儿童、药物性脑病、躁狂表现等无法配合的患者,可考虑结合基础麻醉或镇静的的方法。

**4. 围手术期抗凝:**NCC 置入术后无须进行无肝素透析,除非患者有严重的凝血障碍、血小板减少症以及其他原因引起的出血倾向。

**5. 置管操作方式和技术要点:**标准置管方法建议超声引导下采用 Seldinger 技术留置 NCC。超声引导可显著降低操作相关并发症<sup>[174,189-190]</sup>。术前超声检查可有效评估静脉和动脉的位置、血管内瓣膜和附壁血栓情况、血管侧支情况

及穿刺部位周边解剖关系,术中实时引导穿刺静脉可进一步提高操作成功率,降低误伤动脉等风险。

NCC 的更换,常见于导管出现感染和血栓时,建议首先考虑原位换管,其次考虑重新穿刺插管,以尽可能节约中心静脉资源。原位换管可经导丝操作实施。

**6. 围手术期并发症及处理:**颈静脉留置 NCC 常见并发症包括气胸和误伤动脉或大静脉,伴有相关的纵隔、胸膜或心包出血<sup>[174, 176]</sup>。置入 NCC 时也有引起空气栓塞的风险,在插入导管时应嘱咐患者应保持 Trendelenburg 体位避免静脉负压引入空气。血管穿孔的风险常见于解剖变异及既往多次插管史出现 CVS 的患者。非 X 线透视下置管者, NCC 术后开始 HD 之前,应拍摄胸片以明确导管位置,排除气胸、血胸等的发生。颈内静脉 NCC 尖端应位于上腔静脉,股静脉 NCC 尖端应位于下腔静脉。如果怀疑导管尖端位置异常,需进一步行介入放射学评估。股静脉 NCC 拔除时应警惕血栓脱落造成肺栓塞。

**7. 围手术期评估和护理:**参阅 TCC 置入的围手术期评估和护理。

#### (四)其他特殊通路类型

##### 推荐意见

72. 对于常规方式建立血管通路困难的患者,可根据具体情况考虑建立特殊血管通路:(1) 上肢、胸壁通路和来自下肢的转位自体静脉;(2) 下肢、跨膈肌的动脉-静脉移植,以及其他不寻常的通路,包括上肢和下肢的动脉-静脉襻式移植;(3) 对于心功能不全、窃血综合征、血管资源耗竭、中心静脉闭塞等患者,可考虑使用动脉、静脉浅表化作为 HD 通路。(2D)

随着 MHD 人群的年龄、透析年数和发病率的逐年上升,同时移植肾丧失功能患者需要透析,血管通路医师面临的挑战越来越严峻。这些挑战包括低血压、血栓形成和静脉连续性的缺失等。解决血管资源缺乏患者的透析通路问题,需要通路医师对通路手术的一般原理以及血管解剖的充分理解来创建特殊的血管通路。

根据手术风险和复杂性以及通路的长期通畅率,通常应按以下顺序考虑建立特殊血管通路:(1) 上肢、胸壁和来自下肢的转位自体静脉;(2) 下肢;(3) 跨膈肌的移植,以及其他不寻常的通路,包括上肢和下肢动脉-静脉襻式移植。

**1. 上肢、胸壁通路和来自下肢的移位自体静脉:**上肢动-静脉血管通路是首选,因为其并发症远低于下肢血管通路。当功能正常的上肢动-静脉血管通路受到 CVS、血栓形成、PTA 或再通术的不可逆损伤时,应尝试对狭窄或闭塞的流出静脉进行支架置入以保护动静脉血管通路。前胸壁移植血管,包括腋动脉与同侧或对侧腋静脉吻合,对于上肢血管通路已经耗尽,但仍有机会开放中心静脉的患者是一种合理的选择。其主要适应人群包括易患窃血综合征以及有狭窄流出静脉的患者<sup>[191]</sup>。有文献报道胸壁 AVG 12 个月

通畅率可达 75% 左右<sup>[192]</sup>。头臂静脉闭塞的患者如果使用腔内技术再通失败,则下一个选择可能是分别通过锁骨下切口或下颈部切口,使用人工血管从锁骨下动脉分别连接到对侧腋窝、锁骨下或颈内静脉<sup>[193-194]</sup>。对于因主要上腔静脉闭塞而导致上肢血管通路丧失的患者,另一种可供选择的通路是从腋动脉到大隐静脉、股静脉或髂静脉的人工血管通路<sup>[195-196]</sup>。

大隐静脉和股静脉移位。大隐静脉移位到上臂往往具有较高的并发症发生率和较低的成熟率,当然也有研究者报道其通畅率仍可接受<sup>[197]</sup>。使用股静脉作为上臂血管通路具有良好的通畅性,但并发症发生率非常高,尤其是口径不匹配导致的窃血。同时股静脉获取部位诸如淋巴肿、感染、骨筋膜室综合征等并发症同样是需要重视的问题<sup>[198]</sup>。

**2. 下肢血管通路:**下肢血管通路包括大隐静脉 AVF、下肢自体静脉转位或 AVG。当计划任何下肢血管通路时,下肢动脉和静脉(包括髂静脉)的影像学检查非常重要,同时需要完整的血管病史和测量踝肱指数,以避免对外周动脉闭塞性疾病患者进行手术。

大隐静脉。一旦排除了严重的下肢血管疾病,少数患者可能适合在踝关节处建立自体胫骨后动脉-大隐静脉内瘘,关于此类 AVF 目前缺乏大规模的临床研究结果。大隐静脉大腿根部的襻型转位<sup>[199]</sup> AVF 研究同样较少,且有报道平均一期通畅时间为 7 个月,一期辅助通畅时间为 15 个月,二期通畅时间为 16 个月,长期通畅率不佳<sup>[200]</sup>。

目前下肢血管通路的主流方案是股动脉股静脉 AVG 和股静脉转位,但是下肢通路特别是下肢 AVG 感染风险较上肢明显增加,可高达 15%~27%<sup>[201-202]</sup>。一项对 407 例下肢 AVG 患者的回顾性研究发现,6 个月初级通畅率为 52.9%,6 个月辅助通畅率为 75.3%,同时下肢 AVG 与下肢 AVF 在伤口感染、窃血、肿胀腿方面差异均没有统计学意义<sup>[203]</sup>。

**3. 横跨膈肌的通路:**髂腋、股腋和腓腋血管通路。横跨膈肌的通路包括但不限于从腋动脉到股静脉或髂静脉或从股动脉到腋/锁骨下静脉的长移植。在决定使用髂血管时,应尽可能保留足够的动脉和静脉,为肾移植实施预留一定的空间。在血管资源不足的情况下,从腋动脉到下腔静脉<sup>[204]</sup>或股动脉到右心房的移植血管通路<sup>[205]</sup>依然是值得尝试的方案。

动脉-动脉胸壁和下肢襻型移植血管。在一些静脉回流通完全丧失的患者中,可考虑该种移植血管,也可用于有窃血综合征风险的患者,因为心脏需求没有增加。

**4. 动脉浅表化:**动脉浅表化适用的病例主要包括:(1) 心功能不全的患者,构建自体 AVF 或 AVG 将导致心力衰竭的患者。(2) 血管资源耗竭,导致自体 AVF 或 AVG 构建困难的病例。(3) 因自体 AVF 或 AVG 导致窃血综合征发生的患者。(4) 由于自体 AVF 或 AVG 频繁丧失功能而被用作后备通路的患者<sup>[206]</sup>。用于浅表化的动脉通常选择位于肘部和上臂之间的肱动脉以及股动脉,肱动脉浅表化占比约 90%。

使用肱动脉有易于手术、并发症较少的优点<sup>[35]</sup>。由于股动脉的浅表化涉及比肱动脉更大的分离表面积,因此应特别注意常见的并发症,如淋巴漏和组织坏死<sup>[206]</sup>。切口长度应留出足够的穿刺距离,同时需等到伤口完全愈合后再穿刺,通常需 2 周或更长时间。

**5. 血液透析可靠流出 (hemodialysis reliable outflow, HeRO) 血管通路装置:** HeRO 血管通路装置旨在通过用镍钛诺增强的硅胶管绕过狭窄的静脉进入右心房来治疗心血管疾病,该硅胶管作为连接动脉流入的流出导管<sup>[207]</sup>。与带涤纶环 CVC 相比,HeRO 装置的感染并发症明显较少,并且该装置的次级通畅率接近移植血管,同时具有更低的窃血综合征发生率<sup>[208]</sup>。但是有荟萃分析报道,HeRO 装置 1 年通畅率显著低于下肢移植血管通路<sup>[209]</sup>。

### (五) PD 置管术

#### 推荐意见

73. PD 置管手术需遵守腹部外科手术的无菌规范。(1C)

74. PD 置管手术的麻醉方式可根据手术方式、手术条件、患者自身情况及意愿进行合适的选择。(1B)

75. 建议根据患者情况、PD 手术团队的技术和经验选择合适的 PD 置管方式。(1C)

76. 建议 PD 医护小组至少每年评估 PD 导管置入的状况和预后。(1B)

77. 建议置管术后及时进行 PD 导管的冲洗试验,以明确导管的通畅性。(2C)

**1. 无菌要求:** PD 置管手术过程中的无菌操作对预防术后早期的切口感染和腹膜炎至关重要。PD 置管手术一般需在手术室中进行,在紧急情况下或客观条件不允许的情况下可在床边进行。一般情况下 PD 置管手术切口和导管出口均在下腹部区域,术前应按下腹部手术常规备皮,注意腹部皮肤的清洁(特别是脐部),消毒范围应按下腹部外科手术标准的消毒范围进行消毒和铺巾。若 PD 导管外出口在上腹部或胸部,需按照相应的出口位置扩大消毒铺巾范围。建议术前 0.5~1.0 h 预防性使用一次抗生素,可选择第一代或第二代头孢菌素。

**2. 麻醉方式:** PD 置管的麻醉方式需根据手术方式、手术条件、患者具体情况及意愿进行灵活选择。目前可供选择的麻醉方式主要有局部浸润麻醉、局部神经阻滞麻醉、硬膜外麻醉和全身麻醉。各种麻醉方式的优劣并无明显差异,对 PD 导管和患者长期预后也无显著影响。经皮穿刺置管、开放手术置管多建议采用非全身麻醉的方式,而腹腔镜下置管建议采用全身麻醉<sup>[210]</sup>。

**3. 开放式置管技术要点:** (1) 手术切口定位应选在旁正中,以耻骨联合作为标记,同时需结合患者身高、肥胖程度、腹围、裤带位置、既往手术切口,并做好标记(建议患者取坐位或立位)。(2) 导管尖端应置于盆腔内,到达真骨盆水平,不宜过深或过浅。(3) 荷包应结扎在内涤纶环以下,内涤纶

环应置于腹直肌之间。腹直肌前鞘应由下向上缝合,以利于保持透析管平卧在腹腔内,避免透析管移位。(4) 皮下隧道应尽量呈平缓的弧形,以避免导管的记忆回弹力导致导管腹内段移位。(5) 外涤纶环应置于距皮肤出口约 2~3 cm 处,可避免导管外涤纶环外露和出口及隧道并发症的发生。出口方向水平或向下。(6) 注意在手术过程中,包括置管后、荷包结扎后、腹直肌前鞘缝合后、隧道出口设置后等多步骤,检查导管通畅性和引流情况。

**4. 定期评价 PD 导管置入的预后:** 有大量证据表明,定期评估 PD 导管置入术后的指标有助于改善 PD 患者的临床预后<sup>[211-212]</sup>。评估的指标包括 PD 导管长期通畅率和置管手术相关并发症的发生,如管周渗漏、感染、内脏损伤和出血等。建议定期总结这些 PD 置管术后的发生率,并不断进行改进。具体数据标准如下<sup>[213]</sup>: (1) PD 导管的通畅率: >80%; (2) 导管置入后 30 d 内出现出口部位或隧道感染: <5%; (3) 导管置入后 30 d 内腹膜炎: <5%; (4) 内脏损伤(肠、膀胱、实体器官): <1%; (5) 需要输血或进行手术治疗的严重出血: <1%。

**5. 检验 PD 导管功能:** 在 PD 导管置管结束之前,测试导管的通畅性非常重要。如果导管在一开始时液体引流功能较差,后续一般难以改善。目前还没有判断液体引流通畅性的标准方案,临床推荐可向导管中注射 60 ml 生理盐水,以判断液体引流情况,至少需 50% 液体连续引出才算达标。也可以注入 500~1 000 ml 生理盐水或透析液,观察液体流入和流出情况。手术结束前,腹腔内可保留 100~200 ml 的液体,以避免腹膜被虹吸到导管侧孔。

术后导管冲洗方案在各个中心并不统一,目前最常见的做法是术后早期用 500~1 000 ml 的透析液或生理盐水冲洗,直到透析开始<sup>[214]</sup>。冲洗的主要目的是为了防止纤维蛋白或血凝块阻塞导管。一项回顾性队列研究显示,早期冲洗清除血液和在腹腔内少量留液的方案可以显著降低导管丧失功能的发生率<sup>[215]</sup>。如果在导管冲洗时发现明显的血性液体引出,建议在 24 h 内重复冲洗,直到液体转清。建议将 1 000 U/L 肝素添加到冲洗液中,以防止血栓和纤维蛋白堵塞导管。

## 五、透析通路的使用和监护

### (一) 内瘘的成熟及护理

#### 推荐意见

78. 由有经验的医务人员在术后 4~6 周评估 AVF 的成熟情况,通过物理检查结合影像学检查评估内瘘是否成熟。(1C)

79. 当内瘘经判定成熟时才可尝试穿刺,建议首次穿刺时间: 自体 AVF 术后 1~3 个月, AVG 术后 2~4 周。(1C)

80. 根据术者的经验,在建立 AVF 时,可以个体化使用辅助装置(外科手术或腔内治疗)来促进 AVF 的成熟。(2B)

81. 鼓励患者在新建 AVF 后,按计划进行手臂锻炼促进 AVF 成熟。(1A)

82. 不建议围手术期使用氯吡格雷作为促进 AVF 成熟的辅助措施。(1C)

83. 无充分证据推荐氯吡格雷-前列环素改善 AVF 成熟或通畅率。(2C)

84. 建议根据可行性以及临床医师的判断,个体化使用远红外线疗法来促进内瘘成熟及改善 AVF 的初级通畅性。(2B)

85. 当需要对 AVF 进行干预以促进术后成熟时,选择外科手术或腔内技术应个体化。(1C)

**1. AVF 成熟的定义:** AVF 建立后,动脉血流进入静脉诱发一系列级联反应,导致血管壁结构、剪应力改变,静脉内径、血流量迅速增加,这些变化使得 AVF 能用于穿刺透析,这个过程称为成熟,其实质是静脉动脉化的过程<sup>[34]</sup>。研究显示,AVF 术后 24 h,成熟所需的血流量和静脉内径的增加已大部分完成<sup>[82,216]</sup>。术后第 4 周至内瘘成熟,头静脉内径变化已十分缓慢<sup>[217]</sup>。

目前尚无公认的内瘘成熟定义,但所有与内瘘成熟相关的研究,其定义都包含:内瘘适宜穿刺且穿刺相关并发症发生率最低、能在整个 HD 过程中达到处方血流量。既往文献中有关内瘘成熟具体标准<sup>[218]</sup>如下:(1)内瘘瘘体静脉血流量增加,可满足透析处方血流量要求,透析时无静脉塌陷以及再循环等表现;(2)内瘘瘘体静脉壁增生肥厚,拔出穿刺针后可收缩止血,穿刺点周围无血肿;(3)瘘体静脉直径扩张,可供穿刺的血管长度增加,最好能达到 10 cm 以上,允许 2 根穿刺针反复穿刺;(4)内瘘边界清晰可见,内瘘处杂音及震颤明显,能够安全穿刺无渗漏;(5)至少可完成 1 次透析,或者 1 个月能够使用内瘘透析 6 次以上,每次 HD 的  $Kt/V > 1.2$ 。

2006 年 NKF-KDOQI 提出了“6S 原则”,作为评估内瘘成熟的标准:规定在 AVF 建立 6 周后,瘘管直径应  $\geq 6$  mm,距皮深度  $\leq 6$  mm,血流量  $\geq 600$  ml/min<sup>[34]</sup>。HD 治疗需要的处方血流量各国存在差异:欧美国家为 350 ~ 450 ml/min,而我国和日本的最低血流量标准为 200 ml/min<sup>[219]</sup>。中国医院协会血液净化中心分会血管通路专家组根据我国临床实践及国人特点提出内瘘成熟的标准:测定自然血流量  $> 500$  ml/min,穿刺段静脉内径  $\geq 5$  mm,距皮深度  $\leq 6$  mm<sup>[107]</sup>。部分中心将穿刺长度  $> 6$  cm 也作为成熟标志。这些参数相对容易量化,并提供了一个切实的起点,以评估 AVF 的成熟度。然而,一些不太容易量化的因素也可能是成熟的重要因素,如患者的穿刺耐受性、工作人员的技术技能、皮肤和软组织的质量和完整性、生活习惯以及内瘘的位置等。鉴于此,关于内瘘成熟不再设定定量标准,其判定更多基于医护人员丰富的经验并结合相关影像学检查。

**2. 判断 AVF 成熟的方法:** 由经验丰富的医务人员对 AVF 进行物理检查,并结合相关影像学检查来评估内瘘能

否穿刺使用、能否达到预定血流量,以此来判断内瘘是否成熟。一般认为应在自体 AVF 建立后 4 ~ 6 周或标准 AVG 建立后 2 ~ 4 周左右判断内瘘是否成熟<sup>[34,216,220-221]</sup>。成熟不良的 AVF,因为存在穿刺相关并发症、AVF 丧失功能或 HD 不充分的风险,不建议穿刺。

对 AVF 成熟度的检查很重要,尤其是对于使用 CVC 过渡的患者,早发现和处理内瘘成熟不良有助于缩短患者使用 CVC 的时间并减少 CVC 相关并发症。成熟内瘘的物理检查判断标准为:触诊柔软且具弹性、具备一定直径,吻合口附近震颤明显并沿着瘘体有一定长度延伸,具有足够长的穿刺段满足两针穿刺;听诊低音调连续双期杂音<sup>[82,222]</sup>。举臂试验可以评估静脉流出道的通畅性,搏动增强试验可以评估动脉流入道。经验丰富的医务人员通常具备预测内瘘是否成熟的能力<sup>[34,216]</sup>,有经验的透析护士凭借物理检查评价 AVF 成熟不良的准确性达 80%<sup>[223]</sup>。

AVF 建立后 4 ~ 6 周内<sup>[224]</sup>行超声检查,有助于确认内瘘是否成熟。超声检查可以发现较大的属支静脉或副静脉以及狭窄病变,有助于寻找成熟不良病因。此外,通过超声检查定量测定回流静脉直径和血流量(或以肱动脉血流量代替)可评估 AVF 成熟度。超声检查联合评估肱动脉血流量( $\geq 400$  ml/min)和回流静脉直径( $> 4$  mm)可作为 AVF 成熟的参考标准<sup>[225]</sup>。功能良好的 AVF 血流量通常为 800 ~ 1 200 ml/min<sup>[30]</sup>,必要时可行血管造影明确血管通路情况。

**3. AVF 成熟不良的原因及对策:** AVF 成熟不良是通路医师面临的主要问题之一,国外报道 AVF 成熟不良发生率为 20% ~ 60%<sup>[226-227]</sup>,我国报道为 3.2% ~ 15.6%<sup>[228-229]</sup>。对于内瘘成熟的判定标准不一可能是成熟不良发生率差异较大的重要原因。

自体 AVF 成熟不良定义为:AVF 术后 12 周,内瘘发育不良,不能满足透析需要,主要表现包括穿刺困难和/或血流量不足<sup>[230]</sup>。

AVF 成熟不良的原因包括任何可能导致血流量不足和穿刺失败的因素,如血栓形成、流入动脉病变、静脉流出道或中心静脉病变、直径过小、位置过深、存在较大属支或副静脉等。动脉流入道病变占成熟不良原因的 4% ~ 8%。这类病变包括先天动脉纤细和动脉粥样硬化性狭窄,后者多见于老年人、高血压和糖尿病患者。吻合口(占成熟不良原因的 4% ~ 64%)和静脉摆动段(即游离段)狭窄(占成熟不良原因的 25% ~ 64%)多与手术相关。静脉流出道(占成熟不良原因的 33% ~ 59%)和中心静脉病变(占成熟不良原因的 3% ~ 9%)往往在术前即存在,如先天血管纤细、静脉纤维化、较大属支或副静脉、既往穿刺损伤、导管留置损伤等<sup>[231]</sup>。

AVF 成熟不良的主要原因多可通过物理检查和影像学检查发现<sup>[228-229,232]</sup>。AVF 建立后 4 ~ 6 周应由经验丰富的医务人员行物理检查,当判断内瘘成熟不良时,应进一步行多普勒超声或 DSA 查找成熟不良原因<sup>[216,224]</sup>。

在物理检查中 AVF 成熟不良可表现为:①视诊:回流静脉充盈欠佳或完全塌陷,或可见较大属支静脉或副静脉;

②触诊:震颤微弱或不存在或出现搏动;当回流静脉位置过深时触诊回流静脉直径或界限不清;③听诊:可出现不连续的杂音甚至高音调杂音。举臂试验阳性提示回流不畅,存在静脉狭窄;搏动增强试验阳性提示流入动脉供血不足,存在狭窄。此外,当粗大属支位置较深,视诊不能发现时可通过触诊诊断。检查的方法为:用手指压闭内瘘瘘体上任意一点,另一手感觉吻合口的震颤情况,如震颤消失,表明压闭点的远心端无较粗大属支;如震颤仍然存在或减弱,表明压闭点的远心端有较粗大属支,血液仍可从属支回流<sup>[233]</sup>。

如果发现可纠正的 AVF 成熟不良的原因,应及时纠正,以促进内瘘成熟。改善内瘘成熟不良的措施包括功能锻炼、药物治疗、物理疗法、手术治疗等。

**(1) 功能锻炼:** AVF 建立后,随着手臂锻炼,静脉直径及内瘘流量逐步增加<sup>[234]</sup>。在两项随机临床试验研究中,有计划的手臂锻炼可促使新建远端肢体 AVF 的临床成熟<sup>[235-236]</sup>。最新发表的荟萃分析显示,术前手臂锻炼可以改善血管功能,术后手臂锻炼可以促进 AVF 成熟;亚组分析表明,等距手臂运动训练可能对 AVF 成熟有更大的影响<sup>[237]</sup>。另一项荟萃分析显示,上臂锻炼计划虽然没有改善静脉内径和肱动脉流速,但可以增加肌肉力量和回流静脉流速<sup>[11]</sup>。因此,应鼓励患者在建立 AVF 后,按计划开始手臂锻炼(如反复挤压橡胶球、哑铃运动<sup>[238]</sup>),以促进 AVF 成熟。

**(2) 药物治疗:** 药物治疗分为全身用药和局部用药。目前我国尚缺乏局部用药药物,全身用药有抗血小板药、抗凝药、他汀类及其他药物。各种药物可能改善内瘘成熟的机制见表 2。

表 2 药物改善动静脉内瘘功能的机制

治疗方案	作用机制
抗血小板药物	减少血小板聚集
抗凝药	减少血栓形成
他汀类	降低炎症反应;增加 NO;减少血栓形成
血管紧张素转换酶抑制剂/血管紧张素 II 受体拮抗剂(ACEI/ARB)	降低内膜增生的形成;促进血管舒张
远红外线	降低内膜增生的形成;降低氧化应激和炎症反应;改善内皮功能

**抗血小板和抗凝治疗:** 2019 年 KDOQI 指南<sup>[26]</sup>综合评估了关于使用氯吡格雷对于改善内瘘成熟及通畅的影响的 2 项较高质量的 RCT( $n=970$ ),结果显示,尽管 6 周时氯吡格雷组患者原发失败(定义为血栓形成)风险低于安慰剂组( $RR=0.63, 95\% CI 0.46 \sim 0.86$ ),但 8 周时两组间差异无统计学意义( $RR=0.26, 95\% CI 0.06 \sim 1.14$ );总体而言,两组患者在原发失败(11% 比 19%)、AVF 6 周(38% 比 41%)及 6 个月(52% 比 51%)成熟率方面差异均无统计学意义;两组患者出血等并发症差异均无统计学意义。一些荟萃分析结果显示,新建 AVF 后,抗血小板治疗可使 AVF(而非 AVG)

血栓形成的发生率减少 44% ( $RR=0.56, 95\% CI 0.40 \sim 0.78$ ),但该治疗不会促进内瘘的成熟( $RR=0.62, 95\% CI 0.33 \sim 1.16$ ),且对内瘘的原发通畅率无明显改善,也不能减少辅助成熟及改善通畅的干预事件<sup>[239-241]</sup>。但另一项荟萃分析显示,抗血小板治疗在维持 AVF 或 AVG 通畅性方面均未获得临床获益;其中有关噻氯匹定的 3 项 RCT 研究结论例外,这些研究显示,与安慰剂相比,噻氯匹定可以提高自体 AVF、AVG 术后 30 d 通畅率,但这些研究规模较小、随访时间短,存在较大异质性,证据质量偏低<sup>[242]</sup>。2017 年一项 RCT 研究中,阿司匹林未能减少 AVF 建立后 12 个月的内瘘血栓形成( $RR=1.05$ )<sup>[243]</sup>。综上,尽管多项研究支持抗血小板治疗所带来的获益,但这些研究的证据偏弱,不足以支持抗血小板治疗可以减少 AVF 血栓形成或促进其成熟。

抗血小板和抗凝治疗(阿司匹林+氯吡格雷)可显著增加患者出血风险<sup>[244]</sup>。此外,Abacilar 等<sup>[245]</sup>研究发现,氯吡格雷联合伊洛前列素对改善血管初级通畅率和成熟率有显著益处,4 周时,氯吡格雷联合伊洛前列素组原发性内瘘失功率低于对照组(8.0% 比 30.4%);3 个月时,氯吡格雷联合伊洛前列素组初级通畅率及内瘘成熟率均高于对照组。但 KDOQI 工作组<sup>[26]</sup>仔细评估后发现研究存在不一致性,因此氯吡格雷联合伊洛前列素治疗对于改善内瘘初级通畅率及成熟率是否有益有待严格设计的 RCT 研究证实。

使用肝素、低分子量肝素或者口服抗凝剂的抗凝治疗对于内瘘通畅及成熟的研究相对较少。一项有关小剂量华法林预防 AVG 丧失功能的 RCT 研究未发现获益<sup>[246]</sup>,而在透析预后与实践模式研究(Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study, DOPPS)中该治疗与较差的 AVG 通畅率相关<sup>[247]</sup>。此外,系统综述显示,与安慰剂相比,华法林使用与自体 AVF 或 AVG 患者出血事件增多有关<sup>[241]</sup>。有关低分子量肝素在血栓预防中的作用,仅有一项针对儿科患者的历史对照研究,结果显示低分子量肝素治疗可降低早期内瘘丧失功能的发生<sup>[248]</sup>。4 篇文献( $n=336$ )评估了肝素对 AVF 的影响,结果显示,接受肝素治疗和未接受肝素治疗的两组患者,早期(<60 d) AVF 通畅率差异无统计学意义( $RR=1.01, 95\% CI 0.64 \sim 1.60$ )<sup>[75-76, 79, 249]</sup>。

**他汀类:** 除降脂外,他汀类药物还具有多种益处。目前一些非 RCT 研究和部分队列研究对于他汀是否为内瘘带来获益结论不一。心肾保护研究(Study of Heart and Renal Protection, SHARP)的事后分析研究显示,与安慰剂组相比,他汀组通路堵塞事件明显下降(33.5% 比 29.7%)<sup>[250]</sup>。一项队列研究显示,与不应用他汀相比,服用他汀患者复合终点分别下降 18%(PTA)及 21%(重建),该作用在 AVF 中更明显,复合终点分别下降 22%(PTA)及 26%(重建)<sup>[251]</sup>。但另一项研究显示他汀类药物并不能改善 ESRD 患者 AVF 或 AVG 的预后,在接受他汀类药物治疗的患者中,原发性 AVF 失功的发生率为 37%,未接受他汀类药物治疗的患者为 38%;接受他汀类药物治疗的患者,原发性 AVG 失功发生率为 20%,未接受他汀类药物治疗的患者为 14%<sup>[252]</sup>。鉴

于此,目前没有足够的试验证据证明应用他汀类药物会使内瘘获益。

**其他药物:**在 1 项观察性研究中,钙通道阻滞剂和血管紧张素转换酶抑制剂均可改善 AVG 初级通畅率及内瘘的次级通畅率,但缺乏更确凿的数据支持<sup>[247]</sup>。

**(3) 物理治疗:**如远红外线。一项对 CKD 4、5 期患者新建立 AVF 的 RCT 研究显示,与不接受远红外线治疗相比,接受远红外线疗法患者 3 个月时内瘘生理成熟率明显改善(90% 比 76%, $P=0.04$ )<sup>[253]</sup>,我国也有类似研究发现远红外线照射可改善 AVF 血流量,促进内瘘成熟<sup>[254]</sup>。

**(4) 腔内治疗:**该方法是一种安全有效的治疗方法。在一项对 119 例未成熟内瘘患者的前瞻性研究中发现,动脉流入道狭窄发生率为 5.1%,吻合口狭窄发生率为 63.9%,静脉流出道狭窄发生率为 58.8%,CVS 发生率为 8.4%;29.4% 的患者有较粗副静脉,71.4% 的患者合并多处病变,经 PTA 治疗狭窄病变并对其他静脉分支采用腔内闭塞,技术成功率接近 90%,内瘘的挽救率达 83.2%<sup>[255]</sup>。我国倪其泓等<sup>[256]</sup>行超声引导下 PTA 治疗 AVF 成熟不良,成功率 95.24%,术后 6 个月和 12 个月的初级通畅率分别为 70% 和 55%,累积通畅率均为 90%,提示超声引导下 PTA 是促进 AVF 成熟的安全有效方法,具有很高的技术成功率和良好的通畅率,可取得满意的促成熟效果。

**球囊辅助成熟:**血管内径过小是影响内瘘成熟的因素之一,为此有研究探索 AVF 建立术中采用血管成形扩大血管内径,并在内瘘成熟过程中连续使用球囊扩张血管促进血管成熟。2010 年 De Marco Garcia 等<sup>[257]</sup>通过观察性研究评价了球囊辅助成熟在利用直径 $<3$  mm 的静脉建立 AVF 的成熟中的作用。该研究在动静脉吻合前给予首次静脉 PTA,之后分别于 2、4、6 周对直径小的静脉进行连续 PTA 以促进 AVF 成熟,结果显示,即使 $<3$  mm 的静脉也可用于自体 AVF 建立,经球囊辅助成熟后,90% 内瘘在 2 个月内可以成熟供透析使用。该研究的缺陷在于未设置对照、非随机,且未说明维持 AVF 使用所需要的干预次数。鉴于球囊辅助成熟在生物学、经济成本和明确定义的预后等方面仍存在许多问题,未来还需要更多的研究进行验证。

**(5) 手术治疗:**对于吻合口狭窄引起的内瘘成熟不良可考虑手术治疗,改为近心端内瘘或 AVG。当内瘘血流量和内径都满足成熟条件后,若回流静脉位于皮下组织较深的位置,需要进行浅表化手术,可通过移位或抬高使血管转移到皮下较浅位置<sup>[258]</sup>。该手术的主要缺点是产生了一个摆动节段<sup>[259]</sup>,后续可能发展为流出道狭窄。此缺点可通过减脂术<sup>[260-261]</sup>解决,即通过 1~2 个横向的皮肤切口(长约 3 cm),切除覆盖头静脉的脂肪垫,保留大约 2 mm 的皮下组织以保持皮肤弹性,因该技术不需要通过浅表隧道重新引导静脉,而是使皮肤下降更靠近静脉,因此可避免摆动段狭窄。经此手术处理,30 d 后 94% 的患者可以使用 AVF 透析,随访 3 年,初级和次级通畅率分别为 63% 和 88%。当存在多条流出静脉时,应进行影像学检查以明确

静脉解剖结构,结扎副静脉或属支静脉,以保证主流出道血流。

**手术改进:**上臂 AVF 中,荟萃分析显示贵要静脉一期转位与二期转位相比,成熟率差异无统计学意义,建议对患者一期或二期转位的选择应个体化<sup>[262]</sup>。

**(6) 内瘘吻合辅助装置:**AVF 成熟与术者手术技能密切相关,手术技能、辅助装置的应用可能有助于促进 AVF 成熟,包括 VasQ 和 Optiflow™ 装置,旨在将内瘘吻合口几何构型理想化以减少湍流,增进层流,减轻内膜增生。VasQ 装置可以从外部固定吻合静脉及动脉,像脚手架一样使两者维持理想的角度,一项以静脉流量、原发通畅、无辅助成熟率为终点的小样本( $n=20$ )临床试验结果显示,AVF 1、3、6 个月时通畅率分别为 95%、79%、79%,成熟率分别为 80%、79%、74%<sup>[263]</sup>。Optiflow™ 是一种由硅化聚氨酯制成的新型无缝线吻合装置。单臂研究显示,与历史对照相比,AVF 建立时使用 Optiflow 吻合连接装置与无辅助 AVF 的成熟率类似<sup>[264-265]</sup>。

未成熟的 AVF 经常会有一个或多个潜在的需治疗的问题,约 80% 可通过开放手术或腔内治疗促成熟<sup>[255,266]</sup>。Voormolen 等<sup>[267]</sup>对多项关于内瘘成熟不良的研究进行荟萃分析,包括 12 项研究、745 例内瘘未成熟的患者,结果显示,经腔内治疗和外科手术治疗后,获得功能性内瘘的成功率为 86%,初级和次级通畅率分别为 51% 和 76%。两种治疗手段效果差异无统计学意义。

经过辅助成熟干预后成熟的 AVF 与未经过干预自发成熟的 AVF 远期预后是否类似目前仍存在争议。Park 等<sup>[268]</sup>回顾性对比 84 例需要辅助成熟的 AVF 患者和 266 例自发成熟的 AVF 患者,84 例需辅助成熟的 AVF 患者中 84.52% (71/84) 患者需要一次干预,15.48% (13/84) 患者需要多次干预;血管成形术是最常见的干预措施,其他措施包括结扎副静脉及结扎副静脉+血管成形术;在 7 年的随访中,辅助成熟和无辅助成熟的 AVF 累积通畅率差异没有统计学意义。另一篇系统综述显示,对于成熟不良的狭窄血管和属支血管闭塞,腔内治疗内瘘的挽救率为 75%~95%;1 年后初级通畅率为 30%~60%,次级通畅率为 75%~90%<sup>[231]</sup>。

对于解剖结构不佳或干预反应较差的内瘘,可考虑早期放弃该通路,建立新的 AVF。需注意的是,完善的术前准备是建立高质量 AVF 的第一步,通过超声和血管造影对血管进行描记有可能增加内瘘的使用率<sup>[269-270]</sup>。但也要考虑患者因素,对于一些高危患者,即使术前进行血管描记,内瘘成熟不良的发生率仍较高<sup>[271]</sup>;应重视手术操作,提高内瘘手术技巧,足够的手术经验有助于提高内瘘的成熟率<sup>[272-273]</sup>;术后应对内瘘进行规律监测,合理评估内瘘成熟度,及时处理内瘘并发症,并对血管通路团队成员进行定期培训,这些措施和更新血管通路维护知识同样重要。

**4. 首次穿刺的时间选择:**当 AVF 经物理检查及影像学检查判定成熟时可尝试穿刺。但是,无论是自体 AVF 或 AVG,何时为建立后最佳的首次穿刺时间,目前尚无一致意

见。DOPPS 研究发现,在各国临床实践中首次穿刺时间存在明显差异:74% 的日本医疗机构、50% 的欧洲医疗机构和仅 2% 的美国医疗机构会在 AVF 建立后 1 个月内穿刺<sup>[274]</sup>。一方面穿刺过早可能会导致内瘘失败(因为新的动脉化的静脉壁较薄,损伤后容易形成血肿导致内瘘受压并有可能诱发血栓形成),较长的成熟时间(>30 d)似乎与较低的内瘘失败风险相关<sup>[275-287]</sup>。新近 1 项我国台湾的回顾性多中心队列研究显示,内瘘建立后 91 ~ 180 d 开始穿刺相比于少于 90 d 穿刺的 AVF 拥有更好的累积通畅率,而超过 180 d 开始首次穿刺并无额外益处<sup>[278]</sup>。另一方面,早期穿刺可以减少对 CVC 的使用或减少留置 CVC 的时间及其相关并发症。在 DOPPS 研究中,未发现早期穿刺与 AVF 失败风险增加相关,这可能与日本使用较小的穿刺针和较低的血流量有关<sup>[274]</sup>。

临床实践中,并非所有患者都能等到内瘘成熟才开始透析,因此临床医师可能会综合内瘘成熟判定标准、建立的时间、HD 方式的需求及其并发症风险,来选择合适的时机进行内瘘穿刺。

如果 AVF 在 6 周内尚未成熟,则应寻找原因,并进一步检查以便及时诊断和治疗<sup>[214,221]</sup>。对既往已成熟的 AVF 行二次干预(即吻合口近端位置的重建、血栓切除或腔内治疗),或对既往具备远端成熟 AVF 的患者新建近端 AVF,无须成熟期。移植血管由于血管壁较硬,通常触诊震颤会弱于 AVF<sup>[34]</sup>。在 AVG 中,成熟是基于组织和移植愈合以及移植血管置入后组织肿胀消退所需的时间,而非随着时间的推移血流量增加<sup>[279]</sup>。AVG 成熟通常为 2 ~ 4 周<sup>[286]</sup>,此时 AVG 局部肿胀消退,可触及血管走行,易于穿刺。首次穿刺时机的早晚与 AVG 失败无相关性<sup>[274,280]</sup>。如果成熟需要更多时间则应对成熟原因进行分析(比如隧道过深或移植血栓形成)。有些移植血管(聚氨酯移植血管或自封闭多层 ePTFE 移植血管)可以在术后 24 ~ 72 h 内穿刺而不会出现主要并发症,避免了需要早期 HD 但没有合适静脉建立内瘘患者使用 CVC 的情况。但是,这种类型的移植血管除了可行早期穿刺外,没有其他优势<sup>[281-283]</sup>。且有报道显示,多层 ePTFE 移植血管在使用过程中会出现分层并导致狭窄,该狭窄对于其远期通畅率的影响目前尚无定论,有待进一步观察<sup>[116]</sup>。

## (二) AVF 的穿刺使用

### 推荐意见

86. AVF 每次穿刺前要进行物理检查,评估是否存在潜在并发症。(1C)

87. 所有 AVF 使用要严格无菌操作。(1C)

88. AVF 的首选穿刺方式为绳梯穿刺。(1B)

89. 扣眼穿刺可导致 AVF 感染风险增加并引起相关不良后果,故仅限应用于特定病例。(1C)

90. AVG 不建议扣眼穿刺。(1C)

91. 内瘘初次穿刺应由经验丰富的穿刺人员执行。(1C)

92. 由接受过超声培训的操作人员应用超声实时引导穿刺可减少并发症发生。(1C)

AVF 的寿命不仅取决于患者的血管条件和手术技能,还与内瘘的穿刺技术相关,正确的穿刺技术有利于延长内瘘的使用寿命<sup>[284]</sup>。护士是内瘘的直接使用者,在每次 HD 治疗进行穿刺前需要评估通路功能,因此护士在血管通路的维护中发挥重要作用。因此,确保穿刺人员接受了足够的培训对于实现成功的穿刺至关重要。

成功的穿刺是将 2 根足够大小的针以合适的深度和角度穿刺入内瘘,以完成预先设定的透析处方,且无并发症发生。穿刺内瘘时,针尖穿透侧壁或后壁将导致皮下血肿、挫伤和/或疼痛,发生穿刺渗漏。穿刺渗漏是最常见的穿刺并发症,与频繁的影像学检查、通路干预事件和 CVC 需求相关。有研究发现 AVF 穿刺失败的发生率是 AVG 的两倍<sup>[280]</sup>,50% 的 AVF 患者可能出现轻度渗漏损伤,5% ~ 7% 的 AVF 患者出现重度渗漏损伤(定义为导致大血肿的浸润,在血肿消退之前不能使用内瘘)<sup>[284]</sup>。

穿刺失败可能引起通路血肿、感染和假性动脉瘤形成等并发症,需要重新穿刺甚至多次穿刺,这将导致患者不适及通路干预事件发生,严重者可导致通路丧失功能。出现穿刺渗漏,可采用以下措施处理:

(1) 轻度渗漏,可不予拔针,适当压迫及冰敷至少 10 min,并适当降低泵控流速。

(2) 中等程度渗漏,应予拔针,手压渗漏部位以及冰敷数分钟,并更换穿刺部位。

(3) 如果渗漏严重,除上述措施外,应停止透析,如果确需继续透析,则重新评估穿刺部位。

(4) 如果出现血肿,应密切评估血肿部位、AVF 和整个肢体,包括测量肿胀程度、评估 AVF(血肿的近端和远端)血流情况以及整个肢体的血运情况。

### 1. 穿刺前护理:

(1) **皮肤准备:** 通路相关感染是 HD 患者并发症发病率及病死率增加的主要原因之一。无菌技术适用于所有穿刺技术,对于穿刺部位执行严格的无菌技术可以最大限度地减少通路感染<sup>[285-286]</sup>。

与 AVF 相比,AVG 和 CVC 患者感染风险显著增加<sup>[287]</sup>。研究表明,扣眼穿刺技术与通路相关感染风险增加有关<sup>[288-291]</sup>。HD 患者较普通人群有更高的金黄色葡萄球菌的鼻腔定植率和皮肤携带率<sup>[292]</sup>。因此,在穿刺前进行仔细的皮肤准备至关重要。

为了尽量减少感染,透析中心应制定通路穿刺前准备工作的标准化操作流程<sup>[293]</sup>。穿刺人员应使用符合要求的抗菌制剂清洁皮肤,戴上无菌手套进行穿刺<sup>[286]</sup>。尽管目前没有确凿的证据,但通常认为同心圆式消毒方式优于往返式消毒。

(2) **麻醉:** 一些患者可能较难耐受穿刺导致的疼痛,此时可以使用麻醉剂。用于减轻穿刺疼痛的麻醉剂包括:含

有 2.5% 利多卡因和 2.5% 丙胺卡因的局部乳膏,皮内利多卡因注射剂和冷却剂喷雾剂(通过蒸发时快速冷却皮肤降低疼痛)。局部麻醉药膏的麻醉深度取决于接触时间:要达到 3 mm 的麻醉深度,局部麻醉药膏必须在皮肤上保留 60 min,而达到 5 mm 的麻醉深度,乳膏必须在皮肤上保持 120 min<sup>[294]</sup>。其不良反应少见,包括应用部位的红肿、皮疹、白斑。此外,新近荟萃分析显示,冷却剂喷雾剂对于减轻 AVF 穿刺疼痛效果良好,且并发症少、风险低<sup>[295]</sup>。

**(3) 穿刺前检查:**在进行穿刺前,通过物理检查进行功能监测很重要。物理检查包括视诊、触诊和听诊<sup>[294]</sup>。检查可能发现肿胀、感染迹象(红、溢脓)、瘤样扩张、水肿和狭窄<sup>[218, 296-299]</sup>。触诊可了解震颤特点:内瘘局部搏动强度改变提示可能存在狭窄,而触诊搏动表明 AVF 存在下游或远端狭窄。举臂抬高后静脉开始塌陷部位提示血流动力学相关的狭窄;听诊狭窄处可闻及高调杂音。通路狭窄是通路功能障碍的最常见原因。物理检查对于狭窄的诊断在 AVG 中具有 70%~80% 阳性预测值,在 AVF 中具有 93% 的特异性<sup>[228, 300]</sup>。

此外,监测还应包含常规实验室检查,如透析充分性(尿素下降比率或 Kt/V)、通路再循环和其他临床线索如拔针后止血困难等<sup>[301]</sup>。应记录动态变化,必要时行进一步影像学检查,如多普勒超声、DSA 或 MRA 等。

## 2. 穿刺方法选择:

**(1) 穿刺针的选择:**应根据通路流速和所需的血泵速度选择合适的穿刺针型号以便优化 HD 效率<sup>[302]</sup>。

穿刺针的选择对于内瘘初次穿刺尤其重要。有经验穿刺者可以根据视诊和触诊(推测血管内径大小)选择合适大小的穿刺针。如果在外加止血带时穿刺针大于静脉直径,可能会导致穿刺失败,应选择无止血带的条件下等于或小于静脉直径的穿刺针。

穿刺针型号与血流速度的匹配也很重要。对于内瘘的首次穿刺,通常使用最小号针(17G)。如果动脉负压低于 -250 mmHg,且静脉压高于 250 mmHg 时,则应增加针的尺寸(即应使用较小的标准数)。动脉针选择有背孔的穿刺针可使通路血流最大化<sup>[302-303]</sup>。有研究提示塑料套管穿刺针可减少穿刺并发症。

**(2) 首次穿刺:**首次使用 AVF 的患者,穿刺相关并发症尤为常见,部分可能与 AVF 成熟不良相关<sup>[304]</sup>,出现穿刺相关并发症常可能需要置入 CVC 或行单针 HD<sup>[305]</sup>。

DOPPS 研究显示有经验护士(从事 HD 工作超过 3 年)的数量每增加 20%,AVF 的失功率可以降低 11%(RR=0.89, P<0.005),AVG 的失功率可降低 8%(RR=0.92, P<0.001),提示穿刺护士的经验是 AVF 预后的重要影响因素<sup>[30]</sup>。无论选择何种穿刺方式,穿刺者的经验不足均有可能引起穿刺相关并发症<sup>[306-307]</sup>。对透析相关人员进行理论知识和穿刺技能持续教育和培训必不可少。

在 AVG 建立之后,大多数患者会出现明显的组织肿胀导致触诊困难,加之伤口尚未愈合、疼痛明显,因此移植

植入 2 周内不建议穿刺,当肿胀消退可清晰触诊移植体走行时方可进行穿刺。对于即穿型 AVG,移植体至少植入 24 h 或者在局部组织肿胀消退、AVG 可触及时方可穿刺<sup>[308]</sup>。

**(3) 穿刺方法:**AVF 穿刺常见有 3 种方法:绳梯穿刺(循环穿刺点)、区域穿刺和扣眼穿刺。①绳梯穿刺技术:绳梯穿刺技术自 1965 年 Brescia-Cimino AVF 出现以来一直被视为标准穿刺方法<sup>[309-310]</sup>。该技术利用整个穿刺段进行穿刺,每次透析时,避开上一次穿刺点,建立两个新穿刺点,动脉针尖和静脉针尖相距大于 5 cm,且距离吻合口至少 3 cm。这一技术有可能在长段静脉区域造成较为轻微的血管扩张<sup>[311]</sup>。通常动脉针及静脉针均顺血流方向<sup>[89]</sup>。根据对 AVF 的评估,穿刺护士可以选择特定的进针角度。一般来说,AVF 的进针角度是 25°,AVG 为 45°<sup>[34]</sup>。②区域穿刺技术:区域穿刺技术是指在血管通路的同一区域进行重复穿刺,可能导致穿刺部位瘤样扩张、邻近部位继发狭窄<sup>[311]</sup>,并且会使表层皮肤变薄,进而导致拔针后渗血。③扣眼穿刺技术:扣眼穿刺技术由 Zylbut Twardowski 医生于 1972 年首次提出<sup>[312]</sup>。与绳梯穿刺技术相比,扣眼穿刺技术需要透析护士有一定技巧,保证每次在同一点、使用同样的角度穿刺并刺入同样的深度<sup>[313-314]</sup>。通常用锐针穿刺 6~10 次之后会形成一个窦道,后续穿刺使用钝针沿窦道行进即可。理论上钝针可以减少切割及潜在狭窄形成从而减少对 AVF 的损伤,延长 AVF 通畅。为减少窦道畸形的风险,在其建立好之前,应该由同一个护士来完成穿刺。扣眼穿刺的部位应选择在没有动脉瘤的区域,并且针尖之间至少保留 5 cm 的距离。在窦道建立后,这个内瘘可以使用钝针进行穿刺,以防止窦道破坏及假窦道的形成<sup>[315]</sup>。过渡到使用钝针之后,可以更换穿刺护士,之后的穿刺护士需使用钝针,并且必须沿着已有隧道的方向和角度进针<sup>[312, 316]</sup>。

既往观察性研究显示,扣眼穿刺可以降低渗液概率、减少血肿形成<sup>[224, 229, 232]</sup>;降低瘤样扩张发生率<sup>[313, 317]</sup>;缩短止血时间<sup>[318-320]</sup>;减轻穿刺过程中疼痛感、减少止痛剂的使用<sup>[314, 319]</sup>;延长 AVF 的预期寿命<sup>[321-323]</sup>。RCT 研究也提示,扣眼穿刺技术可以降低瘤样扩张发生率<sup>[324]</sup>,减少血肿的形成<sup>[324-325]</sup>,但是在疼痛方面并未显示额外益处<sup>[324-326]</sup>。此外,扣眼穿刺和绳梯穿刺在手术或腔内干预事件方面无显著差异<sup>[325]</sup>。

扣眼穿刺的弊端在于可能增加感染的风险。Macrae 等<sup>[325]</sup>报道,扣眼穿刺 1 年时金黄色葡萄球菌菌血症的发生率显著高于绳梯穿刺(13% 比 0)。这些感染可能为血管通路某一部位的皮肤感染,也可以表现为菌血症、败血症。感染率增加最可能的原因是护士或者自行穿刺的患者消毒时除痂不彻底<sup>[313]</sup>。对相关人员进行清创和去除结痂的再教育培训可以降低感染的发生概率<sup>[326-327]</sup>。正确的穿刺方法应该有大约 2 mm 的针体暴露,这样可以防止扣眼穿刺部位形成大的血痂<sup>[314]</sup>。建议采用触摸穿刺法<sup>[328]</sup>,该方法可以降低对穿刺人员控针的要求,增加穿刺成功率。对于使用扣眼穿刺技术穿刺的患者,应用预防性抗菌药物可能有助于

降低感染率<sup>[326,329]</sup>。

不建议将扣眼穿刺作为常规穿刺应用于所有的 AVF,但在某些特殊情况下可以考虑:如 AVF 穿刺段较短,存在较大或增大的动脉瘤为防止其进一步扩大等。

对于聚四氟乙烯等材料合成的移植物,扣眼穿刺存在单点炎症的潜在风险,其后果往往很严重,因此,不建议 AVF 采用扣眼穿刺。

**(4) 超声辅助穿刺:**近年超声在 AVF 的评估和穿刺中应用逐渐增多,可用于评估 AVF 成熟、识别异常情况、穿刺新建立的 AVF、发掘新的穿刺部位、辅助复杂内瘘穿刺等<sup>[304,330]</sup>。已有研究证实超声引导可以提高疑难 AVF 的穿刺成功率,减少使用该通路行 HD 的等待时间和局部穿刺并发症的发生<sup>[331-332]</sup>。Eves 等<sup>[333]</sup>观察了 32 例穿刺困难的 AVF 患者随机进行的 346 次穿刺(170 次超声引导,176 次标准穿刺),超声引导穿刺显著降低了额外的穿刺次数(72 次比 99 次, $P=0.007$ )和额外的皮肤穿刺次数(10 次比 25 次, $P=0.016$ ),但延长了穿刺时间;两组间疼痛评分和并发症差异无统计学意义。超声可以清晰地显示血管及其走行,从而减少穿刺失误及穿刺损伤,减少对血管壁的损害<sup>[334-335]</sup>。Schoch 等<sup>[336]</sup>发现在实施超声引导穿刺的 2~5 周时间内,不良穿刺事件(外渗、穿刺失误、血管痉挛)从 125 例减少到 7 例。使用超声来确定针尖在内瘘腔内的位置也很重要<sup>[337-338]</sup>。Kumbar 等<sup>[339]</sup>发现超声引导穿刺组的透析机泵速可以设置得更高[(313.2±73.7) ml/min 比 (264.2±60.1) ml/min],而透析机压力不会增加,可能是因为针在血管中处于正确的位置。加拿大穿刺指南<sup>[302]</sup>、中国医院协会血液净化中心分会血管通路专家共识<sup>[107]</sup>、KDOQI 指南<sup>[26]</sup>均建议选择使用超声辅助穿刺。

**3. 拔针后护理:**拔针技术与穿刺技术同样重要,正确的拔针技术可以快速止血,避免内瘘损伤。拔针的角度应该与进针的角度接近。拔针之后,用轻柔的垂直压力压住针眼部位的皮肤及移植血管或自身血管的血管壁,使用两指技术按压止血<sup>[340]</sup>。在完全拔除穿刺针后方可对穿刺点加压,以防止穿刺针损伤瘘体<sup>[293]</sup>。一般情况下,AVF 的止血时间要长于 AVF。在按压时,要能够触诊到通路的震颤<sup>[302]</sup>。

穿刺部位的敷料尽量不要环绕肢体以免压迫通路的血流。患者出院前应该仔细评估和记录内瘘的杂音和震颤。

穿刺部位如果出血,通常可以通过局部加压解决,极个别情况需要进行皮肤缝合。通常应直接对出血部位施加压力,必要时可加压流入道减轻通路压力,同时注意不要压迫出血部位远端的流出道血管,因为可能导致 AVF 压力增高加重出血。穿刺失败可能导致严重的血肿,少数情况下需要放置 CVC,并推迟内瘘进一步穿刺直至血肿消散,这一过程有可能持续较长时间<sup>[26]</sup>。对于凝血时间正常的患者,穿刺困难或拔针后止血困难,可能是静脉流出道狭窄的征象。如果患者止血时间延长,应当重新评估患者抗凝方案,回顾动态静脉压的数据,并且通过通路流量的监测等排除是否

存在狭窄。

**4. 穿刺并发症:**尽管 AVF 穿刺<sup>[26]</sup>是 HD 的一个重要组成部分,但目前支持临床实践的证据有限。我国不同地区穿刺护士的理论知识、操作技能和临床实践能力存在较大差异,缺乏标准化操作。而由于穿刺方法不当或其他原因,AVF 在穿刺过程中可能出现皮下血肿、渗血、感染、血栓、动脉瘤等并发症。为减少穿刺并发症的发生,延长 AVF 的使用寿命,提高 HD 质量,需加强 AVF 穿刺相关培训,包括血管解剖学理论知识、穿刺技巧、超声引导技巧等。

**(1) 渗漏:**穿刺过程中,穿刺针可能穿透侧壁或后壁发生渗漏,若出现轻度渗漏,冰敷至少 10 min,同时避免血泵速度过大;如果渗漏程度中等,应予拔针,并手压渗漏部位(具体方法参见“拔针后护理”)。如果严重,除上述措施外,还需评估当天是否需要透析,如果需要透析,可选择渗漏部位的近端穿刺;若近端无法穿刺则手压和冰敷 30 min 之后,再尝试穿刺渗漏损伤区域。对于出现血肿患者,应密切评估血肿部位、AVF 和整个肢体,包括测量肿胀、评估 AVF(血肿的近端和远端)血流情况以及整个肢体的血运情况<sup>[341]</sup>。大的血肿提示可能存在静脉流出道狭窄,需及早进行评估并予处理,此外透析过程中需遵医嘱调整肝素用量,以减少穿刺点周围渗血。

**(2) 血栓:**内瘘血栓形成表现为瘘管处无杂音及震颤、静脉流出道塌陷或瘘管通路处触及血栓,可伴有疼痛。临床上应避免过早使用内瘘,穿刺时规范操作,一旦出现穿刺失败,注意压迫时间及力度,密切观察内瘘情况。对高凝患者应适当给予抗凝治疗,一旦发现血栓或明显狭窄,应及早处理。

**(3) 疼痛:**见“穿刺前护理”的“麻醉”段。

**(4) 动脉瘤、假性动脉瘤:**目前普遍使用的内瘘穿刺针为带翼金属针,反复穿刺会导致瘘管静脉扩张<sup>[341]</sup>;穿刺方式不当(如定点穿刺、区域穿刺)可致动脉瘤或假性动脉瘤。新 AVF 穿刺、穿刺技术不良可能损伤血管壁。若止血不充分,反复形成血肿,最终可能逐渐扩大并膨出形成假性动脉瘤。因此穿刺必须待内瘘成熟后进行,并合理选择穿刺方法。此外,前臂 AVF 如在肘部进行穿刺时,极易误伤肱动脉导致假性动脉瘤,非必要不选择该部位,必须穿刺时建议有经验人员超声引导下进行穿刺。

**(5) 穿刺部位感染:**如前所述,与绳梯穿刺技术相比,扣眼穿刺技术可能增加局部和全身感染的风险。扣眼穿刺多以金黄色葡萄球菌感染为主<sup>[320]</sup>,可能出现心内膜炎、椎间盘炎、脓毒性关节炎、脓毒性栓子和死亡等并发症。应严格把握扣眼穿刺应用适应症<sup>[342]</sup>;教育患者注意个人卫生;护士在穿刺时严格无菌操作。

### (三) HD 导管的使用和随访

#### 1. 导管的使用要点:

##### 推荐意见

93. 制定和遵循 HD 导管出口及接头护理流程,以减少 CRBSI 及导管功能丧失。(1B)

94. 除手卫生外, HD 导管使用流程中连接和断开时使用无菌技术, 医师和患者均佩戴口罩。(2C)

95. 连接和断开 HD 导管操作时, 使用含氯己定或聚维酮碘消毒液清洁导管接头。(1B)

96. 更换 HD 导管敷料时, 使用含氯己定或聚维酮碘消毒液清洁导管出口周围皮肤。(1B)

97. 是否使用特殊的导管外接头, 应基于临床医师的经验判断及患者的具体情况。(2D)

98. 可以考虑在感染高危的患者或 HD 中心使用抗菌剂导管帽来帮助减少 CRBSI。(2C)

使用 CVC 时, 良好的感染控制措施对于预防感染至关重要<sup>[343]</sup>。透析期导管使用时注意无菌原则, 医护人员接触导管前勤洗手、戴口罩、使用无菌布巾、仔细消毒导管的密封帽和接头、戴手套操作。每次透析时仔细对导管本身、接头处、导管出口处及附近区域进行物理检查, 排除潜在的导管相关并发症, 如感染、出血、移位等。导管接头、螺纹在上机和下机时应严格消毒, 尽量减少开放状态的导管长时间暴露于空气中, 导管动静脉接头部位采用碘伏、安尔碘或其他消毒剂消毒。保持出口部位清洁和定期更换导管敷料对于减少出口部位感染很重要。每次治疗后应更换新的无菌肝素帽, 每次使用导管后更换敷料。非透析期导管注意保持敷料干燥, 定期查看导管体外段的长度有无变化, 涤纶套距离出口处有无缩短, 避免导管体外段受牵拉。

导管使用时遵循相应的导管接头及出口的护理规范, 有助于降低 CRBSI。导管打开后应立即按“导管接口擦拭”<sup>[344]</sup>规范流程进行消毒, 能显著减少血流相关感染的发生率<sup>[345]</sup>。建议使用浓度大于 0.5% 的含乙醇氯己定、70% 乙醇或 10% 的聚维酮碘进行导管消毒, 消毒后应让溶液干燥完全以发挥最大作用。消毒垫片可以与导管不规则表面贴合更佳, 因此其效果优于拭子。应特别注意导管接头及其连接臂, 取下盖子后从导管接头处开始“擦拭”, 由开放的接头螺纹端朝患者的方向移动, 确保清洁螺纹上的任何残留碎屑或血液。两端导管接头遵循同样的消毒流程, 如果操作过程出现污染, 须重新消毒。导管消毒完成后再进行抽吸及注射操作, 并连接透析血路管开始透析治疗。透析结束后导管与血路管分离后, 重复上述消毒流程, 并用无菌操作进行封管液封管。封管后夹闭导管夹, 盖好导管帽, 患者才能离开 HD 室。如果 HD 中心导管相关感染, 如血流感染比例异常高, 医护团队应认真审查透析中心的管理政策和上述操作在内的临床具体流程, 并据此做更改和调整。有研究表明, 一些新型导管帽, 如含有氯己定的导管帽, 能进一步降低血流相关感染的发生率<sup>[346-347]</sup>。

TCC 出口处推荐使用氯己定(含乙醇)消毒, 不能耐受者则可以使用聚维酮碘或 70% 乙醇。导管出口处消毒也可以酌情使用聚维酮碘或抗生素软膏如枯草菌素、短杆菌素、多黏菌素 B、莫匹罗星软膏, 功效类似。虽然已有研究显示, 抗生素软膏可以减少导管感染<sup>[348]</sup>, 但其预防血流感染

或导管皮肤出口相关感染的有效性仍不充分。使用抗生素软膏需要注意的是, 潜在耐药菌产生的可能及单种抗生素可能无法覆盖全部潜在病原菌谱, 而采用氯己定敷料或许能作为抗生素药膏的替代选择。使用消毒剂或者抗生素软膏时需要了解导管材质, 不同导管材质对某类化学成分的耐受性不同。硅胶材料的导管可以使用含乙醇的消毒剂, 但含聚氨酯材料的导管可能会与含乙醇消毒剂、含有乙醇或乙二醇基质的软膏发生反应, 从而使导管变软和被腐蚀, 导致导管容易破裂而发生导管漏血并发症。含聚氨酯材料的导管可考虑葡萄糖酸氯己定或其他氯己定敷贴替换软膏以避免导管损伤。

目前国内外一些透析中心开始使用一种特殊设计的导管外接头, 接上导管接头后形成一种封闭系统, 在透析时保留在原位不需要卸下, 只需每周更改一次。该外接头理论上具有限制与环境微生物接触、减少生物膜形成以及其继发 TCC 功能不良和感染的优势。一项小型 RCT( $n=66$ ) 研究发现, TCC 封闭系统外接头与 46.7% 枸橼酸钠封管液相比, 效果类似<sup>[344]</sup>。另一种新型的中心静脉抗菌剂导管帽, 帽内短杆上覆盖有葡萄糖酸氯己定涂层, 盖上导管帽后该短杆延伸到导管内, 释放的葡萄糖酸氯己定能杀灭绝大部分导管腔内出现的常见病原菌, 也能减少导管腔内的细菌定植。同时氯己定作为非抗生素类的消毒剂, 发生细菌耐药的风险较低。研究发现该抗菌剂导管帽具有更低的血流感染且未见明显不良反应。

## 2. 封管技术和抗凝:

### 推荐意见

99. 基于临床医师的经验和判断, 选择使用肝素或者枸橼酸钠溶液作为 HD 导管的常规封管液。(1B)

100. 低浓度枸橼酸钠 (<5%) 封管液有助于预防 CRBSI 及导管功能不良。(2B)

101. 条件允许的情况下, 重组组织纤溶酶原激活剂 (recombinant tissue plasminogen activator, rt-PA) 可作为封管液每周一次预防性使用, 有助于减少导管功能不良事件。(2B)

102. 基于对导管功能不良及感染预防的影响, 尚无法对以下导管封管液的使用做建议: 低分子肝素与普通肝素、枸橼酸钠与肝素(加或不加庆大霉素)。(未分级)

103. 不推荐常规预防性使用全身性抗凝剂(如华法林)用于维持或提高 HD 导管通畅性, 目前尚无充分证据支持该流程有益, 但可能增加出血等风险。(2B)

导管内血栓形成是导管丧失功能的主要原因<sup>[349]</sup>, 监测及预防是处理导管血栓形成的关键。目前, 普通肝素溶液(常见浓度 1 000 ~ 5 000 U/ml)是预防导管血栓形成的标准封管液。有研究显示, 每周 3 次封管时其中一次用 rt-PA 代替肝素封管, 可以显著降低导管故障和菌血症的发生率<sup>[350]</sup>。不同浓度(4% ~ 30%)的枸橼酸溶液可以替代肝素成为良好的封管液<sup>[351-352]</sup>, 4% 枸橼酸盐封管效果与肝素相

当,但更便宜。现有研究关于低分子肝素亭扎肝素与普通肝素、牛磺罗定或枸橼酸钠与肝素(加或不加庆大霉素)、密闭系统外接头与 46.7% 浓度枸橼酸钠封管液之间的比较结果显示,预防导管内血栓形成的效果差异均无统计学意义<sup>[345,353-355]</sup>。口服固定低剂量(1 mg)华法林并没有提高 TCC 的使用寿命<sup>[356]</sup>。联合使用抗生素加抗凝剂封管可以降低导管感染率<sup>[357-359]</sup>,预防及治疗导管感染的含抗生素封管液见表 3。

#### (四)HD 通路的检查及监测

血管通路的通畅及功能良好是透析患者最优化管理的核心,通路闭塞及功能不良可显著增加透析患者的并发症及病死率<sup>[360]</sup>。永久性或长期 HD 通路尤其是 AVG,血栓形成是通路闭塞及医疗花费增加的主要原因<sup>[361-362]</sup>。HD 通路相关并发症占 HD 患者住院原因的 15%~20%<sup>[360,363-364]</sup>。对 HD 通路进行检查及监测基于的预设是,血管通路的功能不良和闭塞是一个逐渐发展的过程,及时发现并纠正,透析不充分及血栓事件可以减少或者避免。常用的血管通路检查及监测手段有物理检查、血流量、动态或静态压力、再循环测量等。

##### 1. 物理检查:

###### 推荐意见

104. 推荐由经验丰富的临床医护人员定期对血管通路进行物理检查,以及时发现血管通路功能障碍。(1A)

105. 规律透析过程中的监测如血流量、压力、透析充分性等有助于及时发现血管通路潜在病变。(1B)

106. 监测发现血管通路异常临床指征如狭窄等时,应及时行影像学评估以明确病变,具体技术基于医护人员的临床经验判断及客观条件。(1B)

107. 基于操作人员临床经验,合理使用最小剂量的含碘造影剂或非含碘造影剂(如二氧化碳)以获得最佳的图像,或酌情选择其他合适的影像学技术进行血管通路评估。(2C)

物理检查是一种经济有效且经验证的血管通路异常检查方法。物理检查前首先要仔细询问病史,既往血管手术史(如冠心病经桡动脉入路介入史)、经外周静脉穿刺 CVC 或 NCC 等置管史、有线起搏器置入史、同侧胸部手术史。物理检查时部分患者已出现了血管通路异常症状表现如经常性凝血(定义为每月发作一次以上)、穿刺困难(通常是狭窄

引起)、止血困难(发生在拔针后 20 min 以内,常常是由于通路内压力过高所致)和透析不充分的征象(尿素氮下降率和 Kt/V 降低),这些常是通路功能异常的后期表现。物理检查可以及时发现通路的异常,其主要包括视诊、触诊和听诊,见表 4。

AVF 的物理检查。视诊包括内瘘区域皮肤是否完整,穿刺点有无渗血或长时间无法愈合的伤口,瘘体静脉扩张程度(一些患者需要适当压迫近心段后使瘘体静脉扩张)、走行、有无局部缩窄、有无真性或假性动脉瘤、有无丰富的侧支静脉,指端有无发绀、缺血或萎缩表现,内瘘侧手臂有无肿胀,颈部、胸部有无水肿、皮下静脉曲张,举臂抬高试验是否阳性。触诊包括供血动脉质地、走行、弹性和搏动的评估,内瘘血管质地、弹性、形态、走行、侧支的评估,穿刺点有无血肿、硬结,通路震颤和搏动性的评估,搏动增强试验是否阳性。听诊中,良好的 AVF 呈收缩期及舒张期连续的吹风样杂音,杂音的振幅和音调从动脉吻合口到静脉流出道,直到进入中心静脉应该是递减的。异常杂音呈异常高调音,或杂音突然减弱或增强,舒张期杂音明显减弱或消失,严重狭窄处呈收缩期高调短促音甚至消失(提示闭塞性病变)。物理检查结果异常往往提示存在 AVF 并发症,需要进一步评估及干预处理。

AVG 的物理检查。视诊包括 AVG 区域皮肤是否完整,穿刺点有无渗血或长时间无法愈合的伤口,AVG 走行、有无局部缩窄、有无假性动脉瘤、有无回流静脉明显的侧支静脉,指端有无发绀、缺血或萎缩表现,内瘘侧手臂有无肿胀,颈部、胸部有无水肿、皮下静脉曲张。触诊包括了 AVG 质地、走行、搏动的评估,穿刺点有无血肿、硬结,通路震颤和搏动性的评估。AVG 动静脉端的判断常用指腹压迫法,在移植物的中段通过简单的压迫动作检测血流方向,指腹感受到搏动一侧提示为动脉侧,非搏动一侧提示为静脉侧,从而避免反向插针增加再循环风险。听诊中,动脉至静脉吻合口可闻及收缩期及舒张期连续的吹风样杂音,正常情况下血管杂音的振幅和音调从动脉吻合口到静脉吻合口,直到进入中心静脉应该是递减的。异常杂音呈异常高调音,或杂音突然减弱或增强,舒张期杂音明显减弱或消失,严重狭窄处呈收缩期高调短促音甚至消失(提示闭塞性病变)。物理检查结果异常往往提示存在 AVG 并发症,需要进一步评估及干预处理。

Poorman 测试是一种简单易行用以判断通路潜在低流量原因的物理检查,也可以提示血管通路可能存在再循环。

表 3 常用抗生素封管液

抗生素名称	抗生素浓度	抗生素用量	肝素浓度	肝素用量	生理盐水
万古霉素	5 mg/ml	1 ml	1 000 IU/ml	1.0 ml	0
头孢他啶	10 mg/ml	1 ml	1 000 IU/ml	1.0 ml	0
头孢唑林	10 mg/ml	1 ml	1 000 IU/ml	1.0 ml	0
庆大霉素	4 mg/ml	0.5 ml	1 000 IU/ml	0.5 ml	1 ml
万古霉素/头孢他啶	万古霉素 5 mg/ml, 头孢他啶 10 mg/ml	万古霉素 1 ml, 头孢他啶 0.5 ml	1 000 IU/ml	0.5 ml	0

表 4 物理检查异常与对应的动静脉内瘘(AVF)功能不良或闭塞

物理检查	正常	流出道狭窄	流入道狭窄	中心静脉狭窄
<b>视诊</b>				
外观形态	肢体对称,内瘘静脉增粗适中	狭窄前内瘘静脉可异常增粗或瘤样变,可伴侧支形成,狭窄后静脉局部或长段凹陷	新建内瘘静脉成熟不良,或已扩张内瘘静脉血管塌陷	患侧肢体肿胀,颜面、颈部、胸壁、肢体浅表静脉曲张
穿刺点渗血	常规压迫后止血	出血时间延长	容易止血	严重时出血时间延长
举臂试验	阴性	阳性	阴性	严重时阳性
<b>触诊</b>				
静脉质地	弹性良好	表面张力增高	疲软易塌陷	表面张力可能增高
震颤	持续、双相、猫喘样	狭窄处增强、严重时仅收缩期单相、不连续,甚至消失	减弱、严重时仅收缩期单相、不连续,甚至消失	合并高流量 AVF 时内瘘静脉震颤增强,严重狭窄时震颤减弱
搏动	随心跳周期轻度起伏	内瘘静脉搏动增强	内瘘静脉搏动减弱	严重狭窄时内瘘静脉搏动增强
搏动增强试验	搏动增强	搏动增强	无搏动增强,或搏动增强不明显	搏动增强
<b>听诊</b>				
杂音	持续、双相、吹风样,响亮	狭窄处高调音,严重时呈收缩期单相、不连续杂音,闭塞时杂音消失	内瘘静脉杂音减弱、狭窄处高调音,严重时呈收缩期单相、不连续杂音,闭塞时杂音消失	合并高流量 AVF 时内瘘静脉杂音明显响亮,严重狭窄时内瘘静脉杂音减弱

对尚能够转运足够流量的通路,在血泵运转时对两个穿刺针之间部位加压,正常的情况下泵前负压和静脉壶正压通常稍微变化或没有任何变化。但如果透析时轻轻压迫移植血管两个穿刺针间区域,便导致静脉壶压力明显升高,说明在静脉段出口出现狭窄,并可出现明显再循环。阻断后出现泵前动脉负压升高时,常提示动脉针前动脉段出现狭窄,同时动脉的流入量往往充足。需要指出的是, Poorman 测试在 AVG 中的阳性率比在 AVF 中要低。

经验丰富的临床医护人员对血管通路进行物理检查,对发现血管通路的病变具有很高的敏感性和特异性。物理检查具有便于施行、易于培训、性价比高、对设备和时间的依赖少等优点,在 AVF 和 AVG 中对血管通路狭窄均具有良好的检测能力。当患者出现其他临床指征(见表 5)时,物理检查的阳性发现可以提示医护人员采取进一步的影像学检查和干预。此时针对狭窄的血管成形术或开放手术可能可以显著提高血管通路的通畅率<sup>[365]</sup>。当物理检查无异常也无其他临床指征时,目前的文献显示,单纯根据影像学检查发现狭窄,预防性地实施血管成形术或外科手术干预,并不影响血管通路自体 AVF<sup>[366]</sup>或 AVG<sup>[367-372]</sup>的通畅率预后。

**HD 导管的物理检查。**每个透析日,需要仔细视诊导管敷料是否干燥、导管体外段是否干净、导管夹是否夹闭严密、导管内有无明显血块、接头及体部有无异常渗液、破损点,注意体外段及隧道走行有无异常屈曲或打折,导管出口处有无红肿热或异常分泌物表现,导管体外段的长度和/或涤纶套距离出口的距离有无突然变化,导管皮肤出口有无红肿及异常分泌物表现等。触诊注意患者导管出口及隧道全程有无皮温升高、有无局部的压痛,挤压出口附近有无异常液体溢出。

表 5 自体动静脉内瘘或移植动静脉内瘘狭窄的相关体征和症状

临床流程	体征和症状
物理检查	同侧肢体水肿; 脉搏改变(微弱或有阻力); 异常震颤(弱和/或不连续),在狭窄区域仅剩下收缩期震颤; 异常杂音(高调伴有收缩期减弱和/或不连续); 举臂抬高试验阳性(流出道狭窄)及搏动增强试验阴性(流入道狭窄); 手臂抬高时静脉段过度塌陷
透析表现	新发的穿刺困难; 抽吸到血凝块; 无法达到目标透析血流量; 连续 3 次透析出现穿刺部位出血时间延长; 在不延长透析时间、透析处方不变的情况下,透析剂量(Kt/V)出现不明原因减少(>0.2)

**2. 透析过程中监测(血流量、再循环、压力):**每次透析时都应检查血管通路的功能参数,警惕血管通路功能不良并发症表现。功能良好的血管通路,透析过程中泵控血流速可维持于 200 ~ 400 ml/min,泵前动脉压和静脉压应当分别维持于约 -100 mmHg 和 +100 mmHg。同时患者应具有好的透析充分性,尿素氮下降率 65% 以上(或 Kt/V ≥ 1.2)。血管通路动静脉穿刺针或者透析导管动静脉两端均需保持抽吸和回血的顺畅,同时要监测透析时动静脉引血、回血有无气泡进入,使用导管透析要及时发现导管器械性并发

症的发生。

同时对血管通路进行透析中监测,尤其当出现临床异常指征时,应及时发现狭窄病变并及时干预,可减少通路栓塞的发生和延长通路使用寿命。透析中监测除了评估临床指征及物理检查外,还包括通路内流量监测、通路再循环、静态压力监测、动态压力监测、影像学评估等。研究发现,在无临床指征(表5)、单纯透析监测异常时对自体AVF和AVG进行预防性干预,并未获得血管通路预后获益<sup>[369]</sup>。但在出现临床指征的基础上,透析过程中的监测如通路流量(access blood flow, Qa)检测可以进一步提高自体AVF<sup>[373]</sup>和AVG<sup>[367]</sup>狭窄的检出率和干预率。

**(1) 血管通路流量的监测:**自Lindstedt在1969年发展了指示剂稀释法开始,此后陆续发展许多方法用于通路内流量测定,目前临床常用的血管通路流量的监测方法有多普勒彩色超声、MRA、可变血流多普勒超声、超声稀释法(ultrasound dilution)、Crit-line III监测仪、直接经皮Crit-line III监测仪、糖泵灌注技术(glucose pump infusion technique)、尿素稀释法(urea dilution)、电导度稀释法和在线透析度。超声稀释法是目前临床数据最多、重复性和精确性较高的一种通路功能监测方法。Transonic公司依据此原理生产了HD 01、02型HD监测仪。由于超声稀释法操作简便,以生理盐水作为指示剂患者易于接受,可在透析期间测定Qa、通路再循环(access recirculation)、心输出量(cardiac output, CO),在国内外的透析中心得到广泛的应用和临床验证。其基本原理是超声在血液中的传播速度取决于血液中蛋白浓度,生理盐水注入将会稀释血液中蛋白浓度,降低超声速度,通过连接在透析管路上的超声传感器检测其速度变化,最后通过相应公式计算Qa、通路再循环、CO等数值。

Krivitski<sup>[374]</sup>于1995年发展的反接透析管路的超声稀释法是目前被广泛认可的、重复性最好的一种方法,其主要基于指示剂稀释原理,可通过公式计算通路内流量(Q)。

$$Q=V/S(\text{公式1})$$

公式(1)中V是指示剂注射的数量,S是通过指示剂在血流通路中的传感器观察到的时间-浓度曲线下的面积。

为了将稀释法用于HD过程中的通路内流量测定,连接到注射剂的导管必须反接以便指示剂在静脉出口的上游区域产生一个较好的混合(mix)区。

三股血流沿着血管通路流动:Qa为进入血管通路的实际血流量,Qmix为注射针之间的血管通路中的血流量,它是通路流量Qa和透析器静脉导管血流量Qb之和。

$$Q_{\text{mix}}=Q_a+Q_b(\text{公式2})$$

Q\*a为离开动脉入口上游的血管通路的血流量,如没有超滤存在,则等于Qa, Qb=Q\*b(Q\*b为动脉导管的血流量)

注入静脉导管的指示剂的量Vven将会与加和后的血流Qmix混合,Smix曲线可由动脉导管端的传感器记录,从公式1可知:

$$Q_{\text{mix}}=V_{\text{ven}}/S_{\text{mix}}(\text{公式3})$$

由公式2及公式3得出通路流量为:

$$Q_a=V_{\text{ven}}/S_{\text{mix}}-Q_b(\text{公式4})$$

为了避免校准注射,将与动脉导管侧匹配的传感器安装在静脉导管上,记录Sven,计算Qb:

$$Q_b=V_{\text{ven}}/S_{\text{ven}}(\text{公式5})$$

由公式4和公式5得到:

$$Q_a=Q_b(S_{\text{ven}}/S_{\text{mix}}-1)(\text{公式6})$$

在公式6中稀释面积Sven/Smix仍然以比值形式出现,记录到的信号变化也仅与浓度变化成比例,而不需测定绝对浓度,提高了精确度。

**(2) 通路再循环的监测:**透析时,部分已经净化的血液未经全身循环而经动脉端再次进入体外循环,称再循环。它主要包括两部分:一为通路再循环,静脉端已经净化的血液沿血管通路逆流至动脉端,再次进入体外循环;二为心肺再循环,部分净化的血液经心肺系统循环后未经全身平衡再次进入体外循环。再循环的发生与通路流量不足,动静脉穿刺针位置不良、静脉回流不畅等因素相关,可反映通路功能不良。

再循环的测定方法主要分尿素模式和非尿素模式。尿素模式分传统的三针法和双针法。非尿素模式方法应用了指示剂稀释原理,主要包括超声稀释法、温度稀释法(blood temperature monitor)、糖注射试验(glucose infusion test)、血细胞比容法、血红蛋白稀释法等。传统的尿素模式指三针法,由于存在心肺再循环、容室不平衡、尿素反跳、尿素氮本身生化检测差异大等问题,重复性及精确性不高。Kapooian等<sup>[375]</sup>提出了改良的双针法,又称S/SF法(slow-stop flow recirculation technique)。由于尿素模式操作复杂,重复性不佳,且难以去除心肺再循环对结果的影响,超声稀释法利用双探头和时差技术克服了尿素模式的缺点,重复性和准确性得以提高,下面简单介绍其测定原理:

用生理盐水作为指示剂,将固定体积的生理盐水注入静脉管路。假如存在通路再循环,生理盐水将会经通路进入动脉针,改变动脉针处超声探头的速率,其再循环百分数计算公式为:R=(AUC·K)/(Qb/Vinj)。其中R为再循环百分数,AUC为测得的电压时间曲线下的面积,Qb为透析器泵流量,Vinj为注射的生理盐水体积,K为常数。

**(3) 通路内静脉压测定:**应用通路内压力(pressure of intra-access, PIA),而不是静脉壶的压力来筛查血管通路有无异常,则压力测量法的灵敏度和特异性将得到提高。PIA的测量去除了流量和穿刺针头被部分阻塞的影响。由于系统血压对PIA的影响,使用PIA与系统血压的比值,会使PIA测量的应用更加精确。作为AVG狭窄的筛查、检测形式,PIA/MAP的测量优于静脉压,更有利于证实AVG内压力的升高与静脉流出道存在狭窄相关。

当没有血流经过时,外部传感器和输液壶传感器两者的压力差等于患者内瘘管与静脉传感器间的高度差(ΔH)。检测标准化PIA比(EQPIA/MAP)应是在血泵关闭时测量的

静脉壶压力和  $\Delta H$  来决定的等容通路内压力 (equivalent pressure of intra-access, EQPIA)。血泵停止后,夹住静脉壶上游,30~40 s 后,静脉壶的压力稳定下来,并可以读取。如果传感器相当标准的话,这一“静”压能够正确地反映 PIA。测量  $\Delta H$  后,可以计算偏移的压力  $\Delta PH$ 。 $\Delta PH$  可以用来进行连续的 PIA [EQPIA=静脉壶压力 (pressure of drip chamber, PDC)+ $\Delta PH$ ] 测量。对静脉输出道管腔已狭窄 50% 的动静脉移植血管, EQPIA/MAP 比值超过 0.5 对诊断有相当的特异性。移植血管内瘘的动脉端及静脉端和自体血管内瘘的动脉端及静脉端 EQPIA/MAP 正常值分别是 0.35~0.74, 0.15~0.49; 和 0.13~0.41, 0.08~0.34; 超过上述数值为异常。通常在通路建立 1 个月之内测量 PIA, 以便确定基线值, 为以后判断狭窄提供参照。曾经对部分患者调查发现, 静脉壶压力测定比较困难, 而且患者必须有一根直行的血管, 动静脉针头必须在同一根血管中穿刺, 自体内瘘的临床实用性不如聚四氟乙烯移植血管。

动态动脉压和静脉压测定对诊断内瘘狭窄也有很好的敏感性和特异性, 应于透析后 2~5 min 开始观察, 血流量为 200 ml/min, 使用固定的穿刺针。压力超出正常 3 次为有意义。这在临床比较容易观察, 动脉端狭窄经常出现血流量不足, 动脉压低报警, 静脉端狭窄则回流阻力增大, 静脉压增高, 目前的 HD 机器都有动静脉压力监测, 应该有基础值可参照, 而且需注意排除透析器管路凝血或压迫的假象。

**3. 透析间期监测(超声、血管造影):**多普勒彩色超声是目前临床上比较常用的检测 AVF 或 AVG 流量的手段, 具有价格便宜、操作相对简易、普及性佳的优点。同时, 多普勒彩色超声直接测量的结果与超声稀释法测得的结果具有良好的 consistency, 并被一些国家的指南所推荐<sup>[235, 376-378]</sup>。在一项横断面研究中, 33 例 MHD 患者 (84.8% 使用 AVF) 使用多普勒彩色超声检测的血流量值与超声稀释法检测获得的结果高度相关 (组内相关系数=0.74,  $P<0.001$ )<sup>[376]</sup>。值得注意的是, 多普勒彩色超声测量时使用不同的机器有不同的流量速率计算方法, 因此不同机器有不同的误差, 可能过高或过低估算流量, 导致结果存在差异。使用多普勒彩色超声测量流量也依赖于对流速和管径的精确测定, 当通路中出现湍流时则难以得出正确结果。目前在肱动脉上测量血流量已获得大家认可, 因为肱动脉管体平滑, 血流相对平稳, 出现湍流较少。正常情况下肱动脉只有 60~80 ml/min 营养性血流流入血管通路, 所以其血流量与血管通路流量有良好的相关性。鉴于多普勒彩色超声直接检测血流量与超声稀释法具有相近的准确度, 同时可以评估血管通路的形态学异常如狭窄程度、内膜厚度、钙化程度、瓣膜情况、侧支代偿情况和动脉瘤特性等作用, 并且具有操作便捷、卫生经济的优势, 临床工作中多普勒彩色超声常作为透析间期血管通路评估的手段。

DSA 是评估通路腔以及通路静脉系统解剖的金标准技术。考虑到 DSA 为有创性检查, 不推荐用于常规监测, 建议对有临床指征高度怀疑血管通路存在需要处理的病变进行

DSA 检查, 造影术中发现狭窄性病变时应立即行 PTA 加以纠正。

CTA 对血管通路具有观察全面的优势, 尤其适用于评估 CVS 等超声检查不易覆盖到的范围、复杂性血管通路病变需要整体评估的情况。应用静脉 CTA, 能够对流入动脉和远端静脉引流进行较好的显影。CTA 临床应用的局限在于其需要使用的含碘对比剂具有潜在肾毒性, 对于仍具有一定残余肾功能的 ESKD 患者 (无论是否透析), 应谨慎使用<sup>[379]</sup>。二氧化碳可作为肾毒性对比剂的一种替代品, 适用于对常规造影剂过敏的患者, 也不需要增加透析来清除对比剂。但二氧化碳对比剂的缺点在于其成像质量与其他对比剂相比仍有差距; 同时, 对于存在明显房间隔、室间隔未闭的患者或使用上肢动脉注射二氧化碳造影的患者, 应谨慎操作以避免气体进入脑动脉循环引起神经系统不良事件<sup>[380]</sup>。血管内超声可详细评估血管通路病变情况, 在精准判断局部病变位置、内膜增生程度、血管壁厚度及钙化程度等方面具有显著优势。受限于该技术目前价格昂贵, 且为有创性检查, 不推荐常规用于血管通路的影像学监测。对于造影剂过敏及一些复杂疑难的血管通路患者, 血管内超声是血管成像的良好选择<sup>[381]</sup>。MRA 具有与 CTA 类似的优点, 目前文献报道的使用经验较少, 同时由于钆对比剂有肾源性纤维化的风险, 其使用仍然存在相对禁忌, 可作为必要时 CTA 的替代检查技术<sup>[40, 379]</sup>。

HD 通路的检查、监测及处理步骤见图 1。

### (五) PD 导管的使用

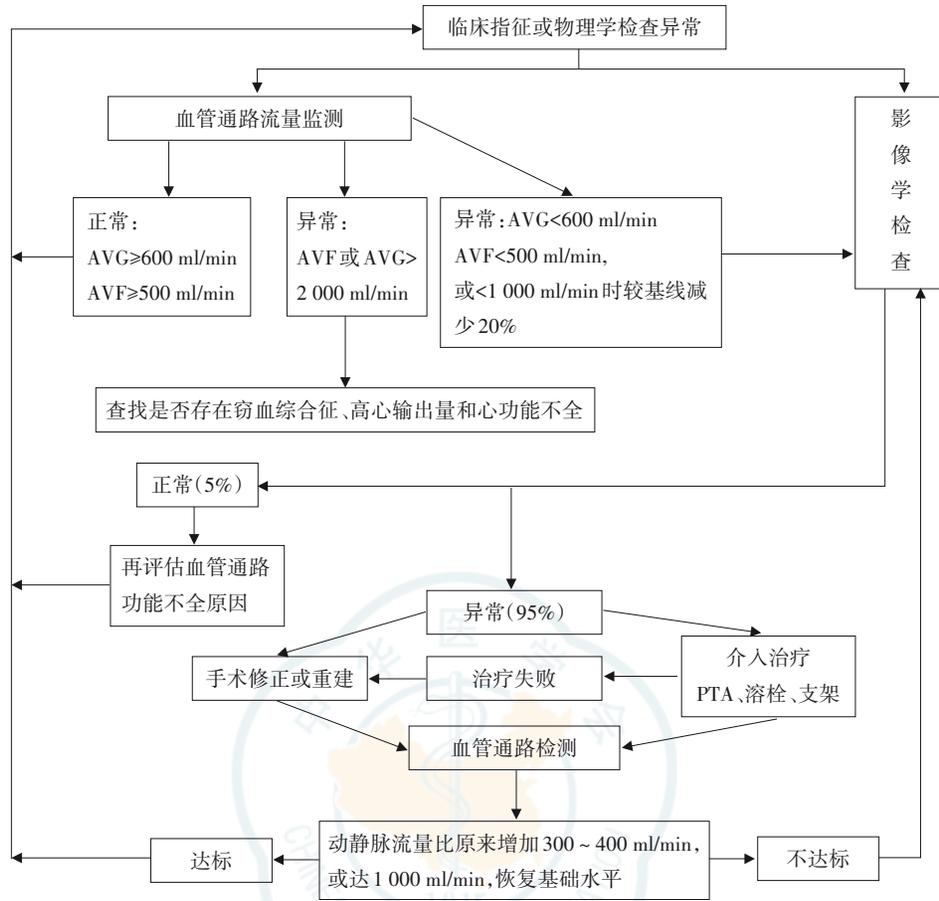
#### 推荐意见

108. 建议尽可能在 PD 置管后 2 周开始透析, 如在此期间需要紧急透析治疗, 可采取卧位、低容量 (<1 500 ml) 间歇性透析。(1D)

109. 对慢性肾衰竭患者可采用基于手工操作的持续性非卧床 PD 和基于机器操作的自动 PD。(2D)

理想的起始透析方式是计划起始透析。有研究表明, 紧急 PD 的导管并发症 (如 PD 透析液渗漏、疝气、胸腹瘘等) 发生率相对于计划起始 PD 可能会更高, 导管技术生存率可能会更低<sup>[382-383]</sup>。为提高导管的长期寿命, 建议尽可能在置管后 2 周开始全剂量 PD。然而临床上紧急 PD 仍然较为普遍, 如需要紧急透析治疗, 可采取卧位、低容量 (<1 500 ml) 间歇性透析, 尽可能减少导管并发症的发生。

对慢性肾衰竭患者可采用基于手工操作的持续性非卧床 PD 和基于机器操作的自动 PD。常规持续性非卧床 PD 每天交换透析液 3~5 次, 每次使用透析液 1.5~2.0 L, 透析液白天在腹腔内留置 4~6 h, 夜间留置 8~12 h。除更换透析液时间外, 其他时间患者可自由活动或从事日常工作。自动 PD 包括持续循环 PD、夜间间歇性 PD 和潮式 PD 等。根据患者的腹膜转运特性、尿素  $K_t/V$  及肌酐清除率、营养状态、残余肾功能和患者实际需求等可选择不同的 PD 模式。



注:AVG:移植动静脉内瘘;AVF:自体动静脉内瘘;PTA:经皮腔内血管成形术

图1 血液透析通路的检查、监测及处理步骤

## 六、透析通路远期并发症及治疗

### (一)AVF 远期并发症及治疗

#### 1. 狭窄:

##### 推荐意见

110. 狭窄是 AVF 最常见的并发症,也常常是急性血栓形成、CTO 等并发症的基础。(1A)

111. 应对参与 HD 患者诊疗的医务工作者(包括学员)进行 AVF 物理检查培训,以监测和发现血流异常的 AVF 狭窄。(1B)

112. 每次透析前应由有经验的医务工作者对 AVF 进行物理检查,以早期发现血流异常的 AVF 狭窄。(1B)

113. 临床物理监测时,如果怀疑 AVF 存在有临床意义的病变(如狭窄)时,应及时行进一步评估,包括整个透析通路的影像检查。(1B)

114. 对于有残余肾功能者,使用对比剂前应仔细评估获益与风险。(2B)

115. 对于有临床表现的 AVF 狭窄患者,应进行血管成形术以降低血栓形成和内瘘丧失的风险。(1B)

116. 对于需要干预的 AVF 狭窄,球囊扩张血管成形术可作为初始治疗。(2C)

117. 用自膨式覆膜支架治疗 AVG 静脉吻合口狭窄能获得较好的干预后 6 个月通畅率,其优于单纯血管成形术。(1B)

118. 对于 AVG 和自体 AVF 支架内再狭窄,放置覆膜支架优于单纯的腔内血管成形术,可获得较好的干预后 6 个月结局。(1B)

119. 尽量避免使用裸支架来治疗 AVG 和自体 AVF 狭窄。(1B)

120. 对每个内瘘狭窄的患者,建议充分考虑病变性质、患者经济状况及术者经验,个体化选择介入治疗或者外科手术治疗。(2C)

狭窄是 AVF 最常见的并发症<sup>[384]</sup>。目前认为,内瘘建立术中血管损伤、术后血管壁应力及反复穿刺的内皮细胞损伤、尿毒症毒素刺激等可引起氧化反应、炎症应激等级联反应,进而诱发血管平滑肌细胞迁移、增殖,最终导致静脉内膜增生形成狭窄<sup>[385]</sup>,该病变为致密纤维性病变,与动脉粥样硬化病变所致狭窄不同<sup>[386]</sup>。整个 HD 血管通路起自左心室经流出动脉流入吻合口,再经回流静脉(或移植体)至中心静脉,最终返回右心房,在这个循环路径中任何位置都可以发生狭窄。自体 AVF 狭窄最常见部位是近吻合口段<sup>[255]</sup>,AVG 最常见部位是移植体-静脉吻合口、肱动脉-贵要

静脉内瘘的摆动段及肱动脉-头静脉内瘘的头静脉弓处<sup>[387-390]</sup>。

对通路的监测有助于发现狭窄。当出现以下体征和症状,需考虑 AVF 狭窄(表 6)<sup>[26]</sup>。

表 6 动静脉内瘘狭窄的临床表现

方法	临床表现
物理检查	同侧的肢体水肿
	搏动改变:指在狭窄区域内搏动减弱或增强
	震颤异常:微弱、不连续、在狭窄处只有收缩期震颤
	杂音异常:狭窄处有收缩期的高调音
	手臂抬高时瘘体不能塌陷(流出道狭窄),未见搏动增强(流入道狭窄)
手臂抬高时静脉段过度塌陷	
透析症状	新出现的穿刺困难
	抽吸出血栓
	无法达到透析处方流量
	连续 3 次拔针后止血时间较既往延长
	在透析处方不改变透析时间的情况下, Kt/V 不明原因下降(>0.2)

物理检查是常用的检查手段之一,它无需特殊设备仪器且简单易行。有研究显示,通过物理检查可以很好地了解 AVF 功能<sup>[391]</sup>,其诊断自体 AVF 流入道和流出道狭窄与血管造影具有很高的一致性<sup>[392]</sup>,诊断 AVG 吻合口、流入道、移植体内狭窄与血管造影同样具有较高一致性<sup>[393]</sup>。即使是初学者经过培训后也可以精确地发现并定位 AVF 绝大多数狭窄,而加强培训、反复实践可以提高物理检查的准确性。目前在改善通路预后方面,没有证据表明其他监测手段如超声等优于物理检查<sup>[298]</sup>。

物理检查怀疑 AVF 存在有血流异常的狭窄时应及时进一步影像学评估<sup>[394]</sup>。多普勒超声是优选的检查方法之一,具备无创、价廉、容易获取等优点,可以扫描从外周流入动脉、吻合口至外周静脉或移植物的通路情况,了解狭窄位置、内径、病因及病变性质如内膜增生、静脉瓣增厚等。此外超声还可通过血流动力学指标(收缩期峰值流速、血流量、阻力指数等)的定量测定进一步评估狭窄程度<sup>[395]</sup>。受空气和骨骼限制,超声难以检测中心静脉病变,此外受探头宽度或发射波束角度的限制,超声成像的视野会受到局限,因此超声的整体评估能力相对较差,不如 DSA 直观、高效、明确。

DSA 属于有创性检查,但可以显示整个血管通路包括中心动脉及中心静脉的情况,是目前血管病变诊断的金标准。因 DSA 需要用对比剂,有潜在的肾毒性,故对于有残余肾功能的患者,应仔细评估风险与获益。在特定的病例中,二氧化碳可作为一种非肾毒性对比剂用于血管造影<sup>[40,396-397]</sup>,但相对而言影像质量较差,同时应注意避免上肢动脉内注射,以防气体进入大脑动脉循环引起不良

后果<sup>[380]</sup>。

CTA 可以利用后处理技术重建图像呈现整体影像,空间分辨率高,具备侵入性小,对比剂需要量低等优势,在 AVF 检查中已应用十余年<sup>[398]</sup>。研究显示,CTA 评估 AVG 和自体 AVF 功能不良的敏感性及特异性分别为 90%~99% 和 93%~98%,与 DSA 相当<sup>[399-400]</sup>。缺点是仅用于病变评估,无法同步进行干预。

磁共振成像也可用于 AVF 狭窄病变的评估,但相对而言,价格昂贵限制了其应用,同时需警惕钆引起的肾源性纤维化<sup>[40,379,401]</sup>。

狭窄可能引起 AVF 成熟不良或功能障碍,导致 HD 充分性下降、血栓形成甚至通路废弃。理论上,对于狭窄,干预应有助于改善通路预后,但 2019 年 KDOQI 指南经过严格证据筛选认为,对于不伴有临床症状的狭窄,不建议进行预防性血管成形术<sup>[26]</sup>。证据审查小组对几项高质量研究进行了分析。来自费森尤斯北美医疗中心的 1 项观察性研究( $n=35\ 716$ ),自体 AVF 患者以通路血流量 $<400\text{ ml/min}$ 或变化 $>30\%$ ,AVG 患者以通路血流量 $<600\text{ ml/min}$ 为干预指征,对比了行或不进行 PTA 对预防自体 AVF 或 AVG 功能不良的影响,结果显示,干预组与未干预组在 1 年累积通畅率(54.8/100 通路年比 47.8/100 通路年,  $HR=1.06$ , 95%  $CI$  0.98~1.15)、血栓形成率(0.86% 比 0.03%, 归因危险增加 0.83%, 95%  $CI$  0.56~1.12)方面,差异均无统计学意义<sup>[366]</sup>。在另一项 RCT 中( $n=58$ ),对于自体 AVF 患者,不以血流量为干预指征,而以出现临床监测及物理检查异常为干预指征时,即观察组出现亚临床狭窄(狭窄 $>50\%$ ),但通路血流量 $>500\text{ ml/min}$ 伴物理检查异常,通路血流量 $<900\text{ ml/min}$ 伴静态静脉压升高时给予预防性干预(PTA 或外科修补),对照组出现功能不良(临床异常或通路血流量 $<400\text{ ml/min}$ )时给予干预。结果显示,预先行 PTA 干预组在 AVF 废弃、血栓形成率方面均低于未干预组(AVF 废弃率:0.066/通路年比 0.186/通路年,  $P=0.041$ ;血栓形成率:21% 比 50%);两组间在 CVC 使用及导管相关并发症方面差异均无统计学意义<sup>[365]</sup>。对于 AVG 患者,1 项 RCT 研究( $n=64$ )分析了预防性 PTA 的作用,当 AVG 静态静脉压升高时进行造影,将狭窄内径 $>50\%$ 、静态静脉压比值 $\geq 0.4$ 的患者随机分为 2 组:一组进行预防性 PTA(干预组),一组当出现 AVG 功能不良或血栓形成时给予干预(对照组),随访 3.5 年。结果显示,两组病死率分别为 19% 和 13%,AVG 废弃率均为 44%,且废弃时间差异无统计学意义;干预组血栓形成率低于对照组(44% 比 72%),其他事件方面两组间差异无统计学意义<sup>[369]</sup>。在上述提到的 Chan 等<sup>[366]</sup>应用费森尤斯北美医疗中心数据进行的观察性研究( $n=35\ 716$ )中,对于 AVG,随访 1 年,分析预先 PTA 干预是否有益,结果发现,两组间主要终点事件累积通畅率差异未见统计学意义(51.7/100 通路年比 52.7/100 通路年;  $HR=0.95$ , 95%  $CI$  0.86~1.05),血栓形成率差异亦无统计学意义<sup>[26]</sup>。

本专家组借鉴 KDOQI 证据<sup>[26]</sup>,并结合我国相关文

献<sup>[107]</sup>,建议狭窄的干预指征为局部狭窄程度超过附近正常血管管径的50%并伴以下情况:内瘘自然血流量<500 ml/min;不能满足透析处方所需血流量;透析静脉压升高;穿刺困难;透析充分性下降以及内瘘出现异常体征等。

AVF狭窄的治疗包括腔内治疗和外科手术。近年来,腔内治疗在很大程度上取代了外科手术,成为一线治疗,常见的腔内治疗有PTA及支架置入术。

(1)PTA:2019年KDOQI指南建议使用高压球囊PTA作为AVF狭窄的首选治疗<sup>[26]</sup>。PTA是一种安全有效的技术,可以即刻开通血管,改善患者AVF功能,保护血管资源,但治疗过程伴随新生内膜和部分中膜撕裂,创伤修复的级联反应会加剧静脉内膜增生的速度,导致PTA后出现更严重的再狭窄<sup>[402]</sup>。研究显示,在初次干预部位或之前干预过的内瘘的其他部位,6个月时再狭窄的发生率高达60%<sup>[403]</sup>。为解决这些问题,近年出现一些新耗材如切割球囊、药物涂层球囊(drug-coated balloon,DCB)等,同时陆续有临床试验对其进行验证。1)切割球囊:两项RCT(加拿大1项, $n=48$ ,39例纳入分析;新加坡1项, $n=77$ ,71例纳入分析)比较了切割球囊血管成形术和高压球囊血管成形术治疗AVF狭窄的疗效<sup>[404-405]</sup>。高压球囊组与切割球囊组临床成功率(定义为PTA后使用AVF进行至少1次透析)和技术治疗成功率(残余狭窄<30%)差异无统计学意义;随访6个月,两组初级通畅率差异无统计学意义。2)DCB:近期的荟萃分析显示,DCB在AVF狭窄的治疗中显示出令人鼓舞的应用前景。Kennedy等<sup>[406]</sup>纳入10项研究(2项观察性研究和8项RCT研究)共908例患者的荟萃分析显示,DCB组3、6、12和24个月时AVF的靶病变通畅率优于对照组。另1项纳入17项研究(8项RCT,9项队列研究)共1113例内瘘狭窄患者的荟萃分析中,54.7%患者进行了DCB血管成形术,45.3%患者进行了传统球囊血管成形术,DCB组6个月(71.0%比49.2%)和12个月(44.2%比20.6%)的通畅率显著高于传统球囊血管成形术;对研究设计(RCT、队列研究)的亚组分析显示了相似的趋势;在并发症发生率方面,两组均较低(DCB组1.1%,传统球囊血管成形术0.9%)<sup>[407]</sup>。上述荟萃分析中未区分自体AVF和AVG,且包含部分观察性研究。因此Abdul Salim等<sup>[408]</sup>针对自体AVF进行DCB荟萃分析,共纳入10项研究(6项RCT,4项队列研究)共911例自体AVF患者,结果显示,在RCT中,DCB血管成形术在改善靶病变原发通畅率方面与传统球囊血管成形术相比无显著改善(6个月: $OR=0.65$ , $P=0.364$ ;12个月: $OR=0.64$ , $P=0.061$ ;24个月: $OR=0.43$ , $P=0.345$ ),但在队列研究中,DCB血管成形术可以改善靶病变原发通畅率(6个月: $OR=0.26$ , $P=0.0007$ ;12个月: $OR=0.21$ , $P<0.001$ ;24个月: $OR=0.23$ , $P=0.010$ )。而一项纳入11项RCT、996例患者(487例DCB和489例传统PTA患者)的荟萃分析显示,6、12个月时两组靶病变初级通畅率差异无统计学意义( $RR=0.75$ ,95% $CI$ 0.56~1.01, $P=0.06$ ; $RR=0.89$ ,95% $CI$ 0.79~1.00, $P=0.06$ );即使在自体AVF亚组或排除CVS的亚组研究中,DCB组仍

然没有获益<sup>[409]</sup>。造成这一结果的原因尚不清楚,可能是由于DCB在自体AVF的静脉壁中的生物反应与它在动脉粥样硬化闭塞病变的动脉壁中的抗增殖作用不同,DCB技术是基于动脉粥样硬化病变的动物模型,而血管通路狭窄的病理主要是新生内膜增生。其次,与动脉相比,静脉含有较少的弹性层,更容易诱发平滑肌细胞从中膜向内膜迁移。再者,AVF狭窄有异常血流动力学、反复穿刺导致的损伤,持续高水平的尿毒症毒素和反复PTA等因素参与,而这些在动脉粥样硬化的动脉中不存在<sup>[409]</sup>。最近我国一项多中心RCT评估了紫杉醇涂层球囊PTA治疗AVF功能不良的疗效和安全性,结果发现,在6个月时,DCB组靶病变原发通畅率(原发通畅定义为无干预+收缩期峰值流速比值 $\leq 2$ )优于高压球囊组(65%比37%,95% $CI$ 13%~43%, $P<0.001$ );6个月时,DCB组的靶病变和靶通路无干预通畅率与对照组相比差异均无统计学意义(分别为 $P=0.3$ 和 $P=0.2$ ),但在12个月时显著优于对照组(73%比58%, $P=0.04$ );两组之间在主要不良事件或技术成功率、临床成功率方面差异均无统计学意义<sup>[410]</sup>。另外,2020年1项国际多中心RCT研究,入组330例AVF狭窄及再狭窄患者,以靶病变原发通畅(定义为干预后6个月内没有临床驱动的靶病变血运重建或通路血栓形成)为主要终点,结果显示,术后6个月,DCB组靶病变原发通畅率明显优于对照组(82.2%比59.5%, $P<0.001$ );术后30d内与动静脉通路相关的严重不良事件发生率分别为4.2%和4.4%,两组间差异无统计学意义(非劣效性检验, $P=0.002$ )<sup>[411-412]</sup>。最新纳入近6年16项RCT研究的荟萃分析显示,DCB组6个月、12个月靶病变通畅率、通路通畅率优于传统球囊血管成形术,证据级别低至中等,操作相关并发症罕见,两组患者12个月死亡风险类似<sup>[413]</sup>。

针对DCB在AVG狭窄中应用的研究较少,且样本量较小。一项RCT评估了26例AVG患者,结果显示DCB血管成形术可以显著提高通畅率(100%比62%, $P=0.003$ )<sup>[414]</sup>。Liao等<sup>[409]</sup>比较了DCB血管成形术和传统球囊血管成形术治疗AVG静脉吻合口狭窄的疗效,发现6个月时DCB组靶病变初级通畅率、内瘘初级通畅率均显著高于传统球囊血管成形术(41%比9%, $HR=0.393$ ,95% $CI$ 0.194~0.795, $P=0.006$ ;36%比9%, $HR=0.436$ ,95% $CI$ 0.218~0.870, $P=0.013$ );12个月时DCB组靶病变初级通畅率显著高于传统球囊血管成形术(23%比9%, $HR=0.477$ ,95% $CI$ 0.243~0.933, $P=0.019$ ),但两组内瘘初级通畅率差异无统计学意义(14%比9%, $P=0.056$ )。最近一项单中心、前瞻性研究评估了西罗莫司DCB在AVG狭窄治疗中的应用,结果显示,3个月、6个月的初级通畅率分别为76%和65%,初级辅助通畅率分别为82%和65%;未发现与西罗莫司DCB使用直接相关的不良事件<sup>[415]</sup>。

综上,尽管部分证据显示DCB有较好的应用前景,但研究异质性(狭窄部位、涂层药物、技术差异等)较大,缺乏成本效益相关分析,目前尚不足以推荐其为AVF狭窄的一线

治疗方法。有待进一步开展队列研究或真实世界研究以寻找 DCB 的适宜人群。据临床经验而言,高压气囊 PTA 治疗达到技术成功但又快速出现再狭窄的患者,应用 DCB 可能会有更多获益。因此在 AVF 狭窄行 PTA 时,气囊选择应基于术者经验并遵循个体化原则。

PTA 可在放射介入或超声引导下进行,具体选择需结合病变性质、部位及各通路中心的治疗经验<sup>[416-417]</sup>。

PTA 入路的选择,需依据狭窄部位及局部解剖学特点,可以选择正向、逆向或双向,原则上尽量保证足够的操作空间、易于穿刺,且操作结束后容易止血。在保证可以顺利通过病变的前提下,尽可能选择流出道静脉穿刺区作为入路<sup>[418]</sup>。

气囊直径的选择,需根据束臂后与狭窄血管相邻的血管的内径来决定(选择与狭窄血管相邻的血管内径 1.1 倍直径的气囊进行扩张),一般选择直径为 4~7 mm 的气囊,气囊长度可根据病变长度进行选择<sup>[107]</sup>。

建议治疗前肝素化,阻断血流时间不宜过长,以防止新血栓形成。参照气囊的工作压力和爆破压力,扩张可反复进行,尽可能至狭窄消除。关于阻断血流时间相关研究:一项 RCT 研究( $n=48$ )比较了 AVF 狭窄 PTA 中气囊扩张 1 min 和 3 min 的差异,结果发现两组治疗成功率差异无统计学意义(75% 比 89%, $P=0.12$ ),在干预后的 1、3 及 6 个月时,组间初级通畅率差异无统计学意义<sup>[419]</sup>。一项观察性研究( $n=75$ )前瞻性分析了 223 例 AVF 狭窄的干预数据(178 例气囊扩张 30 s, 45 例气囊扩张 1 min),前 3 个月的即刻技术成功率和通畅率差异无统计学意义( $HR=0.86$ , 95%  $CI$  0.34~2.20),但 3 个月,气囊扩张 1 min 与 AVF 丧失功能的发生相关(调整  $HR=1.74$ , 95%  $CI$  1.09~2.79)<sup>[420]</sup>。

(2) 支架置入术: 1) 覆膜支架与 AVG: 2019 年 KDOQI 指南证据评估小组综合两项 RCT 研究(Haskal 等<sup>[421]</sup>,  $n=190$ , 随访 6 个月; Vesely 等<sup>[422]</sup>,  $n=293$ , 对比了自膨式覆膜支架与 PTA 应用于 AVG 静脉吻合口狭窄的效果, 随访 24 个月), 结果显示, 6 个月时, 对于单纯狭窄, PTA 联合支架较单独 PTA 初级通畅率更高( $RR=1.71$ ); 对于合并狭窄与血栓的患者, PTA 联合支架较单独 PTA 初级通畅率更高( $RR=1.5$ ); 治疗相关的并发症如感染、假性动脉瘤、血管破裂等发生率, 两组间差异无统计学意义; 30 d 内主要不良事件及次要不良事件差异均无统计学意义。研究显示, 对于 AVG 吻合口狭窄的治疗, 与单纯 PTA 相比, 覆膜支架可以提高后续无干预率(32% 比 16%,  $P=0.03$ ), 降低再狭窄率( $RR=0.52$ , 95%  $CI$  0.40~0.68), 延长靶病变中位初级通畅时间(2 013 d 比 108 d), 延长通路中位初级通畅时间(126 d 比 91 d)<sup>[422]</sup>。2) 覆膜支架与自体 AVF: 2 项 RCT 研究评价了覆膜支架在自体 AVF 头静脉弓狭窄治疗中的作用, Rajan 等<sup>[423]</sup>的研究倚倚较大, Shemesh 等<sup>[424]</sup>研究( $n=25$ )结果显示, 对头静脉弓 3 个月内的再狭窄应用覆膜支架治疗, 平均随访 13.7 个月, 与裸支架相比, 覆膜支架 1 年初级通畅率较高( $HR=4.09$ ,

95%  $CI$  1.9~20.3,  $P=0.002$ ), 但两组 1 年累积通畅率差异无统计学意义(Log-rank 检验,  $P=0.29$ )。我国学者回顾性分析头静脉弓狭窄的治疗, 其中 17 例 PTA, 8 例采用开放手术行头静脉转位贵要静脉, 7 例覆膜支架置入术, PTA 修复成功率为 88.23%, 开放手术修复成功率为 100%, 覆膜支架置入术修复成功率为 100%; 随访 1~6 个月, AVF 头静脉弓狭窄修复后内瘘通畅中位生存时间: PTA 为 5 个月, 开放手术为 6 个月, 覆膜支架置入术为 6 个月; 以上结果表明 PTA 和覆膜支架置入术具有微创、方便、快捷的优势, 但 PTA 术后再狭窄发生率较开放手术和覆膜支架置入术高<sup>[425]</sup>。3) 覆膜支架与支架内再狭窄: Falk 等<sup>[426]</sup>采用多中心 RCT 研究( $n=275$ )评价覆膜支架和单纯 PTA 对自体 AVF 或 AVG 静脉流出道支架内再狭窄的治疗效果, 结果显示, 覆膜支架组 6 个月时主要终点通路初级通畅率明显优于 PTA 组(18.6% 比 4.5%,  $P<0.001$ ), 靶病变初级通畅率亦优于 PTA 组, 在中心静脉和外周静脉的亚组分析中也得到类似结果。

当出现以下情况时建议置入支架: 弹性回缩、快速复发性狭窄或 PTA 后残余狭窄 >30%、支架内再狭窄、血管破裂等<sup>[26]</sup>。在应用支架之前, 临床医师需首先考虑放置支架是否影响当前 AVF 的穿刺、ESKD 患者的生存时间以及随后血管通路的创建和使用。

(3) 外科手术: 解决 AVF 回流静脉狭窄有多种术式如移植植物间插、补片血管成形术等。AVF 狭窄的外科手术更多应用于腔内治疗失败、腔内治疗不可行、外科手术优势更明显的情况<sup>[427-428]</sup>。Romann 等<sup>[429]</sup>研究显示, AVF 狭窄行 PTA 后, 通畅与病变的长度相关, 对于 >2 cm 的长段狭窄, PTA 干预后通畅率较低, 提示对于这类狭窄, 外科手术可能更具优势。在肱动脉-头静脉内瘘的头静脉弓及肱动脉-贵要静脉内瘘的摆动段出现的狭窄, 外科手术治疗效果更好, 但相对而言创伤较大且这些部位也可以实施腔内治疗, 因此外科手术通常作为腔内治疗的备选。对于每个内瘘狭窄的患者, 建议充分考虑患者病变性质、经济状况及术者经验, 个体化选择介入治疗或者外科手术治疗。

此外 AVF 狭窄的治疗方案选择与病变部位相关。流入道动脉(锁骨下动脉、肱动脉、桡动脉或尺动脉)狭窄在老年人、糖尿病及高血压患者中更多见, 推荐采用腔内治疗<sup>[30]</sup>。对于吻合口区域(吻合口附近 5 cm)可以综合患者病变情况、经济情况、通路中心技术优势等, 选择外科手术或腔内治疗。如果外科手术会缩短 AVF 穿刺长度, 且患者预期寿命长、经济情况尚可则优先选择 PTA。AVF 回流静脉和 AVG 静脉吻合口处的静脉狭窄通常采用 PTA。对于头静脉弓狭窄的治疗, 小样本研究显示外科手术修复的通畅性优于腔内治疗<sup>[430]</sup>, 具体方式包括补片、将头静脉重建于其他特定的静脉, 例如贵要静脉、腋静脉等<sup>[431-432]</sup>。将头静脉重建于贵要静脉、腋静脉等的缺点在于可能影响未来贵要静脉通路的建立, 外科手术创伤较大。对于头静脉弓的腔内治疗, 覆膜支架效果优于单纯 PTA 或

裸支架;当PTA效果不理想、静脉破裂、早期再狭窄(<3个月)时,应考虑覆膜支架<sup>[423-424,433-434]</sup>。头静脉弓覆膜支架的主要缺点是可能导致腋静脉或锁骨下静脉阻塞,从而在同侧臂中进一步建立内瘘。

## 2. 血清肿:

### 推荐意见

121. 血清肿仅见于AVG。(2B)
122. AVG术后局部出现包块应警惕血清肿。(2C)
123. 血清肿最常出现于动脉吻合口部位。(2B)
124. 小的血清肿可以先观察不予处理,血清肿较大并引起临床症状或影响穿刺时则需要给予干预。(2C)
125. 目前对血清肿尚无有效的防治措施。(2B)

人工血管血清肿指无菌性血清样液体聚集在人造血管周围,液体外周由无分泌性纤维软组织假包膜包裹<sup>[435]</sup>。临床相对少见,但易复发,处理棘手,好发于吻合部位。文献报道人工血管血清肿的发生率为0.5%~4.2%<sup>[82,436]</sup>,上臂AVG的发生率高于前臂AVG。其发生原因及机制推测可能与人工血管多孔性结构、手术医师操作、患者本身体质等因素有关。

目前常用移植物材料为ePTFE,电镜下呈现由结节和纤维组成的多孔形结构。正常情况下当移植物被植入皮下后,组织受损机体自身发生修复,周围成纤维细胞聚集、分裂增生,连同新生毛细血管一起长入孔洞,同时成纤维细胞可分泌基质、胶原,4~6周后人工血管周围被纤维组织包裹;若人工血管受损、多孔性结构被破坏将影响周围组织长入,导致出汗现象进而发生血清肿。如果手术医师术中使用时生理盐水加压冲洗、肝素盐水浸泡人工血管,乙醇碘伏污染人工血管,粗暴操作,移植物打折扭曲等行为均可导致移植物受损,从而出现血清肿;此外,患者贫血、营养不良导致血浆胶体渗透压降低,促进出汗现象发生;肥胖患者因局部解剖关系,手术吻合口位置较深难按压,很难保证压迫效果。这些均是血清肿形成原因。另外成纤维细胞抑制因子可抑制周围组织长入人工血管孔洞,也会促进血清肿发生。

血清肿诊断相对容易,其好发于吻合口部位,生长相对缓慢,无搏动性包块,术中探及与血清成分接近的透亮液体被纤维性假包膜包裹,且液体病原菌培养阴性。超声可以证实AVG周围有血清肿或液体。临床需要与脓肿、假性动脉瘤等相鉴别。

小的血清肿可以不予处理。较大血清肿可能继发感染、皮肤坏死、人工血管血栓形成、穿刺区域丧失等并发症,需要进行治疗。

临床治疗方法包括穿刺放液或血清肿清除,但由于穿刺放液未处理受损段人工血管,血清肿容易复发。处理受损段人工血管方法包括:使用生物蛋白胶或医用胶局部涂抹、在受损段人工血管内放置覆膜支架、跨越血清肿段人工血管搭桥<sup>[437]</sup>。文献报道血清肿清除联合移植物替换的血

清肿治愈率为92%,单独清除血清肿的治愈率为72%,后者感染率较高(12%)<sup>[436]</sup>。上述预防及治疗措施的有效性目前尚无统一认识。

## 3. 血栓形成:

### 推荐意见

126. 血栓形成是AVF的主要并发症之一,AVG血栓形成概率高于自体AVF。(1A)
127. AVF血栓的治疗应当基于术者经验,需综合考虑患者血管通路的整体规划与ESKD生存计划的一致性,外科手术或腔内治疗的选择取决于各中心经验。(2B)
128. 血管通路血栓的治疗应包括查找及纠正病因。(1C)
129. 出现以下情况应采取外科手术治疗:腔内治疗失败;严重的病变不适合腔内治疗;外科手术效果更好。(2C)

血栓形成是AVF的主要并发症,AVG血栓形成概率高于自体AVF,每个AVG平均每年发生0.5~2.0次血栓事件;每个自体AVF平均每年发生0.1~0.5次血栓事件<sup>[388]</sup>。血栓也是AVF功能丧失的主要原因,导致65%~85%的AVF永久废弃。AURORA试验发现,自体AVF或AVG血栓形成与HD患者早期和晚期全因死亡率增加均相关,与早期全因死亡率的相关性更显著 $[HR(<90\text{ d})=2.7, 95\% CI 1.83 \sim 3.97, P<0.001; HR(>90\text{ d})=1.47, 95\% CI 1.20 \sim 1.80, P<0.001]$ <sup>[438]</sup>。

内膜增生引起血管狭窄是导致血栓形成的根本原因,低血压也可导致内瘘血栓形成<sup>[439]</sup>。近几年流入动脉病变引起血栓形成开始受到关注<sup>[440]</sup>。

血栓形成可以分为早期血栓形成和晚期血栓形成。早期血栓形成见围手术期并发症。本章节重点阐述晚期血栓形成,指内瘘建立1个月以后发生的血栓,多继发于狭窄病变,亦可见于AVF使用不当,如反复定点穿刺、拔针后压迫力度过大、时间过长、低血压状态等<sup>[441]</sup>。

血栓形成的诊断相对容易:内瘘震颤和杂音消失或原来充盈的静脉塌陷都提示内瘘血栓形成。自体AVF血栓局部可能出现红肿热痛等无菌性炎症表现。AVG血栓通常不会出现红肿热痛炎症等表现,一旦出现,应警惕感染可能。辅助检查:多普勒超声检查可见血栓部位管腔内呈现低至中等回声,彩色血流信号消失;血管造影时无造影剂通过,或血管明显狭窄、充盈缺损<sup>[388]</sup>。

AVF血栓形成需要尽快治疗,尤其是自体AVF,以防止血栓机化和静脉内皮损伤。治疗目标包括:清除血管腔内血栓及纠正血栓形成的病因(如狭窄等),恢复通路功能。早期血栓清除可以避免CVC。血栓形成处理可采用手法按摩<sup>[442]</sup>、药物溶栓、外科手术、腔内治疗或几种方式结合的综合技术。随着技术的进步,AVF血栓处理的技术成功率逐步改善,但长期通畅率仍欠理想,因此在每次血栓事件发生时,均应考虑下一步血管通路计划<sup>[26,443-444]</sup>。

(1) 自体AVF晚期血栓形成:自体AVF血栓形成通常

始于狭窄或穿刺部位并蔓延至有属支汇入处。在桡动脉-头静脉内瘘中,狭窄部位血栓形成后,前臂头静脉属支会引流血液使得血栓通常不会蔓延很长,但是在单一流出道如肱动脉-头静脉内瘘或贵要静脉转位内瘘(属支被结扎),一旦血栓形成会蔓延较长甚至到中心静脉。

与AVG相比,早期血栓处理对于自体AVF更为关键,因为血栓形成伴随的内皮损伤和静脉炎可能妨碍自体AVF进一步使用,而且随时间延长,血栓机化现象在自体血管中更为明显<sup>[445]</sup>。血栓形成时间、部位及通路类型是影响血栓治疗疗效的重要因素。

自体AVF血栓处理方式包括很多种,最早采取外科取栓,1980年左右开始腔内治疗探索,之后陆续出现药物溶栓(尿激酶或rt-PA)、血栓抽吸、药物机械除栓(药物溶栓联合机械碎栓——流体动力导管或带旋切工具的导管、球囊挤压碎栓等)或上述方法的联合等<sup>[445-451]</sup>。目前对于外科取栓与腔内治疗技术疗效的优劣对比,研究结果不一致。2009年一项纳入36项研究的系统回顾提示,对于自体AVF血栓形成,腔内治疗的即刻成功率与外科取栓相当,但1年初级通畅率和累积通畅率较差(70%~90%比44%~89%),原因在于合并的狭窄的复发导致再次血栓形成<sup>[452]</sup>。近年DCB、切割球囊及覆膜支架有可能通过改善狭窄的预后进而延长腔内干预AVF血栓形成的远期疗效,有待进一步研究的证实。

在各种腔内技术中,溶栓技术可以成功溶解血栓,但与外科手术相比,耗时长并且出血风险大、肺栓塞发生率高,且因无法解决合并的狭窄,因此远期通畅欠佳。溶栓联合PTA技术成功率较高,远期通畅率有改善。机械除栓装置显著缩短治疗时间,与自体AVF血栓相比,在AVG血栓处理中的技术成功率更高(99%比93%)<sup>[453]</sup>。但其费用昂贵、操作难度和治疗风险大,对自体AVF血栓的患者需谨慎使用。

自体AVF血栓治疗策略的选择取决于各通路中心的经验和患者通路的具体情况。由于超过85%的病例存在狭窄<sup>[454]</sup>,处理血栓的同时处理合并狭窄对血栓治疗的远期效果尤为重要<sup>[30]</sup>。

自体AVF由于血管壁较薄,更容易出现瘤样扩张病变,在血栓处理过程中静脉破裂和假性动脉瘤等并发症的发生率远高于AVG,需要警惕。

**(2)AVG晚期血栓形成:**AVG一旦发生血栓形成,将很快蔓延整个移植血管,并可沿着回流静脉继续蔓延至属支汇入处,即使为单一流出道也可一直蔓延至中心静脉。与自体AVF血栓治疗不同,AVG血栓治疗时机相对宽松,但也应尽量不影响下一次HD。有报道AVG血栓后30d内均有机会开通,但早期处理与较好的长期预后相关<sup>[455]</sup>。相对陈旧的血栓(>5d)通常会固定在血管壁上,增加了手术治疗的难度。

自体AVF血栓处理方法同样适用于AVG,外科手术多为切口取栓+狭窄修复(补片或移植血管搭桥),腔内可为多

种方式联合如脉冲药物机械溶栓+PTA、机械除栓+PTA等。2004年RCT研究对比机械除栓与外科手术治疗AVG血栓,结果显示两者疗效相当<sup>[456]</sup>。随后2009年的荟萃分析<sup>[452]</sup>及系统性回顾<sup>[457]</sup>得出类似结论,2013年一项纳入6个RCT研究含573例患者的荟萃分析<sup>[458]</sup>显示,在AVG血栓处理中,腔内治疗无论技术成功率还是干预后1年初级通畅率均与开放手术相当。因腔内技术微创、可重复、可以更好地保留血管资源,其在血栓处理中的应用越来越广泛,而开放手术则更多用于腔内治疗存在禁忌(如心肺循环代偿差、内瘘存在巨大瘤样扩张导致血栓容量过大、存在右向左分流等需要将血栓取出的情况)、腔内治疗失败或者确定开放手术疗效明显优于腔内等情况<sup>[442]</sup>。对于不同腔内技术优劣,目前缺乏高质量研究的评估,其具体方式选择更多取决于AVF情况、通路医师和通路中心的经验。但无论哪种腔内技术,同步处理潜在狭窄很重要,有研究对比不同机械除栓装置用于AVG血栓的疗效,结果显示PTA治疗狭窄的成败是干预后AVG通畅的唯一预测因素,与机械装置类型无关<sup>[459]</sup>。

无论外科手术还是腔内治疗,对回流静脉包括中心静脉通畅性的评估均应作为治疗的一部分,必要时应进行造影以明确中心静脉情况,排除残存血栓或潜在狭窄<sup>[413]</sup>。同样,需要重视流入动脉评估,物理检查动脉搏动、双上肢血压测量、超声扫查等有助于发现流入动脉(包括中心动脉如锁骨下动脉)狭窄等。腔内技术处理AVG血栓形成时,不可避免地会发生肺栓塞,但由于经过抽吸、溶栓、碎栓等前期处理,脱落的血栓体积小,一般不会造成症状性肺栓塞,但在心肺代偿功能差的患者,可能出现症状性肺栓塞。此外,存在从右向左分流的患者有经腔内技术处理血栓后脑梗死的报道<sup>[458,460]</sup>,且当AVG存在感染时可能导致败血症。因此腔内治疗的绝对禁忌证包括:感染或高度可疑感染;心脏结构存在右向左分流;心肺功能差;新建立内瘘移植血管与组织尚未融合。由于血栓处理前需要用肝素、尿激酶等药物,血栓处理过程伴随红细胞破碎导致钾离子释放,血流开通增加回心血量等情况,相对禁忌证包括:严重肝病或凝血功能障碍、近2周内有其他部位活动性出血、严重高钾血症、容量负荷过重等<sup>[461]</sup>。

对血栓的预防应作为血管通路日常维护的一部分。

**(1)药物预防:**抗血小板药物对血栓有预防作用,但对内瘘远期通畅率报道结果不一<sup>[242]</sup>。2010年荟萃分析显示,抗血小板药物对AVF血栓形成有一定的预防作用,但对AVG血栓形成的预防益处有限,且可能导致出血的并发症<sup>[239]</sup>。2016年纳入15项试验共2230例患者的系统综述评价了包括阿司匹林、氯吡格雷、人I型弹力蛋白酶、鱼油、华法林等在内的9种药物的预防效果,结果显示任何辅助治疗在短期内对改善自体AVF或AVG的通畅均无益<sup>[242]</sup>。

**(2)自我护理:**拔针后压迫时间不宜过长,力量适中,以能触及自体静脉吻合口、近心端人工血管震颤为宜。牢记内瘘手臂不能抽血、输液,避免内瘘手臂受压,不穿过紧的衣服。养成每日自我检测内瘘的习惯,杂音或震颤减弱或

消失时及时就医。

(3)远红外线:有研究显示远红外线照射可通过激活血红素加氧酶-1 来抑制炎症反应从而改善自体 AVF 的通畅率,但需客观可靠的多中心 RCT 来进一步证实<sup>[462]</sup>。

(4)通路监测:AVF 监测包括物理检查和使用特殊设备进行检查。对伴有血流异常的狭窄进行干预可能有助于避免急性血栓形成,将急诊手术变成择期手术,延长血管通路的累积通畅率。监测方式包括物理检查、通路血流量监测、多普勒超声、再循环监测等,目前没有明确的证据证明哪一种方案最佳<sup>[298]</sup>。专家组建议规律进行血管通路评估,了解透析时泵控流量、静脉压、止血时间、内瘘的震颤及杂音,必要时完善超声检查,了解通路血流量、管径、流速等。对于已发现明显狭窄但暂不需手术干预的患者,可以适当增加随访频率。对于 AVF 狭窄,干预过早可能导致治疗次数过于频繁而增加经济负担,且每次 PTA 的损伤都会刺激内膜增生引起再狭窄;而干预过晚,病变可能加重甚至导致血栓形成。因此掌握干预的指征及时机,既能避免通路丧失功能,又能减轻患者的经济负担。

#### 4. 动脉瘤(真性动脉瘤和假性动脉瘤):

##### 推荐意见

130. 每次透析前,应由经验丰富的专业人员进行 AVF 真性动脉瘤和假性动脉瘤的检查,并积极主动地对患者及陪护人员进行动脉瘤破裂急救措施的宣教。(1C)

131. 推荐使用多普勒超声对动脉瘤进行诊断及鉴别诊断,并评估相关信息。(1C)

132. 无症状且无近期破裂风险的动脉瘤,不需要干预。(2C)

133. 对于有症状的、体积大的或迅速增大的动脉瘤,需要干预;外科手术是首选的治疗方法,具体手术方案遵循个体化原则。(1C)

134. 如存在手术禁忌证,或存在较大感染风险不适合选择外科手术等情况时,可以使用覆膜支架作为替代治疗。(2B)

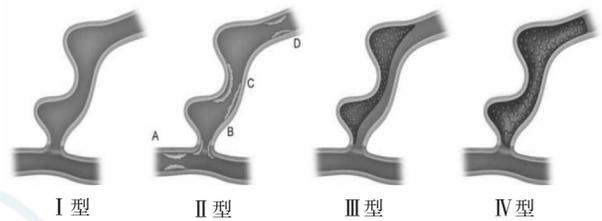
135. 动脉瘤出现破溃和/或出血等并发症时,应排除流出道狭窄,并进行急诊手术评估和治疗。(1C)

136. 如果有可选择的穿刺部位,不建议穿刺动脉瘤,假如没有合适的穿刺位置,在个别情况下可以穿刺动脉瘤侧壁(底部),避免穿刺动脉瘤顶部。(2C)

文献报道动脉瘤发病率从 5% 到 60% 不等<sup>[462-463]</sup>,包括真性动脉瘤和假性动脉瘤。AVF 建立后,血流动力学发生改变,AVF 管径、血流速度和血流量均增加,这些生理变化促进 AVF 成熟,但如果流出道静脉持续扩张。这些变化将成为病理性改变,形成真性动脉瘤。真性动脉瘤实质为全层血管壁的局限性扩张,其瘤壁为动脉化的静脉血管壁;而假性动脉瘤是因内瘘血管壁存在缺损,血流通过血管壁缺损在血管周围形成血肿,与内瘘血管相通,其瘤壁是血肿机化后形成的纤维壁<sup>[89]</sup>。

动脉瘤目前尚无统一定义,本专家组综合既往定义并根据我国临床实践将血管内径超过邻近血管内径 3 倍且绝对值 >20 mm 定义为动脉瘤<sup>[462,464-468]</sup>。

根据超声或造影影像是否存在狭窄或血栓形成,AVF 动脉瘤分为以下类型: I 型无狭窄和血栓形成; II 型存在血流动力学显著狭窄( $\geq 50\%$ ),根据狭窄部位分为 4 个亚型:(A)狭窄位于流入动脉,(B)动脉吻合处,(C)沿穿刺区,(D)中心静脉; III 型部分血栓形成,血栓 $\geq 50\%$ 管腔; IV 型完全血栓形成<sup>[469]</sup>,如图 2。



注:A:狭窄位于流入动脉;B:狭窄位于动脉吻合处;C:狭窄沿穿刺区;D:狭窄位于中心静脉

图2 动静脉内瘘动脉瘤的分类

真性动脉瘤可以发生于流入道动脉、吻合口、穿刺部位、非穿刺部位的静脉流出道甚至血管全程。近端 AVF 动脉瘤发生率高于远端 AVF,吻合静脉为头静脉者出现动脉瘤的比例高于贵要静脉者<sup>[467]</sup>。假性动脉瘤更多见于 AVG。据报道,在聚四氟乙烯材质的人造血管中,假性动脉瘤的发生率为 2% ~ 50%<sup>[463,470]</sup>。与自体 AVF 相比,AVG 不会扩张,假性动脉瘤通常出现在穿刺区和吻合口处<sup>[471]</sup>。吻合口处的假性动脉瘤常因吻合口出血或感染在术后早期就发生,穿刺区的假性动脉瘤通常与透析穿刺或干预性操作穿刺 AVF 或 AVG 有关<sup>[463]</sup>。

AVF 真性动脉瘤常由狭窄引起或伴随狭窄,狭窄可以在瘤近端也可以在瘤远端<sup>[34,472]</sup>。有血流动力学意义的狭窄会导致腔内压力升高<sup>[473]</sup>,使远端静脉搏动增强、瘤样扩张,而近端静脉震颤减弱或消失。不伴狭窄的真性动脉瘤可能与区域穿刺、高血压控制欠佳、激素使用等相关。大多数动脉瘤是无症状的,较大的动脉瘤可能出现并发症和/或引起 AVF 功能障碍:如导致穿刺部位受限,并发附壁血栓、无菌性血栓性静脉炎,继发细菌感染导致局部蜂窝组织炎等。快速增大的动脉瘤可能导致皮肤变薄、坏死,引起危及生命的自发性破裂出血<sup>[474]</sup>。此外,动脉瘤可能引起高输出量心力衰竭及疼痛。

AVF 动脉瘤可以通过物理检查及超声进行诊断。超声无创、价廉、易获取,可以了解是否存在瘤内血栓及流入道或流出道狭窄,并定量测量动脉瘤的皮肤厚度、直径及通路血流量等<sup>[475]</sup>。内瘘造影为有创性检查,仅用于超声无法确定病变或应用受限情况(如评估中心静脉)或需要对病变进行干预时。CT 虽然对合并的狭窄诊断具有较高的敏感性、特异性和准确性,但患者要受电离辐射且相对耗时。磁共

振成像可以提供较多的相关软组织信息,但目前对于动脉瘤诊断经验有限<sup>[463]</sup>。

由于动脉瘤会出现并发症并影响内瘘功能,因此有必要对动脉瘤进行规律监测,尤其应对快速增大、合并疼痛、血栓形成、影响美观等情况患者加强监测(见表7)。

表7 动脉瘤的物理检查

物理检查项目	不紧急/密切监测	紧急/急切关注
大小	不增大	增大
局部皮肤	柔软、可移动	薄、透亮、褪色
皮肤完整性	完整,无破溃	破溃、结痂
举臂试验	阴性	阳性
穿刺点出血	不常见	常见、伴出血时间延长

无症状的动脉瘤不需要干预。动脉瘤大小与是否出现并发症无关<sup>[472]</sup>,因此不作为干预指征<sup>[462-463]</sup>。对于无症状的动脉瘤,最佳的处理方法是加强管理,避免在瘤样扩张部位穿刺(尤其是皮肤菲薄或有感染倾向的部位),并优化无瘤样扩张段的穿刺技术。恰当的穿刺技术有助于预防动脉瘤的形成。在个别情况下,当没有更合适的穿刺部位时,可选择动脉瘤基部有足够健康皮肤和皮下组织的一侧(避免动脉瘤顶部)进行穿刺<sup>[476]</sup>。

当动脉瘤出现症状时需要干预,动脉瘤被覆皮肤变薄、破溃、出血等并发症是急诊手术指征<sup>[34]</sup>。其他干预指征包括:动脉瘤相关的 AVF 血流障碍、血栓或穿刺部位受限、高输出量充血性心力衰竭、短期内瘤体快速增大等。

动脉瘤的具体干预措施应个体化<sup>[477]</sup>:对于存在诱发因素者应处理诱发因素(如流入道动脉高流量或流出道静脉狭窄),当可通过外科手术修复瘘体至合适的内径并保留穿刺区域时,PTA 应该作为第二选择。外科手术为首选治疗方案,通常将动脉瘤瘤壁切除并进行修复、狭窄段补片<sup>[34,472]</sup>,研究显示术后1年的通畅率为52%~100%。其他手术包括结扎动脉瘤、移植血管间插和搭桥。位于吻合口部位的动脉瘤合并静脉狭窄者可以切除瘤样扩张并进行狭窄部位近端修补。AVG 假性动脉瘤可通过手术切除、移植血管间插或搭桥手术来治疗。大多数情况下,合并感染者需要完全切除移植血管。近年,覆膜支架被应用于 AVF 动脉瘤治疗,为患者提供了新的选择<sup>[30,477]</sup>。有报道覆膜支架可以作为活动性出血或破溃患者的应急措施,且不影响后续最终治疗。当使用覆膜支架治疗 AVF 动脉瘤时,应当尽量避免在支架上进行穿刺。使用覆膜支架的潜在缺点包括流入或流出段内径不匹配、可能置入感染区域(如合并破溃<sup>[465]</sup>、出血时紧急放置)、损失潜在的穿刺区域、覆膜支架与动脉瘤贴合欠佳等。Zink 等<sup>[466]</sup>报道了使用覆膜支架补救 AVF(包括假性动脉瘤和狭窄),其并发症发生率为29%,包括移位、打折、感染和破裂。

此外,对有出血风险的动脉瘤患者及陪护人员进行宣教至关重要,宣教内容应包括具体的紧急措施:如应立即呼

救并按压流入道血管,将肢体抬高至心脏水平以上等。

## 5. 感染:

### 推荐意见

137. 每次穿刺前应检查患者的 AVF 及周围皮肤有无感染的症状和体征,应培训患者每次穿刺前使用抑菌肥皂等清洗内瘘侧肢体皮肤。(2C)

138. 物理检查是评估感染的主要手段,应用影像学检查有助于辅助诊断 AVF 感染。(1C)

139. 在开始抗生素治疗之前,应该对血液和任何可用的感染 AVF 血管或材料、周围组织或引流物进行培养和药物敏感性检测。(1C)

140. AVF 感染应尽快给予经验性广谱抗生素(覆盖革兰阳性和革兰阴性菌),严密追踪培养结果并根据药敏结果及时调整抗生素治疗,抗生素使用时间应根据 AVF 感染程度及手术干预情况而定。(2C)

141. 抗感染药物治疗的同时,AVF 感染的手术治疗方案应个体化,综合患者感染程度、致病微生物和未来的透析通路确定。(2C)

142. AVG 严重感染时,建议进行移植血管全切。当移植物的节段受累时,可以考虑受累段移植血管部分切除。(1C)

143. 应该追踪及密切监测扣眼穿刺感染患者的转移性感染(如心内膜炎、脊柱脓肿以及化脓性关节炎),转移性感染多见于金黄色葡萄球菌、革兰阴性细菌及真菌感染。(2C)

血管通路感染是 HD 患者的主要感染类型,占引起 ESKD 患者住院的所有感染的28%<sup>[478]</sup>,而感染性疾病是 ESKD 患者第二大死亡原因,致死率仅次于心血管疾病<sup>[34,479-480]</sup>。尿毒症状态、糖尿病、多种合并症、中心静脉置管、AVF 反复穿刺是感染的危险因素<sup>[481]</sup>。自体 AVF 感染的发生率较 CVC、AVG 低,中位发生率为0.11/1 000 d,血培养阳性率为0.08/1 000 d<sup>[482-483]</sup>。近年来随着扣眼穿刺的应用,自体 AVF 感染发生率有所增加<sup>[483-485]</sup>。文献报道 AVG 感染发生率为1.6%~35%,血培养阳性率为0.31/1 000 d<sup>[486-487]</sup>。弃用的 AVG 同样能出现感染。有证据表明,弃用、遗留的 AVG 感染,可能导致炎症状态并与促红素抵抗相关<sup>[488-489]</sup>。

AVG 感染的风险自其开始建立起就存在,Zibari 等<sup>[490]</sup>报道在208例建立 AVG 的患者中,早期(<30 d)感染率为6%。下肢 AVG 手术创口大、可能被皮肤褶皱的汗液浸湿,感染风险更高。其他危险因素包括:反复穿刺、穿刺部位血肿或污染、个人卫生不良、反复多次住院、移植血管使用时间长、既往有感染史、高龄、糖尿病以及制动等<sup>[491]</sup>。AVF 感染可能是包括真菌在内的多重致病菌感染。皮肤微生物金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌感染占上肢 AVF 感染的70%~90%<sup>[492-494]</sup>,革兰阴性菌感染在下肢 AVF 的发生率较高<sup>[495]</sup>。有研究指出,与对甲氧西林敏感的金黄色葡萄球菌相比,耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染与 HD 患者更高的病

死亡率相关<sup>[496-498]</sup>。人类免疫缺陷病毒阳性患者 AVG 感染较人类免疫缺陷病毒阴性患者常见(30%比7%),由于人类免疫缺陷病毒患者免疫功能不全,应避免在人类免疫缺陷病毒患者建立 AVG<sup>[499-500]</sup>。在过去十年中,血管内支架开始广泛用于治疗 AVG 功能不良,与因其他原因需在 AVG 内放置裸支架或覆膜支架相比,用于治疗假性动脉瘤的覆膜支架更容易发生感染(18.2%比42.1%, $P=0.011$ )<sup>[501]</sup>。此外,AVG 感染的发生率与支架放置的位置相关<sup>[478]</sup>。

AVF 感染的临床表现与受累范围有关,临床表现上可从局部疼痛、发热,到严重的败血症,甚至死亡;受累范围可从轻微、局限的蜂窝织炎,到广泛的移植物受累。AVF 急性感染(术后 30 d 内)可表现为局部皮肤温度升高、红肿、疼痛、伤口渗液、溢脓或脓肿,也可以表现为吻合口出血,当累及肱动脉时可引起危及生命的大出血。移植物隧道感染通常临床症状较重,脓液包围在移植血管周围,沿移植血管全程均可出现红肿热痛等炎症表现,可伴全身症状包括体温升高、寒战、心率增快等。AVG 慢性感染常出现在穿刺部位,表现为窦道、炎性肉芽肿及人工血管外露,患者通常无全身症状,透析通路往往仍有功能并可维持透析。

多数 AVF 感染可依据物理检查和常规实验室检查做出诊断。但某些隐性感染,缺乏局部严重表现,发热是唯一症状。影像学检查有助于隐性感染的诊断,并辅助确定感染的范围,具体包括多普勒超声、CT 扫描、正电子发射体层摄影及核医学扫描(例如钡扫描)。

多普勒超声可明确 AVF 的通畅性、血管壁的完整性、是否存在动脉瘤/假性动脉瘤及血管周围是否有液体,以此辅助判断感染的受累范围<sup>[126,502]</sup>,超声的缺点是无法明确 AVF 周围液体的类型(如血肿、血清肿和脓肿),需要结合临床。其他影像学检查包括 CT、正电子发射体层摄影、钡扫描和钨扫描,放射性标记的白细胞扫描具有较高的敏感(95%~100%)和特异性(90%~93%)。血栓形成或弃用的 AVF 也可能存在感染,临床上可能无明显感染症状,正电子发射体层摄影和核医学扫描有助于发现该类隐性感染<sup>[503]</sup>。

微生物培养可明确感染菌株,当怀疑 AVF 感染时,应尽快进行血培养,同时在开始使用抗生素之前获取受累 AVF(伤口、软组织、隧道或引流液)标本做药敏试验。任何相关手术或内瘘切除时也应积极留取标本进行送检。抗生素治疗方案需要根据培养结果进行相应的调整。

另外,自体 AVF 及 AVG 感染均可导致危及生命的出血,一经诊断需及时治疗,以防止不良后果的发生。治疗策略应考虑患者的整体生命计划及未来通路的选择,治疗方案包括保守治疗、手术治疗及联合治疗。

**(1)保守治疗:**最初抗生素选择应为同时覆盖革兰阳性和革兰阴性菌的广谱抗生素(如万古霉素、哌拉西林-他唑巴坦),并依据培养结果调整抗生素,此时可咨询感染科专家选择最适宜的抗生素治疗方案。治疗疗程取决于通路类型、患者的情况和感染程度。例如,AVF 穿刺部位的感染,尤其是在无菌技术不足的扣眼穿刺中,抗生素治疗疗程应

足 6 周<sup>[255]</sup>;累及动脉和静脉的广泛 AVF 感染应延长静脉抗生素时间,疗程同感染性心内膜炎患者的治疗(例如 $\geq 6$ 周)。此外,透析时应避免使用感染的 AVF,在感染治愈或无法挽救需要建立新的 AVF 之前,可以置入 CVC 作为透析通路。

对于局限性 AVF 感染(如扣眼穿刺的 AVF 扣眼感染),单独使用抗生素可能有效。但对于 AVG,一旦移植物受累,单独用抗生素治疗感染很难被清除,往往需要手术移除受累段移植物。

**(2)手术治疗:**AVF 感染的手术治疗需遵循个体化原则。手术方案的选择依据周围组织受累情况、内瘘类型(自体 AVF 或 AVG)、感染部位(吻合口或非吻合口)、感染的范围(局限性或弥漫性)、是否出现全身症状、是否合并出血及未来透析通路的选择情况,其中未来透析通路的选择是重要依据。

自体 AVF 吻合口的感染相对少见,通常需要立即手术切除感染组织。

AVG 感染手术方式包括:局部切开引流加清创换药、移植血管全切除、移植血管次全切除、移植血管部分切除、肱动脉结扎(图 3)。

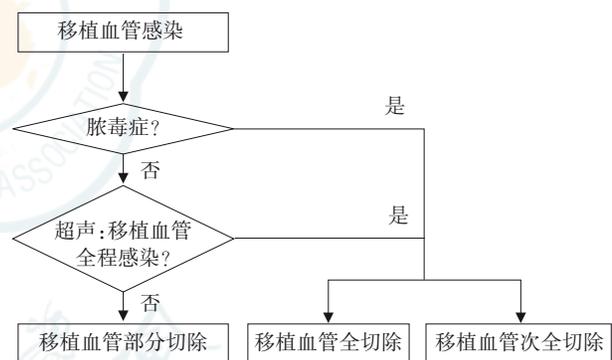


图3 移植物动静脉内瘘感染的处理原则

移植血管全切除是根除感染的最有效方法,适用于 AVG 感染合并全身脓毒症(发热、白细胞升高或低血压)、移植血管全程感染、感染累及吻合口以及吻合口出血的患者,需要建立临时透析通路过渡。早期 AVG 急性感染(术后 30 d 之内),由于 ePTFE 材料微孔尚无成纤维细胞长入,一旦细菌种植则难以清除,且常常累及吻合口,应考虑移植血管全切除。手术需切除全段移植血管,肱动脉吻合口直接修补或采用自体静脉进行修补。由于肱动脉组织脆弱,且受感染影响,难以进行直接缝合,而勉强缝合则会引起狭窄,因此肱动脉多需使用自体补片修补,如缺损超过周径的 1/3,则建议切除受累段动脉至健康管壁,自体静脉间置重建肱动脉,受累静脉结扎。大部分患者需要开放创面,皮下隧道放置引流等待二期愈合。该方法疗效确切,感染复发率仅 1.6%,但手术难度大,存在出血、缺血或神经损伤等并发症风险,并有可能丧失下一步建立永久通路的部位<sup>[504-505]</sup>。随着血管内支架在 AVG 中的广泛应用,全切除术会变得更加

复杂、困难。

移植血管次全切除是指切除移植血管，在自体动脉侧仅留下一个小残端以便闭合。这种方法适用于大部分移植血管感染但未累及动脉吻合口的情况，避免了广泛的动脉切除和神经损伤的风险。该方法治疗 AVG 感染时感染复发率为 19%<sup>[30]</sup>。

移植血管部分切除是指只切除一小部分受感染的移植血管，并将新的移植血管置于邻近的无菌组织中，以维持原内瘘的通畅，多适用于穿刺部位感染的患者<sup>[506]</sup>。可避免使用 CVC 过渡。该方法原理基于：在某些晚期感染(>术后 1 个月)中，由于 AVG 与自身组织愈合良好，感染可能相对局限。但移植血管节段受累范围通常较难判断，超声检查移植血管周围积液消失可能对辅助判断有一定帮助，但精确性欠佳。因此部分切除易出现残留移植血管感染复发，文献报道感染复发率达 29%<sup>[506-508]</sup>。

肱动脉结扎：适用于难以控制的吻合口出血，可能导致手缺血，应在发出肱深动脉远端结扎。一项纳入 5 项研究共 125 例患者的系统性回顾分析发现，肱动脉结扎术后 AVF 感染得到控制而无复发，并且上肢缺血发生率低(仅 1 项研究报道了 3 例上肢缺血的患者)<sup>[509]</sup>。

此外，对于感染金黄色葡萄球菌的移植血管，建议移植血管全切除；而表皮葡萄球菌的毒力较小，可以移植血管次全切除或移植血管部分切除<sup>[481]</sup>。

最近，有抗生素、侵袭性清创和负压创口疗法治疗 AVG 感染的报道，但是鉴于证据太少，不足以做出合理性建议<sup>[510]</sup>。现有文献对单纯抗生素治疗 AVG 感染的效果存在质疑，原因可能是一些患者没有明确的感染，只是对移植材料的反应自发消退被错误地解释为感染治愈。

新型移植材料可能具有较低的感染风险，其中药物涂层人工血管的研究结果令人鼓舞，目前仅有肝素涂层人工血管可用<sup>[479]</sup>。在动物实验中，三种抗菌药物涂层 AVG 感染率显著降低<sup>[511]</sup>。

对于 AVF 感染，预防至关重要，具体措施包括避免 CVC 应用、最大化使用 AVF、尽量避免建立下肢内瘘、对高危患者尽量使用自体 AVF 或者生物合成移植血管内瘘、AVF 围手术期严格遵循无菌技术、预防性应用抗生素、最优化穿刺技术、常规密切监测，发现感染迹象尽早干预。与绳梯穿刺相比，扣眼穿刺具有更高的感染风险，应避免使用。而且扣眼穿刺致病菌可能为革兰染色阳性或毒性强的致病菌(如金黄色葡萄球菌)，有可能导致严重的迁移性感染，如心内膜炎、化脓性关节炎、脊髓脓肿等。如果发现转移性并发症，必须快速治疗，联合感染科等相关学科专家进行诊治，以防严重或灾难性后果发生。

## 6. HAIDI:

### 推荐意见

144. AVF 建立前应评估缺血发生的相关危险因素，谨慎选择内瘘建立方案，以尽量减少 AVF 相关缺血综合征的发生。(1C)

145. 在 AVF 术后，应密切监测患者是否出现 AVF 相关缺血综合征的症状和体征，并根据具体情况进行处理。(1C)

146. 缺血综合征的治疗方案应该根据患者的临床表现、当地通路医师的经验及可利用医疗资源来制定(1C)。(1)有症状的 HAIDI，伴动脉流入道狭窄时可以考虑实施球囊扩张血管成形术。(2)高流量内瘘导致有 HAIDI 患者应进行限流手术。(3)对于流量正常的内瘘，改善远端动脉灌注(如远端动脉血管重构加间断结扎术、流入动脉近端化等)可能有助于缓解缺血综合征。

AVF 引起的肢体缺血，被称为 HAIDI。在肱动脉作为流入道时其发生率在 5%~10%，而桡动脉作为流入道时发生率不到 1%<sup>[512]</sup>。该并发症可以发生在 AVF 建立后不久，也可以发生在内瘘建立数年后随着通路流量增加或流入动脉病变进展而出现。

HAIDI 的病因包括流入动脉狭窄、内瘘高流量和远端动脉或旁系动脉代偿不充分<sup>[401]</sup>。HAIDI 的危险因素包括：女性、年龄>60 岁、糖尿病、外周血管疾病、流出静脉内径较大、同侧多次手术史、肱动脉远端干预史、既往通路缺血史等<sup>[513]</sup>。

HAIDI 的临床表现及分级参见 AVF 建立并发症章节。临床需要与腕管综合征、静脉高压和缺血性单神经病变等鉴别<sup>[514]</sup>。

AVF 术后应密切监测患者是否出现 AVF 相关缺血的症状和体征。常规临床检查项目包括：脉搏、锁骨上杂音听诊、双上肢血压测量、压闭内瘘前后末梢循环情况。压闭内瘘前后超声扫描手指及远端动脉血流、光电容积描记法监测等有助于辅助诊断 HAIDI<sup>[369]</sup>。光电容积描记法中，基础指压及指肱指数诊断 HAIDI 的准确性高于压闭内瘘后指压变化。诊断 HAIDI 各指标的临床值为：基础指压<94 mmHg(灵敏度 66.7%，特异度 93.6%)，指肱指数<0.6(灵敏度 80%，特异度 83%)，压闭内瘘后指压变化>65 mmHg(灵敏度 53.3%，特异度 91.5%)<sup>[515]</sup>。DSA 或 CTA 检查可以为后续治疗提供重要解剖学信息<sup>[513-514]</sup>。

HAIDI 的临床症状进程目前尚不明确，如果不治疗，中度至重度的 HAIDI 症状很少减轻。KDOQI 指南<sup>[26]</sup>建议，当缺血症状和体征程度为轻度至中度时，需要密切监测缺血的进展，观察有无恶化；当缺血症状和体征程度为中度至严重时，通常需要紧急治疗。及时识别和干预 HAIDI 是避免出现长期并发症、挽救 AVF 的关键，治疗目标是纠正血流动力学变化和逆转可能出现的症状。

HAIDI 的治疗依据临床表现、病因采取不同措施<sup>[142]</sup>。

当缺血症状较轻时(临床分级为 I 级或 II 级较轻者)，如运动、HD 时疼痛，应明确缺血的原因并给予保守治疗，以减少肢体远端缺血的同时维持 AVF 的功能，保守措施包括局部保暖、功能锻炼、改善血液循环的药物等。

缺血症状严重、临床分级 II 级较重、III 级及 IV 级者需手

术治疗。当缺血诱发溃疡不愈合和肢端坏死面临截肢风险时,应立即手术干预,AVF 结扎可能是最合适的选择。其他择期手术依据病因不同选择不同手术方式。

流入动脉狭窄应通过 PTA 治疗;透析通路高流量诱发的缺血需限流,可采用捆扎、折叠缩窄、微创有限结扎腔内辅助翻修术等方法减少流出道直径或外科修复术来缩窄吻合口直径<sup>[516]</sup>或者内瘘静脉与吻合口远心端动脉旁路术<sup>[517-520]</sup>等。术中应监测内瘘血流量以确保足够的透析泵控血流量,或使用多普勒超声监测外周动脉灌注的增加<sup>[521-522]</sup>。对于桡动脉-头静脉自体内瘘高流量伴缺血者,存在窃血现象的,可结扎桡动脉远端<sup>[504, 518, 523]</sup>。对于流量正常的内瘘通常存在外周动脉疾病导致灌注不足,改善远端动脉灌注有助于缓解缺血,具体手术方式包括远端动脉血管重构加间断结扎术<sup>[522, 524-527]</sup>、流入动脉近端化<sup>[528-529]</sup>等。

有不同研究对比了上述手术方式的疗效,远端动脉血管重构加间断结扎术<sup>[528]</sup>是治疗血管通路性缺血的有效方法,具有良好的远期疗效。在最新一篇纳入 22 项研究的系统评价中<sup>[530]</sup>,共计 459 例患者接受远端动脉血管重构加间断结扎术,平均缺血时间为 196 d,多表现为 III 级或 IV 级缺血症状(52%)。在平均随访 22.2 个月期间,总成功率为 81%(95% CI 80.9% ~ 82.5%)。内瘘静脉与吻合口远心端动脉旁路术优于远端动脉血管重构加间断结扎术,因为它将吻合口重新定位到更远端的动脉(如从肱动脉到桡动脉近端),允许尺动脉血流顺向并且保持了动脉的连续性,该术式可降低 50% 的通路血流量<sup>[531]</sup>。

HAIDI 是 AVF 建立后的严重并发症之一,通路医师应了解其危险因素、临床表现、干预指征及干预措施,以便及时诊断并给予治疗,降低其发病率及致残率。如术前应对高危患者的流入动脉进行影像评估,存在狭窄者需要进行纠正或者选择无病变的对侧肢体建立内瘘、避免肱动脉远端相关手术、避免流出道瘤样扩张等,这些措施有助于降低 HAIDI 的发病率。

## 7. 高输出量心力衰竭:

### 推荐意见

147. 对于 AVF  $Q_a \geq 1\ 500\ \text{ml/min}$  和/或  $Q_a/CO \geq 20\%$  但暂无心脏负荷过大症状的患者应定期监测(2C)

148. 对于 AVF 引起的高输出量心力衰竭,首先尝试限流措施,如果无效则结扎内瘘。(2C)

AVF 是在高压、高阻的动脉系统与低压、低阻、高容量的静脉系统间建立的非生理性通道,即产生动静脉短路,其高流量、低阻力的血流环境会影响心血管系统原有的血流状态,诱导心室发生适应性重构<sup>[532]</sup>,而关闭内瘘可逆转心室重构<sup>[533]</sup>。最近一项关于 AVF 结扎对心脏影响的 RCT 研究纳入 63 例肾移植患者,结果显示 AVF 结扎后 CO 从基线时的 6.8 L/min 下降到 6 个月时的 4.8 L/min ( $P < 0.05$ ),同时左室舒张末期、左室收缩末期、心房容积和氨基末端脑钠肽

前体均显著降低( $P < 0.01$ )<sup>[534]</sup>。

临床上大多数透析患者能耐受 AVF 所致血流动力学负荷,已经存在心脏疾病(如慢性心力衰竭、左心室肥厚、冠状动脉疾病)及高血流量内瘘的患者容易出现高输出量心力衰竭<sup>[516]</sup>。传统观点认为随着内瘘自然  $Q_a$  的增加,CO 逐渐增加,但两者并非简单的线性关系,内瘘  $Q_a$  为 950 ~ 2 200 ml/min 的患者平均 CO 值与内瘘  $Q_a < 950\ \text{ml/min}$  患者比无明显差异,但当内瘘血流量超过 2 200 ml/min 时,随内瘘  $Q_a$  增加,CO 明显增加。内瘘  $Q_a \geq 2.0\ \text{L/min}$  与高输出量心力衰竭的发生相关,敏感性为 89%,特异性为 100%<sup>[517]</sup>。有学者提出用内瘘  $Q_a$  与 CO 比值 ( $Q_a/CO$ ) 评估内瘘相关的心血管风险<sup>[518]</sup>。中国医院协会 HD 血管通路专家组根据我国临床实践定义  $Q_a \geq 1\ 500\ \text{ml/min}$  和/或  $Q_a/CO \geq 20\%$  为高流量内瘘<sup>[107]</sup>。

血管通路介入治疗可以提高 AVF 的血流量,其对心脏负荷的影响近年已有报道。Adachi 等<sup>[535]</sup>测量了介入治疗前后心房利钠肽和脑利钠肽水平的变化,发现介入治疗后脑利钠肽水平显著升高(175.0 ng/L 比 145.2 ng/L,  $P < 0.05$ ),而介入治疗前脑利钠肽水平高、AVF 血流量小的患者,术后发生心力衰竭的风险较高。Hashimoto 等<sup>[536]</sup>分别在 PTA 前后 1 h 通过超声测量 AVF 血流量和心功能,结果发现 PTA 显著增加内瘘  $Q_a$ (从 445 ml/min 增至 725 ml/min),大多数患者的 CO 和心脏指数明显增加,射血分数及下腔静脉直径没有变化;小部分(18%)患者虽然内瘘  $Q_a$  升高,但 CO 下降,这可能是由于外周动脉和心脏的适应反应不足,这种现象可以预测未来心脏事件发生的风险。

高输出量心力衰竭的患者整体预后较差,与正常对照组相比,高输出量心力衰竭患者的 5 年死亡风险明显增加( $HR = 3.4$ , 95% CI 1.6 ~ 7.6),内瘘相关的高输出量心力衰竭患者 5 年生存率不足 20%<sup>[537]</sup>。早期干预具有心力衰竭风险的 AVF 患者,避免内瘘相关的症状性高输出量心力衰竭的发生,具有重要的临床意义。对于应用 AVF 的 MHD 患者,若内瘘血流量过高伴反复发作心力衰竭症状,可以采用如下两种方法判断患者能否从关闭内瘘或减轻内瘘血流量中受益:①压闭内瘘 1 min 后患者是否有心率减慢、左心室舒张末内径减小<sup>[522]</sup>。②压闭 AVF 2 min 后,三尖瓣环平面收缩偏移是否变化<sup>[504]</sup>。

需要手术干预的高血流量 AVF 相关的心力衰竭的发生率为 2.6% ~ 3.7%<sup>[15, 538]</sup>,手术方法包括保留内瘘限流或结扎,可以分步进行<sup>[540]</sup>。对于严重心力衰竭的患者,结扎内瘘需格外小心,Pascual 等<sup>[539]</sup>报道了 1 例伴有严重心力衰竭的肾移植患者在手术结扎 AVF 后猝死,考虑是由于内瘘关闭后外周阻力立刻增加所致。

减少内瘘流量的方法包括缩窄内瘘流出道(环阻法、折叠缩窄法和间插一段较细的移植血管)和建立旁路等<sup>[526]</sup>。其中以应用环阻法缩窄内瘘流出道多见,但环阻程度难以把握,目前没有量化指标,缩窄过小症状缓解不明显,过大则易导致内瘘流量不足甚至血栓形成,影响内瘘通

畅。微创有限结扎腔内辅助翻修术采用血管内球囊作为环阻法的导引,是缺血综合征的有效治疗方法,也适用于高输出量心力衰竭的治疗<sup>[527]</sup>。Turner等<sup>[540]</sup>报道术中超声可以作为指导环阻程度的工具,我国学者也有类似个案报道<sup>[541]</sup>。Kanno等<sup>[542]</sup>对74例高输出量心力衰竭患者进行3种不同的减少内瘘血流量的方法:近端动脉环阻+远端动脉结扎(A-ban+A-lig:12例);流出道静脉环阻(V-ban:37例);吻合口缩窄吻合术(Ana:25例),这些技术在降低血流量和Qa/CO至目标水平方面同样有效,所有患者的临床症状均得到改善;但V-ban组高输出量心力衰竭的复发率和AVF闭塞率均较高(分别为18.9%和24.3%)。此外,Parmer等<sup>[543]</sup>采用内瘘静脉与吻合口远心端动脉旁路术延长内瘘并缩小其内径,同时保留顺行动脉血流,从而减少了通路血流量。也有报道以近端桡动脉结扎作为降低桡动脉-头静脉内瘘血流量的方法<sup>[544-545]</sup>,通过移植血管将吻合口移向远心端以减少流入道血流治疗高流量内瘘引起的高输出量心力衰竭<sup>[538]</sup>。

对于有潜在心力衰竭风险的ESKD患者需仔细评估AVF建立后心力衰竭的风险及导管相关并发症的风险以确定通路方案。术前超声心动图检查有助于识别高风险患者。此外,超声心动图检查能预测AVF建立后的Qa或评估其血流动力学对心脏影响的模型<sup>[546]</sup>,有助于帮助患者选择最佳的血管通路<sup>[547]</sup>。西班牙指南建议当内瘘Qa>2 000 ml/min或Qa/CO>30%时,降低AVF血流量可以降低高输出量心力衰竭的风险<sup>[378]</sup>。2018年欧洲血管外科学会指南建议对内瘘Qa>1 500 ml/min的患者进行定期监测,监测指标包括内瘘Qa、超声心动图和心力衰竭的临床体征<sup>[30]</sup>。中国医院协会血液净化中心分会血管通路专家共识建议对于Qa≥1 500 ml/min和/或Qa/CO≥20%但暂无心脏负荷过大症状的患者常规每3个月1次检查胸片、心脏多普勒超声评估左心室参数(如左心室收缩与舒张末内径、左心室体积和射血分数),如果患者心胸比例、左心室容积、CO进行性增加,应采取干预措施<sup>[107]</sup>。

## (二)HD导管相关并发症

### 1. 导管功能不良:

#### 推荐意见

149. 导管功能不良定义为导管有效血流量小于200 ml/min,或者当血泵流速达到200 ml/min时动脉压小于-250 mmHg和/或静脉压大于250 mmHg,或者再循环率大于10%,或者极低体重的患者或儿童患者流量值低于体重的4倍、无法达到充分透析。或在改变常规HD治疗方案的情况下,导管未能维持HD所需的足够血流量。(1B)

150. 建议出现导管功能不良时,首先采取床旁体位调整、导管反接等基础处理。(1C)

151. 导管功能不良采用保守处理效果不佳时,建议采用药物溶栓治疗。(1B)

152. 导管功能不良采用保守及药物治疗效果不佳时,建议进行介入放射学评估及处理。(1B)

2019年KDOQI指南<sup>[26]</sup>将导管功能不良定义为:在不延长规定的HD治疗时间的情况下,未能维持HD所需的足够体外血流量。值得注意的是,2006年KDOQI指南<sup>[548]</sup>将导管有效血流量小于300 ml/min或者当血泵流速达到300 ml/min时动脉压小于-250 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和/或静脉压大于250 mmHg定义为导管功能不良的客观评判标准。但临床经常出现由导管的反接、CVS等引起的再循环增加但流量不受影响等情况,同时也有研究发现导管流量分别在250、275、300 ml/min时对透析充分性的预测能力有限<sup>[549]</sup>。此外,受透析器的选择、患者体位变化、血压下降、血容量变化、血红蛋白波动、可自溶的导管局部血栓及其他未知的可逆性原因影响<sup>[550-551]</sup>,临床上经常出现患者短期透析充分性波动的情形。这些因素常短暂影响透析充分性,可自发缓解。因此,仅仅使用导管血流量无法涵盖定义导管功能不良。根据我国的医疗现状及患者的体质量特点和透析模式特色,建议透析导管功能不良的判断标准为:导管有效血流量小于200 ml/min,或者当血泵流速达到200 ml/min时动脉压小于-250 mmHg和/或静脉压大于250 mmHg,或者再循环大于10%,或者特别低体重的患者或儿童患者流量值低于体重的4倍、无法达到充分透析,可判断为导管功能不良。

文献中关于导管功能不良的发生率因定义不同而异,来自美国透析连锁机构Da Vita及USRDS数据库中3 364例患者268 363例次基于导管的透析研究表明,以血流量(Qb)小于300 ml/min来定义导管功能不良的发生率为7.1%,几乎2/3的患者有过至少一次的导管功能不良事件,30%的患者每月至少发生一次导管功能不良事件<sup>[552]</sup>。另一项研究以透析时30 min以上Qb峰值≤200 ml/min,连续2次透析平均Qb≤250 ml/min,或由于Qb不足而无法启动透析来定义导管功能不良,其发生率为20.0%~34.8%<sup>[350]</sup>。也有报道显示导管功能不良发生率为(0.5~3.0)/1 000导管日<sup>[552-553]</sup>。

导管功能不良应首先采用床旁的保守处理,包括调整患者体位(采用Trendelenburg体位)、利用生理盐水快速冲洗导管腔解除潜在的血栓,一些特殊设计的导管尖端可以允许反接动静脉接头以完成透析<sup>[554]</sup>。导管功能不良且无法通过床旁保守处理来解决者,常常表明存在纤维鞘形成、顽固性血栓或技术性、机械性问题。常见的技术性、机械性问题包括导管尖端未置于右心房、导管异位、导管扭转、缝合线固定位置不当、导管泄漏等。导管功能不良将持续影响正常透析,建议通过介入放射学进行评估及处理。

### 2. 导管血栓和/或纤维蛋白鞘形成等并发症:

#### 推荐意见

153. 怀疑导管内血栓形成,建议经导管腔内给予溶栓剂治疗。(1B)

154. 导管血栓和/或纤维蛋白鞘形成并发症时,建议

给予尿激酶或 rt-PA 以恢复栓塞的导管通路。(1B)

155. 使用高剂量的溶栓药物效果可能更佳。(2B)

156. 使用 rt-PA 进行导管溶栓的给药方式可以选择缓慢推注或者封管。(1C)

157. 纤维蛋白鞘致导管丧失功能时, 更换导管是否行纤维蛋白鞘破坏的处理, 主要基于操作者的临床经验和判断。(2C)

158. 目前尚无足够证据基于导管的通畅率预后评估导管纤维蛋白鞘破坏的效果或建议具体的方法。(2C)

159. 在保守处理、药物溶栓、其他技术性处理(如血管介入术、导管置换)策略均未能挽救导管时, 可将导管移除并在不同部位置管。(2C)

纤维蛋白鞘或血栓栓塞是引起导管功能不良的常见原因, 目前无标准疗法。良好的置管技术、理想的导管位置及适宜的封管技术可以减少其发生率, 导管内溶栓治疗常用于急性期处理<sup>[555]</sup>。有研究表明, 常用的尿激酶(5 000 IU/ml)和 rt-PA(1 mg/ml)在治疗导管血栓性并发症时效果类似<sup>[469]</sup>。另有研究发现高剂量(100 000 IU)尿激酶封管液的疗效优于低剂量(25 000 IU)尿激酶封管液、高剂量的 rt-PA(2 mg)溶栓效果优于低剂量组(1 mg)<sup>[556]</sup>。在排除禁忌证的前提下, 国内常用的溶栓方案为尿激酶<sup>[495, 556-558]</sup>, 常用封管法和持续滴注两种方法。封管一般采用 5 000~50 000 IU/ml 的尿激酶, 在导管内保持 25~30 min, 或者保留 10 min 后每隔 3~5 min 推注尿激酶溶液 0.3 ml; 滴注法常用 250 000~500 000 IU 尿激酶溶于生理盐水中持续泵滴 6~10 h。滴注期间应监测凝血功能, 当纤维蛋白原低于 1.5 g/L 应停止溶栓。或者 rt-PA 配成 1~2 mg/ml 浓度分别注入导管动静脉两端管腔内各 1~2 mg, 封管维持 30~60 min<sup>[559, 560]</sup>。导管仍不通畅时可重复一次, 维持时间延长, 也可保留至下次透析。溶栓成功率 70%~90%, 但复发率较高<sup>[561]</sup>。

对于溶栓失败或频繁复发者, 建议进行介入影像学检查, 并评估更换导管指征。纤维蛋白鞘形成是许多透析患者导管功能障碍的潜在根源, 甚至可能累及 40%~100% 的导管<sup>[562-564]</sup>。经导管注射小剂量对比剂追踪纤维蛋白鞘可进行诊断<sup>[565]</sup>, 经导管路径的球囊扩张有助于破坏导管外部纤维蛋白鞘<sup>[394]</sup>。小样本 RCT 研究将经导丝更换导管的患者分为纤维蛋白鞘破坏后置换、纤维蛋白鞘不破坏直接置换和不合并纤维蛋白鞘 3 组, 结果发现导管再丧失功能的中位时间分别为 373 d、98 d 及 849 d, 重复导管更换中位时间分别为 411 d、198 d 及 879 d, 平均导管血流量小于 300 ml/min 者分别占 15%、22% 及 7%, 溶栓剂使用分别占 2.1%、5.0% 及 1.8%<sup>[469]</sup>。另一项横断面研究发现纤维蛋白鞘破坏后导管重置的效果和无纤维蛋白鞘置换导管的预后类似<sup>[566]</sup>。

### 3. 导管感染:

#### 推荐意见

160. 导管感染常见类型包括:(1)导管细菌定植;(2)导管出口感染;(3)导管隧道感染;(4)CRBSI;(5)导管相关迁移

性感染, 包括细菌感染性心内膜炎、化脓性关节炎、骨髓炎等。(1B)

161. 目前没有足够的证据支持进行常规导管定植细菌监测培养。(2C)

162. 怀疑导管感染而启动经验性抗生素治疗前, 应进行细菌培养, 并根据培养的药敏结果调整抗生素的使用。(2C)

163. 对感染的导管进行挽救或拔除, 应根据临床实际情况进行个体化管理。(2C)

164. 对于高危 CRBSI(例如既往多次 CRBSI)但依赖导管的患者, 尤其是在高 CRBSI 率(例如 CRBSI>3.5/1 000 d)的透析中心的患者, 可以考虑选择性使用特定的预防性抗感染封管液, 或者选择每周 1 次预防性使用溶栓剂(rt-PA)导管封管液。(2C)

感染是导致 ESKD 患者死亡的第二大原因, 仅次于心血管事件<sup>[478]</sup>。ESKD 患者 76.5% 的血流感染事件与血管通路相关, 63.0% 的血流感染和 69.8% 的透析通路相关血流感染都与导管相关<sup>[567]</sup>。血流感染的发生率约 1~6.5 次事件/1 000 导管日, 并随着导管使用时间延长而逐步升高<sup>[503]</sup>。KDOQI 指南建议将血流感染发生率控制到 1.5 次事件/1 000 导管日。与使用自体 AVF 或 AVG 患者比较, 使用导管透析患者的感染相关病死率及死亡风险显著增高<sup>[21]</sup>。

导管感染常见类型包括:(1)导管细菌定植;(2)导管出口感染;(3)导管隧道感染;(4)CRBSI;(5)导管相关迁移性感染, 包括细菌感染性心内膜炎、化脓性关节炎、骨髓炎等。导管出口感染定义为: 距离导管出口 ≤2 cm 处的组织充血、肿胀或触痛。可能与出口处渗出有关, 也可能与菌血症有关。如果出口有渗出, 应收集渗出物并行革兰染色、培养和药敏分析。导管隧道感染定义为: 沿着皮下隧道延伸的组织充血、压痛、充血或硬结。如有渗出, 应采集行革兰染色、培养及药敏。

CRBSI 定义为: 临床感染表现和至少 1 次外周来源(透析管路或静脉)的血培养阳性并排除了其他明显来源, 同时半定量(>15 CFU/导管段, 如接头或顶端)或定量(>10<sup>3</sup> CFU/导管段, 如接头或顶端)阳性; 并且, 相同的病原体(种类及耐药谱)在导管段(如接头或顶端)和外周(透析管路或静脉)血标本中被发现。有条件的中心, 发现以下结果则更支持 CRBSI: 血标本同时定量培养比例 ≥3:1(导管段/外周); 导管培养与外周血培养阳性的时间差为 2 h<sup>[26, 568]</sup>。

NCC 感染最常引发导管置入道和导管腔内的细菌感染, 以及血流感染。TCC 感染最常见的感染部位包括出口、皮下隧道及 CRBSI<sup>[569]</sup>。颈静脉留置 NCC 中, 金黄色葡萄球菌是最常见的 CRBSI 感染病原体(30.6%), 39.5% 的金黄色葡萄球菌分离株对甲氧西林耐药<sup>[570]</sup>, 经股静脉留置 NCC 相关菌血症更多见于革兰阴性菌感染。尿毒症患者发生金黄色葡萄球菌菌血症者, 转移性脓肿的发生率相对较高, 需谨防感染性心内膜炎、化脓性关节炎或硬膜外脓肿<sup>[571]</sup>。

避免导管感染重在预防,手术操作及护理中应严格遵循无菌原则,细节可参阅导管相关感染预防指南(<https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5110a1.htm>)。应严格执行无菌操作技术,并在每次透析时更换局部伤口敷料。NCC 一旦出现全身感染症状和体征时,应首先拔除导管。如出现 CRBSI,应拔除感染导管并进行导管尖端细菌培养,患者血管条件许可时建议更换部位重新置管。全身感染通常初始使用万古霉素(10~20 mg/kg,最大剂量 2 g),对于股静脉 NCC 者易出现的革兰阴性菌血症,应使用万古霉素和第三代头孢菌素、喹诺酮或氨基糖苷类药物治疗,等待细菌学鉴定及药敏结果指导下续治疗方案。万古霉素的血药谷浓度为 10~15 mg/ml,对于有部分肾功能残留或接受连续静脉血液滤过的患者,其万古霉素清除率增加,需要更频繁地给药。万古霉素和氨基糖苷类的组合方案由于存在耳毒性风险必须谨慎使用。培养结果指导下的抗感染疗程建议 2~3 周。对于转移性感染灶的患者,客观条件允许时,应引流出积聚的脓液,并静脉使用敏感抗生素治疗 6 周。

TCC 出口部位感染通常可以用局部和口服抗生素治疗,无须更换导管<sup>[570,572]</sup>。出口处感染时,经验性使用抗生素应覆盖革兰阳性菌。通常经验性使用万古霉素,直到培养结果出来后根据药敏结果指导用药。患者出现发热、寒战或不明原因的低血压提示 CRBSI<sup>[570,573]</sup>。怀疑 CRBSI 时应当从导管和外周血管(透析管路或静脉)抽取血培养+药敏试验,并即刻开始经验性静脉使用抗生素治疗,也可以单独或者联合使用抗生素封管液封管(见表 3)。隧道感染、患者 CRBSI 病情较重或血流动力学不稳定时,抗生素谱需考虑同时覆盖革兰阳性菌和革兰阴性菌(如氨基糖苷类或第三代头孢菌素)。由于 CRBSI 时耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的发病率很高,经验性治疗应包括对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的覆盖,同时也应以当地感染率、抗生素敏感性和透析中心感控数据为指导。出口处感染抗生素疗程建议 7~14 d。隧道感染经验性抗生素治疗有效时,无菌血症者疗程 10~14 d,有菌血症者疗程延长至 2~6 周并综合评估后调整方案;隧道感染严重形成脓肿者,必须切开引流。发生 CRBSI 时,对于无并发症的金黄色葡萄球菌疗程为 4~6 周,对于革兰阴性杆菌或肠球菌为 7~14 d,念珠菌至少 14 d。建议抗生素疗程结束后 1~2 周进行血培养监测。

对于感染的导管,应当根据患者的健康状况、透析情况和血管通路情况,采取挽救或直接更换的个体化管理措施。导管的处理选择包括直接通过导丝更换导管、导管先移除后再择期插入新导管、保留导管并同时抗生素封管(特别是如果导管被认为是患者的最终通路时)。如果患者血流动力学稳定且没有出口部位或隧道感染,临床上可以经导丝直接更换导管,或者先移除感染导管进行治疗并在几天内更换导管<sup>[572-574]</sup>。经导丝更换导管比导管挽救或导管移除再更换更具成本效益<sup>[575]</sup>。使用全身抗生素联合抗生素和/或抗凝剂封管进行感染导管的保留挽救也是临床常用的方法。隧道感染且积极抗生素治疗 72 h 无效时,考虑避开感

染隧道更换导管,无法避开者另寻其他静脉穿刺点置管。CRBSI 治疗后如果发热仍持续或血培养仍为阳性,则必须更换导管。脓毒症或隧道感染的患者需要立即拔除导管并随后更换。鉴于导管内根除金黄色葡萄球菌的难度及不良后果,国外学者建议在患者无发热且随访培养阴性 48 h 后移除和更换导管来治疗金黄色葡萄球菌相关 CRBSI。根据我国的国情和患者特点,72 h 内感染控制的前提下,可以尝试保留导管,其对临床预后的影响有待于进一步循证研究验证。发生 CRBSI 且存在以下情况时建议立即拔除感染导管并延迟置入新导管:(1)临床情况及血流动力学不稳定的患者;(2)启动全身抗生素治疗仍持续发热 48~72 h;(3)开始使用抗生素后 48~72 h 仍持续菌血症;(4)伴转移性并发症,包括化脓性血栓性静脉炎、心内膜炎;(5)由铜绿假单胞菌、真菌或分枝杆菌引起的感染;(6)隧道区域严重感染。

透析导管感染的诊治流程见图 4。对于高危 CRBSI(例如既往多次 CRBSI)但依赖导管的患者,尤其是在高 CRBSI 率(例如 CRBSI>3.5/1 000 d)的透析中心的患者,可以考虑选择性使用特定的预防性抗感染封管液。目前循证证据较好的可用于封管的抗生素包括:头孢噻肟、庆大霉素或复方新诺明,目前循证证据较好的可用于封管的抗微生物制剂如亚甲蓝,或也可以选择每周 1 次预防性使用溶栓剂(rt-PA)导管封管液。

#### 4. 导管破损或脱出:

##### 推荐意见

165. 建议每个透析日医护人员均应检查患者导管外观的完整性和位置的固定性,及时发现导管破损或移位。(2C)
166. 出现导管破损或脱出,建议及时在影像学引导下经导丝更换导管。(1B)
167. 轻度管体或外接头破损,可采用医用胶修复或更换外接头等来保留导管。(2D)

导管破损多由导管材质的损耗、含乙醇消毒液的腐蚀、导管接头的不适当操作、锐器的误伤、磨损等原因引起;导管脱出常见于术后固定缝线不良、体外段受急、慢性外力牵拉、皮下隧道感染、涤纶套埋置过浅等情况。

一旦发现导管破损或脱出,应首先根据患者的生命规划进行血管通路的再评估。有其他通路或其他肾脏替代模式的患者,无须继续使用导管者,可直接拔除导管。对于仍需继续透析且暂无其他通路者,合并感染性因素时建议旷置感染的皮下隧道,进行经验性抗感染治疗或根据药敏结果用药治疗并重新穿刺置管;无感染性因素者,可经导丝原位更换导管。

建议在 DSA 下进行经导丝原位更换导管术。局部麻醉后切开涤纶套表面皮肤,分离涤纶套,钳夹涤纶套远心端,在远心端剪断导管,并将导管外端从皮肤出口拉出丢弃。从导管体内段断端注射造影剂评估中心静脉情况,无明显狭窄或闭塞者,经导管体内段断端送入导丝至下腔静脉,保

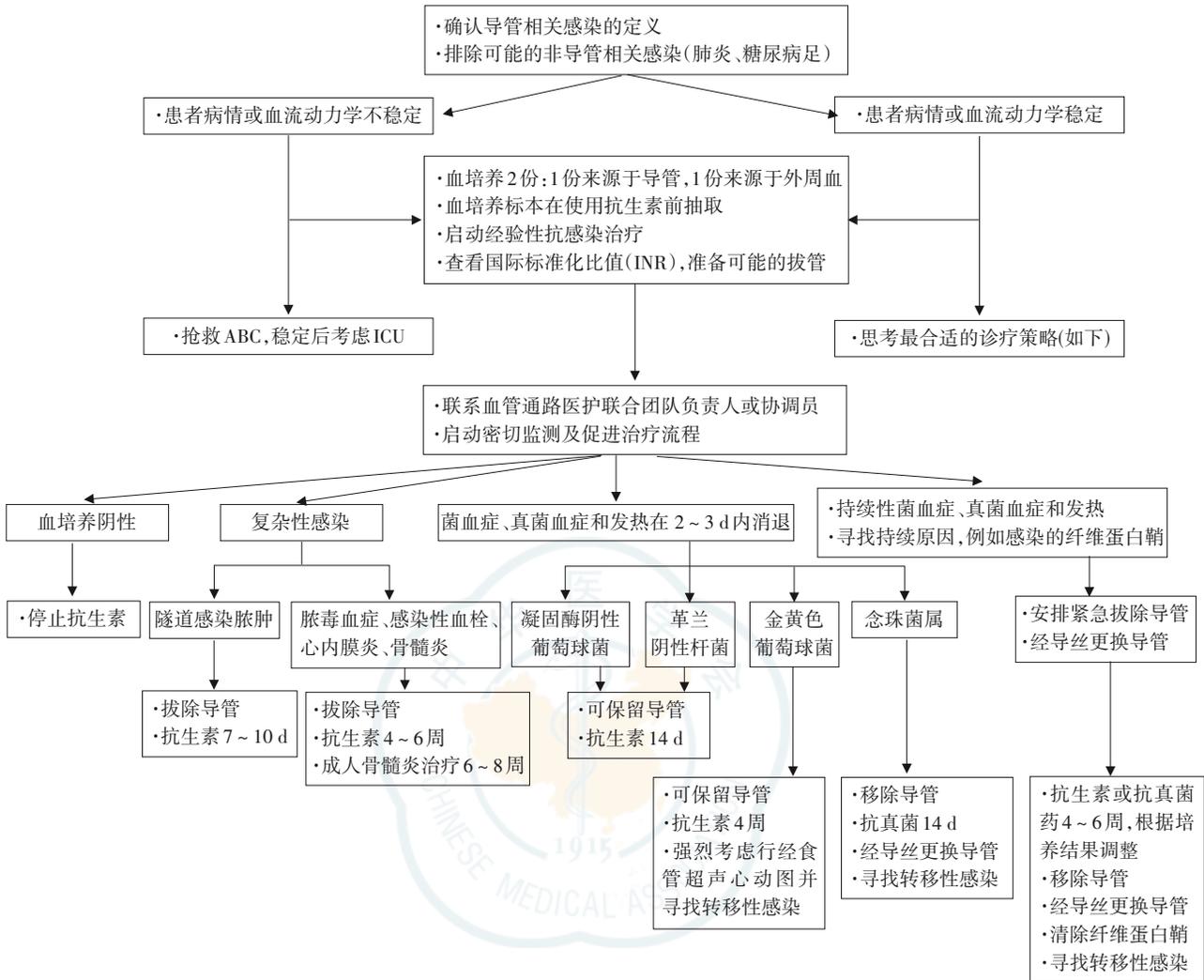


图4 透析导管感染诊治流程

留导丝并拔除体内段,重新建立新的皮下隧道送入新的TCC。一般建议新导管的尖端比原导管深入1 cm左右,同时进行DSA下球囊破坏纤维蛋白鞘操作时,在保证导管流量的前提下可保持原有深度。左侧颈内静脉以及锁骨下静脉留置隧道式导管的更换操作应当在DSA下施行。如存在CVS或CTO,应在球囊扩张解除狭窄后再置管。

### (三)血管通路中心静脉并发症

血管通路相关的中心静脉一般指胸腹腔内的回流静脉,包括锁骨下静脉、头臂静脉、上腔静脉,以及髂静脉和下腔静脉。血管通路中心静脉并发症包括CVS以及CTO等。

#### 1. CVS:

##### 推荐意见

168. CVS的诊断应根据病史、症状体征和影像学检查结果。(2C)

169. 拟建立血管通路的CKD患者应排查CVS。(1C)

170. 无症状的CVS可暂不干预,但仍应动态观察病变进展。(2B)

171. PTA是CVS的基础治疗。(2A)

172. 在顽固性病变、弹性回缩病变、频繁再狭窄、存在解剖性血管压迫等情况时可以使用覆膜支架改善长期通畅率。(2C)

173. 对合并出现静脉高压征、HAIDI和高输出量心力衰竭的高流量通路可进行限流手术。(2C)

174. 腔内治疗效果不佳时,可采用更换肾脏替代治疗方式、更换通路,或采用血管转流术、血管旁路术、血管修补成形术等开放性手术治疗。(2C)

175. 规范使用CVC可减少CVS并发症的风险。(1C)

176. 规范使用CVC可降低相关急性血栓形成风险。(1C)

177. 当中心静脉内血栓负荷量较大时应给予血栓减容治疗。(2C)

CVS是中心静脉病变的基础,其确切发生率较难统计,但考虑到我国CVC使用的普遍性,更应该警惕CVS。CVS的诊断应结合病史、症状体征和影像学检查。CVS发生多与CVC、起搏器导线等血管内装置有关<sup>[571]</sup>,胸廓出口及左无名静脉部位的CVS可能与血管受压有关<sup>[182,576]</sup>。此外,动

静脉通路血流量过高可导致回流中心静脉相对狭窄,引起静脉高压征的表现。CVS 可导致静脉高压和通路功能不良两大症候群。静脉高压征表现为同侧肢体肿胀,伴或不伴胸壁及颜面部肿胀,常合并胸壁及上肢的浅表静脉曲张,部分患者可有患肢局部疼痛、血管瘤形成、溃烂、感染等。CVS 亦可导致通路功能不良,如 Kt/V 下降、导管感染、反复血栓、影响通路长期通畅等<sup>[182,577]</sup>。但部分 CVS 无典型临床表现,在建立动静脉通路后或流量不佳的通路在干预后,因血流量增加而在术后出现典型症状。因此,拟建立血管通路的 CKD 患者应排查是否存在 CVS。特别是对于拟在中心静脉同侧肢体建立动静脉通路的患者,推荐行影像学检查以排查 CVS。DSA 是诊断 CVS 的金标准,并可在诊断同时对狭窄部位进行干预治疗。由于多普勒超声对上腔静脉、头臂静脉及近 1/3 段锁骨下静脉显示欠佳,故较少用于 CVS 的诊断。CTA 是一种重复性好、低创伤性的血管检查手段,可显示血管壁及周围结构,可辅助诊断 CVS。MRA 与 CTA 类似,但由于其使用的钆对比剂可能导致严重的肾源性纤维化,不推荐使用<sup>[30,107]</sup>。此外,若多普勒超声发现动静脉通路血流量过高(>2 000 ml/min),导致回流中心静脉“相对狭窄”时,应警惕静脉高压征、HAIDI 和高输出量心力衰竭的发生<sup>[521,578]</sup>。

无症状的 CVS 可暂不干预,应动态观察病变进展。PTA 是 CVS 的首选治疗方式,其初始通畅率可达 70%~90%,而 3 个月、6 个月的通畅率分别为 49%~63% 和 29%~55%<sup>[579-581]</sup>。定期复查、定期 PTA 干预可显著提高通路的远期通畅率。与高压球囊相比,DCB 的初始通畅率无明显的增高<sup>[582]</sup>。当 PTA 治疗效果不佳(术后残余狭窄>30% 或病变处通路内静压下降<10 mmHg)、短期内反复再狭窄、存在解剖性中心静脉压迫时,覆膜支架可提高 CVS 的通畅率。与高压球囊相比,裸支架未提高通畅率<sup>[583]</sup>。当腔内治疗效果不佳时,可采取开放性手术。静脉-静脉旁路手术是可行的手术方法。主要的手术方式包括腋静脉-颈内静脉旁路、颈内静脉-转位腋静脉、腋静脉-隐静脉旁路、右心房旁路移植等,目的是通过建立血管旁路避开原血管狭窄段。狭窄段的血管修补成形术也是可行的手术方式之一。但需注意的是,尽管 CVS 的开放性手术治疗可以带来理想的长期通畅率,但其与再狭窄的发生及病死率均显著相关<sup>[584]</sup>。对合并出现静脉高压征、HAIDI 和高输出量心力衰竭的高流量通路进行限流可显著改善患者症状、通路长期通畅率和患者长期生存率<sup>[578,585]</sup>。

尽管有上述处理方案,但总体来讲,CVS 的长期通畅率不理想,实施预防性措施更为关键。CVC 留置是 CVS 的主要原因,特别是长期或反复留置。规范使用 CVC 可减少 CVS 风险。尤其 CVS 的 CKD 患者应定期随访,在开始 HD 前适时建立动静脉通路,避免或减少中心静脉置管。应尽量避免锁骨下静脉、左侧颈内静脉或双侧置管<sup>[586]</sup>。进行 CVC 留置操作时,应在影像下确认导管尖端位置,并妥善固定,减少导管移位。建立时应合理选择血管通路,尽量避免

选择在导管同侧肢体建立血管通路。已经建立动静脉通路的患者也应定期随访,以早期发现和成熟不良。

中心静脉血栓形成是影响 CVC 通畅率的另一个重要原因,常引起静脉高压以及导管丧失功能。CVC 的长期留置易引发 CVS,继而导致血流不畅,是引起中心静脉急性血栓形成的重要原因<sup>[587]</sup>。预防中心静脉血栓形成应严格掌握中心静脉置管指征,规范使用 CVC,避免或减少中心静脉置管可显著降低中心静脉血栓形成的风险。导管尖端的放置位置与血栓形成有直接关系。颈内静脉导管尖端应放置于右心房中上部,可获得更好的透析血流量并降低中心静脉并发症的风险,目前尚无证据表明这会增加导管相关右心房血栓形成、心律失常、心脏穿孔等严重并发症的发生风险<sup>[588]</sup>。适宜的封管方式亦有助于减少中心静脉血栓的发生率<sup>[589]</sup>。肝素钠和枸橼酸钠溶液都是理想的封管液,应在排除使用禁忌后选择合适的封管液并严格按照导管标记的管腔容量推注。肝素钠和枸橼酸钠溶液在溶栓治疗次数、导管功能障碍所致拔管发生率、导管内血栓形成的发生率以及导管相关住院率方面差异无统计学意义,但枸橼酸钠溶液封管有助于预防导管相关性感染和导管丧失功能<sup>[590]</sup>。此外,可每周 1 次采用 rt-PA 封管预防 CVC 功能障碍。其他封管液如亭扎肝素(tinzaparin)、牛磺罗定(taurolidine)的封管效果尚缺乏有效证据支持<sup>[26]</sup>。

当中心静脉内血栓负荷量较大时应给予血栓减容治疗,以防出现肺栓塞等严重栓塞性疾病。使用尿激酶或 rt-PA 是中心静脉溶栓治疗的核心环节,给药方式可采用全身给药或者局部溶栓导管给药。治疗前应排除溶栓禁忌证。配合腔内血管成形技术可取得更好的溶栓效果<sup>[589]</sup>。在处理动静脉通路血栓(包括自体 AVF 或 AVG 血栓和中心静脉血栓)时,应警惕血栓脱落造成中心静脉栓塞或肺栓塞事件的风险,特别是在超声下进行的取栓操作。动静脉通路血栓在干预操作前应评估血栓负荷量和血栓性质,操作中进行必要的 DSA 确认,操作后密切观察,这些有助于降低操作相关中心静脉血栓栓塞事件的发生风险。

## 2. 中心静脉 CTO:

### 推荐意见

178. 腔内技术开通重建血管后建立血管通路是解决 CTO 病变的有效措施。(2C)

179. 进行腔内技术开通 CTO 的操作应综合评估患者生存计划、肾脏替代治疗方式选择、通路选择、患者意愿及本中心经验。(2C)

在长期高流量的刺激下,CVS 可出现狭窄段血管的完全闭塞,即中心静脉 CTO。仅从症状和体征无法区分 CVS 和 CTO,影像检查(DSA、CTA 或 MRA)是诊断 CTO 的金标准。腔内技术开通重建血管后建立血管通路是解决 CTO 病变的有效措施<sup>[573]</sup>。腔内技术开通闭塞病变具有较高的难度和危险性,单纯球囊扩张一般不能维持长期通畅,因此 CTO 病变一般应行覆膜支架植入。CTO 的腔内治疗方法复

杂、昂贵,且再狭窄、闭塞的风险较高,进行腔内技术开通 CTO 的操作应综合评估患者生存计划、肾脏替代治疗方式选择、通路选择、患者意愿及本中心经验。采用外科手术处理 CTO 病变,其手术创伤较大,术后出现并发症的风险较高,同时死亡风险大,因此,临床上较少采用,经验较少<sup>[160]</sup>。

#### (四) PD 导管相关并发症

##### 1. PD 导管功能障碍:

###### 推荐意见

180. PD 导管功能障碍的诊断和治疗应按从保守或非侵入性方法到更积极干预的顺序进行。(2C)

181. PD 导管功能障碍的治疗(放射操作、外科开放的重置手术、腹腔镜手术或同时导管更换)应基于患者因素、设施资源和医护人员的专业知识。(2C)

PD 导管功能障碍定义为需要处理、复位或是导致 PD 技术失败的透析液引流不畅(伴或不伴入液不畅);其临床表现为出液不畅(引流时间一般超过 45 min)和/或入液不畅(入液时间一般超过 20 min),其中出液不畅最为常见,也可表现为入液或出液时的疼痛。

导管功能障碍的主要原因有:PD 导管移位、PD 导管受压或扭曲、PD 导管网膜包裹或纤维素堵塞以及功能性原因如便秘或肠胀气、尿潴留等。其中功能性改变多为可逆,并且功能性原因也最为常见。PD 导管的机械扭曲或腔内纤维蛋白凝块通常会伴有双向阻塞。

PD 导管移位的定义是 PD 导管尖端从骨盆移位到了引流功能差的位置。PD 导管流出道功能障碍的最常见原因是便秘。扩张的直肠乙状结肠可能会阻塞导管侧孔或将导管尖端移位到引流功能较差的位置。PD 导管的扭曲则代表导管置入手术过程中出现的技术错误。有时扭曲可能难以证明,并且需要患者仰卧位和坐位,手臂朝下,进行腹部侧位片,以识别管道扭曲。腹部 X 线片通常有助于识别充满粪便的直肠乙状结肠、导管移位或导管扭曲,但有时候导管扭曲在 X 线片上并不很明显。此外,CT 扫描也可用于识别导管的扭曲。扭曲的位置将决定是否需要手术矫正或更换导管。

如果 X 线片或者 CT 等检查除外了 PD 导管的扭曲、移位、膀胱扩张,并且纠正了便秘后,导管功能仍未恢复,则应考虑 PD 导管管腔内纤维素堵塞的可能,可以尝试使用 rt-PA 或尿激酶进行溶栓治疗以清除 PD 导管管腔内纤维蛋白或血凝块。

PD 导管功能障碍的干预选择包括放射操作、外科切开法、腹腔镜技术。其中外科切开法包括了开放重置术、PD 导管更换术。

放射操作是指通过透视导丝、硬杆等,解决导管尖端的移位以及导管的腔外包裹和腔内阻塞的问题。该操作微创、无需麻醉、成本低,如果技术上成功,可以立即恢复 PD。然而,临床中往往需要多次治疗才能获得持久长期的临床成功,在已发表的文献中,临床成功率为 46%~75%,并且

放射操作无法明确 PD 导管功能障碍的根本原因<sup>[591]</sup>。

开放的重置术可选用原切口下方做手术路径,术中不更换原有导管,将 PD 导管腹内段取出后再进行重新放置。

腹腔镜手术的优势在于可以识别导致导管功能障碍的潜在疾病,从而实现针对特定诊断的相应治疗措施。腹腔镜手术治疗通常被认为是 PD 导管功能障碍的有效治疗措施<sup>[592]</sup>。但腹腔镜手术需要全身麻醉,与放射操作相比,手术成本更高,不过它的高成功率能最大限度减少多次手术的需要,并尽可能减少 PD 导管功能障碍的失败率。在腹腔镜手术结束时,建议所有切口部位,无论大小,包括腹膜,需要严密缝合,从而术后可以使用仰卧、低容量、间歇性透析方案以立即重新启动 PD。

外科切开法的 PD 导管重置技术与腹腔镜手术均可以在术中使用穿过下腹壁的缝合吊带丝线,以固定导管腹内段位置<sup>[593]</sup>,防止因形状记忆弹性力而导致导管尖端移位的复发,但不鼓励使用骨盆锚固缝合线,因为缝合线会随着导管的移动而腐蚀导管,且以后 PD 导管难以从牢固的缝合线中取出。

更换 PD 导管是处理 PD 导管功能障碍的最后选择<sup>[594]</sup>,但是更换导管后可能会受到新导管的所有潜在并发症的影响,例如渗漏、出血、感染、阻塞和移位等。

##### 2. PD 导管出口及隧道感染:

###### 推荐意见

182. 对 PD 导管相关出口及隧道感染,首选经验性针对葡萄球菌属的口服抗生素治疗,并根据药敏结果及时调整抗生素方案。相关抗生素的治疗疗程持续 2~3 周。(1C)

183. 对于有出现外涤纶环暴露于出口附近的 PD 导管相关出口及隧道感染,对外涤纶环进行局部刮除可能是预防和治疗导管出口及隧道感染的一种有效方法。(2D)

184. 对 PD 导管相关出口及隧道感染的患者,继发或同时合并导管相关性腹膜炎,应予以拔除导管。(1D)

在出口及隧道感染的治疗中,口服抗生素使用方便、易于推广,同时,大量的临床经验也证实了其对治疗导管相关出口及隧道感染的有效性。经验性治疗应首先考虑覆盖葡萄球菌属。如果患者既往有铜绿假单胞菌感染的病史,经验性治疗所使用的抗生素应覆盖这个菌属。在导管相关出口及隧道感染的治疗中,没有直接的证据支持预防性使用抗真菌药物。

在经验性抗感染治疗的同时,应及时取得相关的病原菌属资料。出口部位脓性分泌物的革兰染色涂片及培养药敏试验结果有助于指导后续的抗生素治疗。在治疗随访过程中,应该教育患者对导管出口及皮下隧道部位进行日常检查,以确定临床疗效。目前,对于导管相关出口感染,有效的抗生素疗程推荐至少持续 2 周。对于由假单胞菌引起的导管相关出口及隧道感染,建议使用 3 周的抗生素疗程。在停用相关抗菌药物 1~2 周后,建议用拭子对出口部位重

复进行细菌培养<sup>[595]</sup>。

来自一些观察性研究的结果提示,对于有出现外涤纶环暴露在出口以外的导管相关出口及隧道感染,对外涤纶环进行局部刮除,也是一种有效的治疗方式<sup>[596-598]</sup>。在对外涤纶环进行局部刮除的同时,可联合切除导管出口周围的皮肤或组织,以进一步对可能定植的细菌进行清创,但需要注意的是,联合切除周围皮肤或组织可能会提高继发导管相关性腹膜炎的发生风险<sup>[597-600]</sup>。

对于继发或同时合并导管相关性腹膜炎的导管出口及隧道感染的患者,通常需要拔除 PD 导管。PD 导管拔除后,应立即开始 HD 治疗。若患者有再次 PD 的意愿,PD 导管重新置管,应至少延迟到导管拔除 2 周后,并且确保患者完全没有腹膜炎症状。

## 七、透析通路相关新技术

### (一) 超声引导腔内血管成形技术

#### 推荐意见

185. 动静脉通路相关外周血管狭窄、血栓等病变的维护可选择超声引导腔内血管成形技术。(2B)

186. 腔内血管成形术的入路选择是关键,遵循个体化原则,主要考虑便于操作、便于穿刺、便于通过病变、便于拔鞘后止血、最低的血管损伤。(2C)

187. 导丝通过病变是后续腔内球囊扩张的前提,常规导丝导管技术失败时可采用更换入路、导丝成袢等特殊办法。(2C)

血管通路相关外周血管病变的操作在肢体进行,涉及的主要是浅表血管。超声可以清晰观察到血流情况及血管的腔内和腔外结构。与 DSA 引导操作相比,超声引导进行腔内血管成形操作具有便捷性、无辐射、不需要对比剂、血管内外结构显示清晰等优点<sup>[416]</sup>。除了常规的球囊扩张成形术及支架植入术外,还可以进行超声直视下的锐性穿刺、血栓及异物钳夹等非正规操作。

超声引导腔内血管成形术可应用于自体 AVF 或 AVG 狭窄、血栓等并发症的处理。早年国外学者报道了 4 869 例次的超声引导腔内血管成形术,AVF 狭窄的即刻成功率为 97.1%,闭塞病变的即刻成功率为 91.1%<sup>[601]</sup>。对于 AVG 血栓的超声引导腔内处理,国内学者报道了 78 例患者,成功率高达 95%,手术时间明显短于外科切开取栓,且术后 6 个月初级通畅率为 73%<sup>[448]</sup>。

一个好的入路是腔内血管成形术成功的关键,由于动静脉通路的特殊性,每个患者通路各具特点,入路选择也不是唯一的,需要兼顾多种因素<sup>[418]</sup>。主要考虑因素包括方便术中操作、便于穿刺、便于器械通过病变、便于拔鞘后止血、最小的血管损伤、兼顾球囊尺寸的选择等。腔内血管成形术最常用的入路是内瘘静脉,可以选择病变静脉的近心端、远心端或者两处病变之间;吻合口远心端动脉也是常用入路,尤其对于内瘘静脉主干细小的患者<sup>[602]</sup>;我们习惯将顺

血流走行方向称为顺行穿刺,逆血流方向称为逆行穿刺。比如常见的瓣膜增生狭窄病变,若逆血流穿刺导丝通过狭窄相对困难,而顺血流穿刺导丝通过狭窄则相对容易。此外,对于近吻合口处狭窄,若入路距吻合口过近,且可用的球囊长度大于吻合口距入路的距离,则球囊需要进入动脉内,若球囊远大于动脉直径扩张时则可能损伤动脉。肘窝处肱动脉位置表浅,穿刺后止血相对容易,所以也是一个备选入路,但为降低损伤便于止血,此处常常仅置入套管针作为导丝通过入路,而不置入更粗的血管鞘。其他入路包括颈内静脉、股静脉、股动脉等也都可以尝试,但因距离病变过远等原因一般不作为首选入路。

导丝通过病变看似简单但对于初学者来说并不容易,需要掌握导丝捻转手法,进行捻转推进-后退-再捻转推进这样不断重复的过程。可以把通过病变看作是一个概率问题,而不断地捻转导丝“J”型头端就是在增大这种成功率。导管作为导丝的搭档,可以在此过程中增加导丝的支撑力和血管的超选能力。常规导丝导管技术无法通过病变时可以尝试更换入路,进入吻合口动脉近心端困难时可尝试导丝成袢,回拉过程中导丝头端进入动脉近心端,然后解袢顺利调整进入近心端动脉。此外,特殊情况下也可尝试多入路配合的“through and through”技术(牵张导丝技术)、导丝进入内膜下重回真腔技术、锐性穿刺技术等<sup>[417]</sup>。

由于超声无法准确评估中心静脉情况,因此采用超声引导腔内血管成形技术处理动静脉通路并发症之前,需进行中心静脉的初步评估,通常可采用 DSA、CTA 或 MRA。当出现异常体征(如肢体或头面部肿胀、胸壁浅表静脉开放等)时,应术前行 DSA 或 CTA 以评估中心静脉情况。进行动静脉通路血栓的腔内处理时,若存在严重中心静脉病变,血栓脱落可导致回流障碍加剧或继发更多血栓形成、手术失败等。

### (二) 超声实时引导血管穿刺技术

#### 推荐意见

188. 超声实时引导血管穿刺技术可提高血管穿刺成功率和安全性。(2A)

189. 超声实时引导血管穿刺技术需注意无菌原则。(2B)

超声实时引导血管穿刺技术可用于 CVC 置入、疑难内瘘穿刺、腔内操作入路建立、疑难血管穿刺等情况。熟练应用超声引导血管穿刺可大大提高穿刺成功率和安全性。超声引导穿刺的方式有“横轴法”和“纵轴法”两种,两种方法各有特点,孰优孰劣目前并无定论<sup>[603]</sup>。“横轴法”具备三大优势:易于上手、学习曲线短,可观察血管周围组织,该方法更适用于走行弯曲的血管。但是术中需时刻寻找针尖高回声,若操作不慎容易穿透血管后壁。“纵轴法”虽然能完整看到穿刺针体和针尖,但是对血管走行和探头手法要求较高。初学者需要将探头与血管走行保持一致,并且利用很窄的超声声束显示出很细的穿刺针,这很有挑战性<sup>[604]</sup>。多年前

有学者利用急诊科住院医师对比了“横轴法”和“纵轴法”在超声引导下穿刺优劣的前瞻性随机对照研究,这些超声新手们的结果最终证实“横轴法”能更快速取得穿刺成功<sup>[605]</sup>。也有研究表明利用“横轴法”有更高的首次穿刺成功率<sup>[606-607]</sup>。因此,针对初学者推荐采用“横轴法”,边移动超声探头边进针,使针尖始终在超声观察范围内,并确认针尖处于管腔中间,以避免损伤血管侧壁、后壁。超声实时引导血管穿刺时需严格注意无菌原则,建议使用无菌探头保护套处理探头,并有足够的消毒范围。

### (三)放射引导技术在血管通路治疗的应用

#### 推荐意见

190. 有病变高危因素或左侧的中心静脉置管,无论NCC还是TCC,均建议术中采用放射引导技术。(2C)

191. 在常规技术行CTO病变开通无效时,有经验的术者可采用锐性穿刺技术,但需注意术前充分评估及制定风险预案。(2C)

在血管通路领域,放射引导介入治疗技术主要包括球囊扩张成形术及支架置入术,可用于处理通路各部位的狭窄和血栓性病变,也可用于CTO病变的开通以及中心静脉置管时导管末端位置的确定等。相对于超声引导,放射引导的优势在于显示通路的整体观较好,且更加高效、直观地判定整体血流状态,尤其是涉及中心静脉病变的治疗时,大多是不可或缺的。

如何清楚显示病变是放射引导技术在介入手术的一个要点,逆行入路可利用造影导管调至供血动脉后顺血流显影或阻断入路近心端后经对比剂返流至目标血管显影。前者的优势在于能更真实地显示供血动脉、吻合口、回流静脉及中心静脉等血流情况;弊端在于狭窄严重时,导管可能彻底阻断血流,狭窄下游的血管无法显影(这时可在透视状态下边“冒烟”边后撤导管,但如果导丝通过病变十分困难时不要轻易尝试)。后者优势在于操作方便,能初步了解上游血管情况;弊端在于可能低估病变的程度,某些情况下可能无法清楚显示吻合口及供血动脉情况;此外在球囊扩张术后进行操作时,阻断近心端的返流显影方式容易产生瞬时高压增加原病变部位血管破裂风险。

深静脉血栓、导管置入史、心脏节律装置等是中心静脉病变常见的危险因素,有时高血流量的内瘘本身也是中心静脉病变的危险因素。中心静脉病变患者导管置入时可能面临置管失败、导管异位、导管尖端位置不良造成远期上腔静脉堵塞等并发症,严重时危及生命,因此建议在放射引导下置管。而左侧颈内静脉至上腔静脉解剖途径由于存在多个弯曲,在左侧置管时导丝支撑力不足时撕脱鞘容易穿出血管外,同样建议术中采用放射引导技术,以提高手术成功率和安全性。此外,在放射引导下置管,可以在术中调整导管尖端置于合适位置<sup>[26]</sup>。

透析通路最初的狭窄病变如果不加以干预,可逐渐发展为血栓或CTO,从而增加开通难度及风险。常规的导丝、

导管配合尝试开通病变是第一方案选择,因为该方案花费最少,安全性最高,但是有时非常耗费时间。对于入路选择,当单一入路无法开通病变时,可考虑选择闭塞段另一侧入路进行尝试。当外周静脉闭塞,常规方案无效时,可在超声引导下直接利用穿刺针锐性穿刺贯穿闭塞段进行扩张开通。中心静脉CTO可以采用其他辅助器械(比如适当长度的血管鞘或导引导管)提高导丝、导管的支撑力和方向操控性。当这些器械辅助也无效时,可尝试进行锐性穿刺技术。锐性穿刺技术是在影像学引导下采用锐性穿刺器械开通闭塞段血管后跟进导丝,后续进行球囊扩张、支架置入以恢复血管腔的连续性或置入透析导管的技术。既往报道中心静脉CTO行锐性穿刺,技术成功率为90.2%~95.0%<sup>[608-609]</sup>,术前需进行充分影像学评估,如CTA可以提供中心静脉周围解剖、闭塞段长度及走行角度等信息。术中最好采取双向入路,在X线下多角度定位,导丝开通过程中注意手感与患者症状,闭塞段较长的更应小心操作。锐性穿刺难度及风险均较高,对术者能力要求高,对于锐性穿刺严重并发症如纵隔血肿、心包填塞等,要有充分的抢救准备。

### (四)经皮穿刺技术在PD置管中的应用

与传统外科手术置管法和腹腔镜置管法相比,基于Seldinger技术的经皮穿刺PD置管具有操作时间短、无须全麻、可床旁操作、创伤小、伤口愈合快、无手术置管资质问题等优点,特别适用于紧急情况下需PD的患者,文献报道经皮穿刺PD置管术的开展增加了选择PD的人群<sup>[600]</sup>。但是经皮穿刺置管属于盲穿,也存在一定的并发症如出血、脏器损伤及导管位置不良等风险。为了更好地规避经皮穿刺PD置管并发症的发生,各国学者对经皮穿刺PD置管方法不断研究改进,如影像学技术(X线透视和超声)运用、穿刺针选择、深部Cuff位置等,尤其是影像技术在经皮穿刺PD置管中应用,使置管更安全,操作更精准,提高了置管成功率<sup>[612-614]</sup>。有文献报道经皮穿刺置管渗液率和技术生存率均优于外科置管法<sup>[165]</sup>,并且机械并发症发生率更低<sup>[617]</sup>。但是,至于哪种置管方式更好,目前尚缺乏大规模的RCT,需根据患者病情,在有经验的置管医师指导下采用个体化治疗方案。

#### 1. 超声在经皮穿刺PD置管术中的应用:

##### 推荐意见

192. 穿刺位置耻骨联合上10~12 cm,距离前正中线2~4 cm。(1C)

193. 穿刺点尽量选择腹直肌相对较厚的部位,肌肉层厚度尽量1 cm以上。(1C)

194. 穿刺针与腹膜表面成45度角地向骨盆的尾部方向穿刺。(2B)

195. 穿刺针进入腹腔后,通过穿刺针注入500~2 000 ml生理盐水或PD液,利于减少脏器的损伤风险。(2B)

超声引导下经皮穿刺PD置管技术可以降低盲穿过程中如出血、脏器损伤及导管位置放置不正等并发症风

险<sup>[612,614]</sup>,既往文献报道超声引导下经皮穿刺PD置管可以达到100%成功率<sup>[612,614-615]</sup>。B超可以作为医师的“透视眼”,在了解腹部结构、术前评估中尤为重要<sup>[610-611,614]</sup>;彩色多普勒超声可以避免血管损伤,确定穿刺针在肌层位置<sup>[614]</sup>,明确穿刺针是否进入腹腔,既往曾有穿刺针进入腹膜外间隙报道<sup>[614,618-619]</sup>;浅表探头能够明确穿刺针在腹膜下,避免进入网膜及肠间隙,对于肥胖患者如果线性探头不能看清腹部结构或穿刺针,可以选用凸阵探头评估<sup>[620]</sup>。凸阵探头能够确定盆腔导丝及导管位置<sup>[612,614]</sup>。超声引导下经皮穿刺置管尤其适用于既往腹部手术患者和需要紧急透析患者,有文献报道经皮穿刺PD置管术后可以立即小剂量PD<sup>[619]</sup>,也有置管后第4天开始300~500 ml PD的报道<sup>[612]</sup>,也有中心建议术后2周开始PD<sup>[610]</sup>。

**2. X线造影技术在经皮穿刺PD置管术中的应用:**X线造影技术引导下经皮穿刺PD置管同样可以减少肠管损伤和导管位置不良等并发症发生风险<sup>[616]</sup>,但不能很好进行腹部结构判断如血管位置及腹膜粘连等,存在一定风险,有文献报道单一X线造影引导下经皮穿刺PD置管,出血发生率为2.7%。有文献报道采用超声与X线造影技术相结合方式进行经皮穿刺PD置管<sup>[610-611]</sup>,置管成功率可达到100%<sup>[610]</sup>,这种方法适用于既往腹部手术患者和肥胖患者<sup>[610-611]</sup>,尤其适用于高龄、合并症多并且需要紧急透析患者<sup>[616]</sup>。与超声同样,X线造影技术通过对比剂也能够确定穿刺针、导丝及导管在腹腔中的位置<sup>[610-611,616]</sup>。对于置管早期或晚期并发症如渗漏、移位及导管功能不良等的发生率,文献报道不一致,这可能与置管技术、透析起始方式及患者腹壁情况等相关<sup>[616]</sup>。

### 3. 经皮穿刺PD置管术的适用人群:

#### 推荐意见

196.  $20 \text{ kg/m}^2 < \text{BMI} < 28 \text{ kg/m}^2$  为宜。(2B)

197. 腹壁厚度  $< 5.5 \text{ cm}$ 。(1B)

198. 既往腹部手术史(胆囊切除、子宫切除、剖宫产等的患者)经由超声评估后仍可能纳入。(2B)

199. 腹部粘连和疝气是经皮穿刺置管相对禁忌证。(1B)

超声在经皮穿刺PD置管术中的应用,有效地扩大了经皮穿刺PD置管术的应用对象和临床适应证,腹部手术史患者亦可纳入经皮穿刺PD置管的适用人群<sup>[611]</sup>,超声报告腹部粘连准确性约为91%<sup>[610]</sup>,但也有研究在既往无腹部手术史的患者中发现腹腔粘连现象,发生率为2.8%~5.0%<sup>[611,621]</sup>。对于中心性肥胖患者,BMI $< 28 \text{ kg/m}^2$ 比较适合经皮穿刺<sup>[611]</sup>,但也有文献报道BMI $< 40 \text{ kg/m}^2$ 的患者同样可以接受该手术<sup>[620]</sup>。多囊肾病患者经超声评估后仍可以进行经皮穿刺置管<sup>[611]</sup>。所以,术前详细询问病史和超声评估是必要的,可有效筛选出经皮穿刺PD置管术适用人群。

**4. 经皮穿刺PD置管的术前准备:**术前仔细询问病史如腹部手术史、腹膜炎病史、心脏疾病史及疝气等。术前进行

血常规、生化系列、凝血指标及传染病等检查。术前签署知情同意书。如果患者正在服用抗凝药物,一般要求至少停用5 d<sup>[622]</sup>。术前应使用线性探头获取以下准确信息:腹直肌内缘和外缘位置,明确腹直肌厚度,腹壁下血管位置,并做好标记;评估主动脉及其主要分支是否异常以及是否接近导管插入位置;腹膜双线征和内脏滑动征;标记手术切口及导管外出口,外出口避免在腰带线上<sup>[622]</sup>。使用凸阵探头了解膀胱、子宫及其他深部结构相对解剖关系<sup>[610-611,614]</sup>。患者术前1 d需接受聚乙二醇准备肠道或肥皂水200~300 ml灌肠;术前0.5~1.0 h给予抗生素,对于已知耐甲氧西林金黄色葡萄球菌定植或头孢菌素过敏的患者给予万古霉素1 g,其他患者均给予静脉注射预防性抗生素头孢唑啉1 g<sup>[610-613,619,622]</sup>,也有文献报道术前无需给予抗生素<sup>[613]</sup>。术前要完全排空膀胱,必要时留置尿管<sup>[622]</sup>。

**5. 经皮穿刺PD置管的穿刺针选择:**不同术者在经皮穿刺PD置管中使用的穿刺针不同。对于套装中的穿刺针,其优点是穿刺针锋利,容易穿透腹膜,缺点是突破感不明显,容易导致出血和内脏损伤。气腹针的优点是穿刺突破腹膜后内置的弹簧会将针芯弹出,可避免伤及内脏。此外,气腹针可以输注液体进入腹腔,并且有足够的长度,在超声下可以进入盆腔<sup>[619]</sup>。缺点是当有突破感并且针芯弹出时,有可能只是过了腹直肌后鞘,进入了腹膜外脂肪层并未突破腹膜。这种情况尤其容易在肥胖患者发生<sup>[619]</sup>。对于肥胖患者,可以选用15 cm的气腹针进行穿刺<sup>[622]</sup>。动脉穿刺鞘管套装的优点是穿刺针锋利并且较细,损伤小,进入腹腔后,继续送入套管针的塑料外鞘,可以避免损伤腹腔脏器<sup>[614]</sup>。国内也有医师采用多功能膀胱造瘘穿刺套管针,该套管针包含锐头鞘芯、钝头鞘芯、内鞘及半环状外鞘,其原理类似气腹针,但是该套管针不需要撕脱鞘辅助置管<sup>[613]</sup>;部分学者采用锐针或气腹针与硬质导丝联合进行PD置管<sup>[619]</sup>。

**6. 经皮穿刺PD置管的深部内Cuff放置位置及方式:**经皮穿刺PD置管的深部内Cuff放置位置尚没有一致性结论,大多数中心经撕脱鞘放置在腹直肌内<sup>[611,615,619,622-623]</sup>,但应在髂前上嵴上方<sup>[623]</sup>。有学者在腹直肌前鞘开小口,足以让内Cuff放置在肌层,然后进行线状缝合,非荷包缝合,这样可以减少渗漏发生,而且防止导管移位<sup>[619]</sup>。早年也有学者在腹直肌前鞘横切0.5 cm放置内Cuff进入肌肉层,然后进行荷包缝合<sup>[612]</sup>。De Boo等<sup>[610]</sup>放置深部内Cuff在腹直肌前鞘上,并且不进行结扎固定,为减少深埋或缝合带来相关并发症,而且利于将来导管拔出,并没有因此增加导管渗漏。外Cuff一般距离皮下出口至少2~4 cm<sup>[610-611,622]</sup>。

**7. 经皮穿刺PD置管的导管尖端位置:**PD导管放置在脐左侧或右侧尚没有共识<sup>[622]</sup>。对于PD导管尖端位置目前尚没有一致性结论,多数文献报道导管尖端位置在影像学上在骨盆之内<sup>[611-612,614,622]</sup>,进入500~1 000 ml透析液可以顺利流出,认为导管功能良好<sup>[611-613]</sup>。Ash等<sup>[623]</sup>报道导管尖端应位于下腹部靠近壁腹膜。有文献报道导管尖端在道格拉斯窝<sup>[613]</sup>,或导管尖端位于道格拉斯窝或右侧或左侧髂窝均

可以,液体自然流出确定导管位置正确<sup>[619]</sup>。目前对于导管尖端位置尚缺乏大规模的 RCT。

### (五)腹腔镜技术在 PD 置管中的应用

#### 推荐意见

200. 腹腔镜提供了一种微创的、腹腔内可视化的操作模式,有助于 PD 导管尖端放置于最佳位置。(2C)

201. 采用腹腔镜技术置管建议必要时可进行 PD 导管固定、网膜结扎或切除等辅助操作,以尽量减少机械并发症的风险。(1B)

腹腔镜置管法是指在全身麻醉下,通过腹腔镜技术置入 PD 导管,其应用已越来越多。可耐受全身麻醉的患者均可考虑采用腹腔镜置管法,但因其依赖全身麻醉和腹腔镜技术,费用高,腹腔镜技术更适合有体型肥胖、既往腹部手术史、需同时行腹部探查和粘连松解等的患者。相比于传统的开放手术置管法,腹腔镜下置管能在直视下将 PD 导管放置于盆腔的最佳位置,同时腹腔镜技术可在置管的同时进行一系列操作以减少术后导管的机械性并发症<sup>[624]</sup>。腹腔镜下 PD 置管尚无标准的术式,目前临床上应用较多的腹腔镜下置管法有单孔法、两孔法、三孔法等,不同中心可根据不同的目的和经验进行选择<sup>[625]</sup>。

腹腔镜下 PD 置管主要优势有以下几个方面:(1)腹腔镜置管时可先充分探查腹腔内情况,实时了解腹腔内是否存在网膜异常丰富或广泛腹膜粘连。根据实际情况可在腹腔镜下进行腹膜粘连松解、部分网膜切除和固定等操作,以减少术后堵管、网膜包裹的发生率<sup>[626]</sup>。对于术前已知存在可修补疝的患者,可在腹腔镜置管的同时行疝修补术。(2)相比于传统术式依赖术者的操作经验,腹腔镜下置管所有操作均在直视下进行,可准确地将 PD 导管尖端放置于盆腔的最佳位置,能够降低 PD 导管插至腹膜外、内脏和血管造成损伤、导管插入过深导致生殖器水肿、下腹疼痛等并发症的发生风险<sup>[627]</sup>。(3)腹腔镜下置管有利于 PD 导管的固定,在保证透析液进出通畅的前提下建议减少 PD 导管在腹腔内游离段的长度,以降低术后导管移位和堵塞的发生率<sup>[628]</sup>。

尽管腹腔镜下 PD 置管法相比于传统开放手术置管有诸多优势,但是在置管过程中仍有以下几个方面需要注意<sup>[213]</sup>:(1)腹中线部位由于缺乏肌层保护,术后易发生腹壁疝,应避免在腹中线建立腹腔镜入口或操作孔。(2)腹腔镜下置管可以进行 PD 导管的固定术,目前主要有两种方式,一种是将 PD 导管的腹腔外段部分潜在在腹直肌鞘下或者腹直肌肌层内<sup>[629]</sup>,另一种是用缝线将 PD 导管的腹腔内段悬吊固定于下腹壁<sup>[213]</sup>。在用缝线固定时应注意避免在 PD 导管和腹壁之间形成较大间隙,以免小肠进入造成梗阻。不建议用不可吸收缝线将 PD 导管尖端和腹膜或盆底组织直接缝合固定缝合,这种方法会给 PD 导管拔除带来困难。(3)不建议将任何一个腹腔镜操作孔作为 PD 导管的外出口,这会极大增加透析液渗漏、腹腔感染的风险。仍建议使用隧道针在皮下建立弧形隧道,隧道出口向下,保证引流通

畅以及减少感染的风险。(4)对于需要紧急起始透析的患者,建议仔细缝合关闭腹腔镜和各操作孔切口,以降低早期透析液渗漏的风险。

### (六)其他新技术在透析通路领域的应用

**1. 腔内建立 AVF 技术:**近年来国外研发了两款腔内建立 AVF 的器械,即 Ellipsys 和 WavelinQ,它们利用前臂中部至近端肘窝处血管进行腔内吻合建立内瘘<sup>[630]</sup>。有文献报道利用 Ellipsys 腔内建立内瘘的 89 例患者与外科制作内瘘的 69 例患者相比,有相似的手术成功率和次级通畅率,但 Ellipsys 组手术时间明显缩短<sup>[631]</sup>。此外,一项包含 234 例患者的大规模研究表明利用 Ellipsys 建立内瘘患者的术后 1 年初级通畅率、初级辅助通畅率和次级通畅率分别为 54%、85% 和 96%<sup>[632]</sup>。而使用 WavelinQ 腔内建立内瘘的患者手术成功率为 96.7%,术后 6 个月的初级通畅率、初级辅助通畅率和次级通畅率分别为 71.9%、80.7% 和 87.8%<sup>[633]</sup>。

**2. RADAR 技术建立内瘘:**为解决近吻合口血流动力学紊乱导致的内膜增生狭窄问题,有学者提出建立一种新的构型,即动脉-静脉端侧吻合。无论对于使用 RADAR 建立内瘘的 201 例患者还是相应的动物模型,内瘘的血流动力学均得到改善,内膜增生比例均降低,内瘘成熟率和远期通畅率均得到提高<sup>[634]</sup>。

### 3. 球囊辅助内瘘成熟技术:

#### 推荐意见

202. 对于具有明确狭窄病变的内瘘成熟不良患者可尝试采取球囊辅助内瘘成熟技术。(2C)

球囊辅助内瘘成熟技术对于部分自体 AVF 成熟不良的患者有良好的效果<sup>[426]</sup>,其可缩短患者等待内瘘成熟时间。针对供血动脉、近吻合口处静脉以及流出道静脉狭窄等不同病因,可采用不同大小的球囊做相应处理,有时需间隔一定时间进行多次球囊扩张促成熟,使用的球囊直径逐渐增加。也有学者报道了 72 例采用超大尺寸球囊进行促成熟的经验,结果显示,术后 3、6 和 12 个月的初级通畅率分别为 87.3%、66.2% 和 50.7%,但存在血肿或 AVF 血管局部破裂等并发症风险<sup>[635]</sup>。不成熟内瘘何时进行干预,需要考虑患者通路需要的紧迫性、通路不成熟的原因以及患者的意愿。

**4. 吻合口 VasQ 装置:**近年来有学者发明了用于近吻合口处的 VasQ 装置,以降低近吻合口处剪切力、避免内膜增生和狭窄。多中心前瞻性随机对照研究验证了 VasQ 装置的安全有效性,研究表明 6 个月的功能通畅率明显优于对照组,且 3、6 个月的内瘘静脉内径明显大于对照组;无严重器械相关不良事件<sup>[636]</sup>。欧洲一项多中心回顾性研究评价了 51 例应用该装置建立自体内瘘患者的临床结局,对于纳入的 46 例研究对象,内瘘成熟率为 91%,术后 6、12 和 18 个月的初级通畅率均为 77%,且无论前臂 AVF 还是上臂 AVF 术后均表现出良好的通畅率<sup>[637]</sup>。

**5. CO<sub>2</sub> 造影技术:**CO<sub>2</sub> 是一种安全有效的对比剂,适用于各种透析通路问题的诊断与腔内治疗,其无致敏性、无肾

毒性、无肾脏纤维化的风险,对于特殊患者是一种新的选择<sup>[638]</sup>。当 CO<sub>2</sub> 注入静脉后迅速溶解并形成碳酸,通过血流以碳酸盐和气泡形式进入肺动脉,并在肺部被清除。CO<sub>2</sub> 的溶解度是 O<sub>2</sub> 的 28 倍,因此其可以在 DSA 下使用<sup>[639]</sup>。在 CO<sub>2</sub> 造影时需采用特定的输送装置,注射 CO<sub>2</sub> 的速度与剂量取决于血管直径和长度。

## 八、透析通路的废弃和移除

### (一) AVF 的废弃或移除

#### 推荐意见

203. 目前没有充分的临床证据支持肾移植成功后常规关闭 AVF。(2C)

204. 建议临床医师根据患者具体情况决定是否保留 AVF。(2C)

肾移植术后是否需要常规结扎内瘘,目前尚无共识。研究显示,大部分内瘘在肾移植术后均保持通畅。内瘘结扎的适应证包括:(1)既往有慢性心力衰竭病史、肾移植后难治性慢性心力衰竭;(2)高流量内瘘(大于 1.5 L/min);(3)肾移植术后 1 年内,不建议结扎,除非患者有明显症状,或出现内瘘相关并发症,如严重的静脉高压、动脉瘤破裂风险、高输出量心力衰竭以及肢体远端缺血;(4)美观原因。

目前,尚无大样本的 RCT 研究明确肾移植术后内瘘结扎对心血管事件的影响。USRDS 数据库信息提示,2011—2013 年共有 16 845 例肾移植患者保留通畅的 AVF,其中仅 779 例(4.6%) 在肾移植术后接受了内瘘结扎<sup>[640]</sup>。2019 年 1 项包含 54 例移植肾功能稳定患者的 RCT 研究结果表明,肾移植 1 年后结扎内瘘可以显著降低左心室质量、左室舒张末期容积、左室收缩末期容积、心排血量 and 心房容积等,且对移植肾功能无显著影响<sup>[534]</sup>。但是,该研究仅探讨了内瘘结扎对心脏影像学上的获益,并未明确对心血管事件或者对患者生存预后的影响。Hicks 等<sup>[640]</sup> 的研究认为,结扎对移植肾失功和全因死亡无显著改善,系统性获益不高,建议仅对有内瘘相关并发症的患者结扎。肾移植术后结扎内瘘是否能改善移植肾功能,目前尚无定论。Weekers 等<sup>[641]</sup> 的研究认为结扎内瘘会显著加速肾移植患者移植肾 eGFR 的下降。而 Magnetti 等<sup>[642]</sup> 的研究认为,肾移植后内瘘结扎可以改善移植肾动脉阻力指数,提示可能改善移植肾灌注。内瘘结扎使患者失去了一条透析通路,特别是对那些肾移植术后生存期内可能返回 HD 的患者,可能会造成损失。对于年轻的患者,或移植肾延迟恢复功能或在肾移植术后早期发生急性排斥反应的患者而言,考虑到其移植肾存活率下降可能,保留内瘘或者行限流手术,可能会是一个更好的选择。对于移植肾功能良好的患者,临床医师在决定肾移植患者是否结扎内瘘时,需要考虑以下情况:

(1)内瘘保留的系统性风险:和许多心血管事件相关,包括高输出量心力衰竭、左室舒张末内径增加、冠状动脉疾病、内皮功能异常、肺动脉高压、心肌病等,所有这些会增加

心血管死亡风险。

(2)内瘘保留的局部风险:血栓、出血、感染、动脉瘤、远端肢体缺血、静脉高压(继发于内瘘狭窄,以及其导致的静脉血栓)等。

(3)充分权衡未来移植肾丧失功能的可能性,可以利用不同的预测模型来预测移植肾 5 年丧失功能的风险<sup>[643-644]</sup>。

(4)避免结扎前臂内瘘:这部分内瘘一般流量较低,局部和系统性并发症少,远期通畅率高<sup>[645]</sup>。对于肾功能稳定、AVF 血流量 < 1.0 L/min 的患者,结扎前臂内瘘导致心功能恶化的风险较小。对于血流量 1.0 ~ 1.5 L/min 的患者,最好能每半年至 1 年复查心脏超声,并和移植前后的基线心脏超声情况比较,如果发现有心功能恶化的倾向,需及时考虑 AVF 的结扎。对于 AVF 流量大于 1.5 L/min 的患者,很可能导致心力衰竭,因此强烈推荐结扎内瘘。对于 AVF 流量大于 1.5 L/min 的患者,且肾功能不稳定的患者(急性排斥反应、移植延迟恢复功能等),建议患者行限流手术,使血流量降低至 1.5 L/min 以下,可以同时保留内瘘以及保护心功能<sup>[646]</sup>。

(5)需采取个体化的方案,其中也需要征求患者本人的意愿。

移植血管内瘘长时间不使用,可能会增加感染风险。在一项包含 20 例不使用 AVG 的患者中,有 15 例出现发热或脓毒症,15 例出现血培养阳性,所有患者移植血管内瘘周围有脓液<sup>[503]</sup>。因此,对肾移植术后肾功能稳定的患者,可在术后考虑移除移植血管。

### (二) HD 导管的拔除

#### 推荐意见

205. 对于不再使用或有长期通路替代的 HD 导管,应尽早拔除。(1C)

206. 对于需要维持性使用的 TCC,没有特定的拔除期限。(2C)

207. 对于拔除困难的 HD 导管,可考虑介入技术辅助拔除。(2C)

**1. TCC 的拔除:**在以下情况下,建议拔除 TCC:(1)AVF 成熟使用;(2)肾移植术后肾功能恢复良好;(3)急性肾损伤肾功能恢复;(4)改为 PD;(5)导管相关并发症(参见 TCC 围手术期并发症及处理)。

拔除 TCC 导管需充分游离涤纶套,应注意尽可能将血管内的部分拔出体外后,再剪断导管,以避免剪断的导管滑入血管内,造成严重并发症。脱落在血管内的导管可在中心静脉内大范围游走,并可能造成血栓栓塞并发症。若导管脱落,应尽快通过圈套器等工具在放射介入下取出。

粘连 TCC 的拔除:随着使用时间的延长,透析导管可能会和静脉壁粘连,增加感染的风险。导管粘连的发生率为 1.5% ~ 19.0%<sup>[563,647-649]</sup>,粘连的原因中留置时间长是最重要的危险因素,其他原因还包括血管钙化、反复导管相关感染、纤维鞘形成等<sup>[648,650]</sup>。对于粘连明显的而无法常规拔除

的透析导管,可以借助血管腔内技术来拔除,但是如果失败的话,可能会需要开胸手术来协助拔除。浙江大学 He 等<sup>[651]</sup>报道了球囊扩张法拔除粘连透析导管的方法,手术需在介入手术室在 DSA 引导下进行。消毒后,钝性分离导管周围组织,导丝从导管腔内置入,导丝头部置于上腔静脉,导丝头部需超过导管头部,沿导丝将 5 mm 球囊从导管腔内置入。首次扩张时,要将 1/3 长度的球囊超过导管头部进行扩张,以保证导管头部可以被扩张而松动。在 18~20 个大气压下,对全段球囊扩张 2~3 次。如果导管仍然粘连,可以尝试多次球囊扩张。

四川大学 Zhou 等<sup>[650]</sup>介绍了一种简单、安全、易于操作,不需要借助其他设备的方法:涤纶套游离后,利用导管的弹性,把导管拉伸至最大程度。在 DSA 下,保持导管和皮肤的角度在 30 度,拉动导管数次( $\leq 20$  次)。虽然该方法简单,但仍需注意防止中心静脉破裂或者导管破裂。如果拔除导管时感受到导管随着心跳被拉拽,意味着导管被钙化的纤维鞘包裹,或者被右侧无名静脉压迫。拉拽导管时如果纵隔随着导管上下移动,可以通过球囊扩张、胸部手术或者原位包埋等方法来替代拉拽导管。

**2. NCC 的拔除:**考虑到感染的风险,应限制使用临时的、无涤纶套、无隧道的透析导管作为急诊 HD 通路。相比于颈内静脉 TCC,颈内静脉 NCC 的感染风险增加 5 倍,股静脉 NCC 的感染风险增加 7 倍<sup>[652]</sup>。对于急性肾损伤或者需要开始紧急 HD 的情况,一项前瞻性多中心研究比较了 NCC 和 TCC 在危重患者中的应用,发现 TCC 组发生导管相关脓毒症的风险显著下降<sup>[653]</sup>。国内的大规模临床观察也发现 NCC 是 ESKD 患者 HD 早期死亡的独立危险因素<sup>[654]</sup>。

对于已经使用 NCC 作为初始透析通路的患者,目前尚无前瞻性研究阐明其使用时限。但在临床实践中,应根据患者病情尽早拔除 NCC,或将其换为 TCC。当出现以下情况时,需考虑拔除 NCC:导管相关感染、导管丧失功能不能满足透析需要、导管周围出血且止血失败、不再需要血液净化治疗或建立其他可使用的永久性透析通路<sup>[655]</sup>。

导管拔除前需充分评估患者及导管的状况,如使用超声检查导管周围是否有血栓形成。如导管周围存在基底部较窄的漂浮型血栓,拔管后血栓脱落风险较大,可考虑在适当抗凝治疗基础上,于置管后 2 周左右,待血栓基底部黏附较为牢固时再拔除导管。拔管时,导管穿刺部位局部消毒,用无菌剪刀剪开固定导管的缝合线,完全拔除导管后,再压迫穿刺点止血,以带出可能存在的导管周围的纤维鞘组织,并进行无菌包扎。

### (三) PD 导管的拔除

#### 推荐意见

208. 建议通过外科切开手术法拔除 PD 导管(2C)

209. 当存在 PD 导管隧道感染或 PD 导管相关腹膜炎时,建议使用外科切开手术法拔除 PD 导管,涤纶套连同导管同时拔除(2C)。

210. “薙法”拔除 PD 导管适宜于没有并发症且不再需要 PD 的患者(2D)

**1. PD 导管拔除的适应证:**包括导管相关感染、腹膜炎、导管不通畅、管周漏和疝气、肾移植、肾功能恢复、PD 不耐受和转为 HD。

**2. PD 导管拔除方法:**PD 导管可通过外科切开手术法或“薙法”拔除,当存在 PD 导管隧道感染或 PD 导管相关腹膜炎时,建议使用外科切开手术法拔除透析导管,涤纶环连同导管同时拔除。

应在手术室或其他合适的操作间内,在局部麻醉或全身麻醉下,进行外科切开法拔除 PD 导管。以原 PD 置管切口为手术切口,逐层游离组织至 PD 导管内涤纶环,分离涤纶环和周围组织,直到 PD 导管可以完全拔除。手术过程中需注意腹壁下血管的损伤出血。筋膜缺损需要缝合修复以防止腹壁疝。在拔除导管当需要进行隧道脓肿引流或出口部位大量肉芽组织清除时,伤口需要保持开放,二期愈合。因腹膜炎而拔除 PD 导管的伤口通常可以用生理盐水冲洗并一期缝合。

“薙法”拔除 PD 导管临床应用相对较少。拔管时抓住导管的体外部分,平稳缓慢地向外拉拽,用力将导管从腹壁拉出。涤纶袖套在拔管过程中应从导管上分离并保留在组织中。“薙法”拔除 PD 导管通常在床边或普通操作间进行,可以进行局部麻醉或镇静,也可以不给予麻醉。拔管后出现涤纶袖套相关感染的发生率为 2.5%~3.2%,感染后需要切开处理。目前尚无“薙法”拔除 PD 导管相关导管破裂的报道。

目前尚无 RCT 或队列研究比较外科切开法和“薙法”拔除 PD 导管的优劣,但是外科切开法的出血和切口感染的发生率相对较高。病例对照研究证实“薙法”拔除 PD 导管具有简便易行、安全性高、创伤小等优点。

## 九、血管通路的一体化管理

### 推荐意见

211. 应了解并实施血管通路一体化管理理念。(1C)

212. 应充分利用各中心的资源和能力组建多学科模式的 HD 血管通路团队,并将多学科理念应用到血管通路的各个方面,这可能有助于促进血管通路的过程管理。(1C)

213. 血管通路需要全面质量控制及持续质量改进。(1C)

214. 应建立通路培训计划,以便获得更好的通路建立及预后结果。(1C)

215. 分层、分步、多种形式培训尤其是模拟教学可能更适合通路相关人员的培训。(2C)

216. 通路医师、通路护士及通路协调员均应接受培训。(1C)

### (一) 一体化管理的概念

血管通路一体化管理指为了延长血管通路使用寿命、实现通路维护理想目标,使患者在生命周期内拥有最长、最理想的生命线,医护患协同建立的系统化、全过程的诊疗管理模式。血管通路一体化管理,需要专业通路团队建立对患者的追踪管理与指导,在此基础上,建立一个能贯穿前期宣教保护、建立、维护、治疗为一体的通路医疗护理模式<sup>[656]</sup>。

### (二) HD 血管通路团队建设

HD 血管通路团队是旨在改进血管通路诊治水平,为患者提供迅速、专业、有效、人性化的诊疗服务而组成的团队。

在我国,随着人口老龄化及糖尿病、高血压发病率增加,透析患者数量明显增加,随着透析技术的发展,透析患者透析龄不断延长,血管通路问题日渐突出,血管通路相关并发症也逐渐成为导致 MHD 患者发病率、病死率和医疗费用增加的重要原因。作为血管通路建立和并发症处理主导的医疗工作者在 CKD 患者诊疗中发挥着越来越重要的作用,因而 HD 血管通路团队建设逐渐提上日程。

血管通路建立及并发症处理往往涉及多个学科的技术,如术前评估除详细的物理检查及病史评估之外,需要多普勒超声协助了解血管条件是否符合标准、在并发症处理中往往需要借助超声介入及放射介入技术对狭窄或闭塞血管进行再通,所以 HD 血管通路团队需要多学科成员参与。2006 年 KDOQI 指南<sup>[548]</sup>指出血管通路团队由参与血管通路管理的患者和专业人员组成,包括肾科医师、外科医师、超声医师、放射介入医师、通路协调员、透析护士等,每个透析中心应组建一个多学科团队<sup>[178,657]</sup>。

但是,目前关于建设血管通路团队的益处研究相对有限。有研究表明团队建设可以提高工作效率和患者满意度,改善患者的治疗效果,降低医疗成本<sup>[658]</sup>。Shemesh 等<sup>[659]</sup>研究显示,自成立一个包含术前规划、建立、随访、术后并发症预防和治疗等多个环节的诊疗中心,配备专职团队后,自体 AVF 建立率从 1997 年的 34% 升至 2000 年的 62%,2001 年的 70%,并且同时期内随访人数明显增加。内瘘建立率提高并不等同于内瘘使用率增加,因为内瘘可能成熟不良需要多次干预才能使用。加拿大 Gill 等<sup>[660]</sup>的历史对照研究发现,组建多学科管理团队后并没有增加起始透析 1 年内无导管-AVF 使用率,且相较于团队实施前,内瘘相关手术增多。Raza 等<sup>[661]</sup>发现由专职的血管通路小组(包括 4 名透析护士、1 名血管通路协调员和 1 名通路医师)维护透析通路有助于并发症的早期识别和改善血管通路的预后,但该研究设计欠严谨。

未来需要就血管通路团队对于患者及通路预后是否有益进行研究,同时需要进一步研究以确定最佳、个性化和以患者为中心的血管通路维护的新策略。就目前研究而言,尽管血管通路团队可能不会改善血管通路预后,但他们可能会通过将维护工作从医师转移到成本较低的陪护者并通过提高患者参与度、促进共同决策来减少医疗支出。

### (三) HD 血管通路协调员

通路协调员负责就 HD 血管通路相关问题,进行患者与 HD 血管通路团队成员之间的沟通<sup>[662]</sup>。HD 血管通路协调员在患者 HD 血管通路管理中起重要作用,是血管通路团队的核心。

目前多数关于通路协调员的研究提示,其有利于提高血管通路管理质量。有研究发现,职责明确且工作流程细化的通路协调员参与工作后,可提高新进入透析患者的内瘘使用率,提高在透患者自体 AVF 使用率,降低 AVG 及导管使用率,减少 CVC 使用总天数<sup>[663-664]</sup>。Dwyer 等<sup>[179]</sup>研究指出,在实施一项由通路协调员主导的全面干预计划后,自体 AVF 使用率从 50% 升至 65%,AVG 数量减少,透析导管使用超过 90 d 的患者比例减少一半;血管通路协调员的参与还提高了自体 AVF 成熟率。Kalman 等<sup>[665]</sup>指出,通过设立血管通路协调员,确保了一体化、多学科的工作模式,且以实用的、经济有效的方式减少了住院时间。Allon 等<sup>[178]</sup>开展了包括 1 名血管通路协调员的多学科模式,实现了以下改变:(1)AVG 血栓的治疗从住院外科手术发展为门诊介入治疗,即刻成功率从 48% 升至 69%;(2)AVG 建立从住院 3 d 治疗演变为门诊手术为主。日间及门诊 AVG 建立比例从 16% 增加到 81%;(3)AVG 建立的外科手术并发症由 25% 降低至 11%;(4)积极发现和纠正 AVG 狭窄使内瘘血栓形成发生率降低 60%,从 0.70 例/患者年下降至 0.28 例/患者年;(5)新透析患者中自体 AVF 的比例由 33% 增加到 69%。这些改变通过减少通路相关的住院率节约了医疗花费。此外,有 1 名专门的血管通路护士或协调员协助医师和工作人员管理 CVC 相关感染,可以降低治疗失败率和败血症导致的死亡<sup>[650,652-653]</sup>。印度的研究提示,训练有素的血管通路协调员可以改进随访护理,及早发现和干预血管通路功能障碍,减少外科医师的工作量<sup>[666]</sup>。但是,2013 年 DOPPS 对 72 个美国透析中心的调查报告称,60% 的 HD 中心至少有 1 名血管通路协调员,在有或没有血管通路协调员的中心使用瘘管或导管的患者百分比差异没有统计学意义<sup>[667]</sup>。

不同国家和透析中心对血管通路协调员的作用的不同要求及研究异质性<sup>[654]</sup>可能造成上述研究结果之间的差异。

在我国,目前各地区、各透析中心通路工作水平参差不齐,我国绝大多数患者对通路维护的知识贫乏,缺乏主观能动性。建议在每个透析中心设立 1 名或多名血管通路协调员,以改善患者护理和临床预后<sup>[179,668]</sup>。结合我国血管通路和血液净化治疗需求,建议<sup>[656]</sup>:(1)通路协调员应为受过良好教育的专业人员,了解血管通路,具备较高技能,可由高年资透析护士或具有 2 年以上通路相关经验的中级以上职称医师担任。(2)通路协调员需有足够耐心,具备有效的协调沟通能力,可以顺畅地与外科、介入科、肾内科医师、透析医护人员等透析通路团队成员进行沟通。事实上,由具备良好沟通能力及专业技能通路协调员来提供患者教育及协调、指导和管理血管通路,通常比医师兼职承担此项工作更有优势。由于患者通路维护的改善、资源的合理利用和

等候转诊的时间减少,血管通路协调员的额外成本完全可以抵消<sup>[668]</sup>。(3)通路协调员工作主要包括:教育患者了解每种血管通路选择的风险和益处、对CKD患者预约透析通路建立前的评估并安排通路建立时间;安排通路手术后的拆线;预约通路建立后的定期随访;对患者就通路自我护理及功能锻炼进行相关教育;参与评价新建立内瘘穿刺难易程度;回顾进入HD的患者每月1次的透析通路体格检查(需透析护士或透析医师在透析前详细记录);回顾进入HD患者近1个月透析相关数据(Kt/V、血流量、动态静脉压、动脉压);将上述物理检查及透析异常指标向通路医师汇报;通知上述指标出现异常者就诊通路医师进行通路评估;预约通路相关检查及手术(如血管成形、静脉描记、手术等)时间;对围手术期患者进行透析时间安排;参与登记所有通路随访信息;详细记录通路相关不良事件;追踪通路相关感染;参加通路质量持续提高会议。

#### (四)通路管理临床质量目标

理想的血管通路应具备良好的HD流量,使用寿命长且需干预的并发症尽量少,目前尚无绝对理想的血管通路类型,根据既往研究提示永久性血管通路应该首选自体AVF,当AVF无法建立的时候,次选AVG,TCC应作为最后的选择。目前我国多数地区HD血管通路应用情况不够理想,参考中国医院协会血液净化中心分会血管通路专家共识(第2版)<sup>[107]</sup>,本专家组对我国未来血管通路提出以下设想:

**1. MHD患者血管通路的比例:**自体AVF>80%;TCC<10%。从我国目前血管通路现状来看,无法建立自体AVF的MHD患者使用TCC过多,对于上述患者,建议尽量使用AVG,以进一步降低TCC使用率。

**2. 建立AVG时初始通路失败率:**前臂直型AVG<15%;前臂祥型AVG<10%;上臂AVG<5%。

**3. 通路并发症和通畅性:**(1)自体AVF并发症和通畅性:①内瘘血栓形成低于0.25次/患者年;②内瘘感染少于1%;③内瘘寿命至少3年。(2)AVG并发症及通畅性:①移植血栓低于0.5次/患者年;②移植感染发生率不超过10%;③移植寿命至少2年。

**4. 介入技术处理AVF相关并发症的质量控制<sup>[669]</sup>:**见表9,表10,表11,表12,表13,表14。

**5. 首次血管通路类型的选择:**国内外一些研究分析表明,目前超过60%的HD患者的第一次透析所采用的通路类型为各种CVC。造成这种情况的因素有很多,肾内科医师在CKD患者的管理过程中应该强化血管通路领域的管理,减少不必要的CVC使用。

#### (五)HD血管通路质量管理

对于HD血管通路需要全面质量控制及持续质量改进。全面质量控制指全过程、全环节管理;持续质量改进是在全面质量管理的基础上进行持续质量改进。通过应用“Six Sigma”理论细化持续质量改进过程,将全面质量管理理论与循证医学理论相结合可以实现优化HD患者的临床预后和生活质量的目标<sup>[670]</sup>。持续质量改进过程复杂,需要多学

**表9** 动静脉内瘘狭窄经皮腔内血管成形术的临床成功率和通畅率的建议临界值(%)

项目	自体AVF	AVG
切割球囊		
临床成功率	95	*
3个月原发通畅率	78	*
6个月原发通畅率	61	*
12个月原发通畅率	37	*
高压球囊		
临床成功	90	*
3个月原发通畅率	75	49
6个月原发通畅率	33	16
12个月原发通畅率	17	*
3个月累积通畅率	*	*
6个月累积通畅率	76	*
12个月累积通畅率	61	*

注:AVF:动静脉内瘘;AVG:移植动静脉内瘘;\*:证据不足,暂无阈值推荐

**表10** 裸支架或覆膜支架的临床成功率和通畅率的建议临界值(%)

项目	自体AVF	AVG
裸支架		
临床成功率	91	87
3个月原发通畅率	65	59
6个月原发通畅率	55	38
12个月原发通畅率	11	26
3个月累积通畅率	86	58
6个月累积通畅率	76	55
12个月累积通畅率	68	48
覆膜支架		
临床成功率	95	88
3个月原发通畅率	88	63
6个月原发通畅率	66	36
12个月原发通畅率	44	27
3个月累积通畅率	*	75
6个月累积通畅率	76	60
12个月累积通畅率	*	34

注:AVF:动静脉内瘘;AVG:移植动静脉内瘘;\*:证据不足,暂无推荐阈值

科、整个团队的参与,分析未能达到基准的原因,并设计改进对策。HD血管通路的全面质量控制需由所有相关医务工作者对于血管通路自建立前宣教评估到并发症处理全过程(包括通路建立前评估宣教、通路手术建立、定期追踪随访、并发症诊断及处理等)、全环节进行质量控制,持续质量改进在此基础上进一步强调过程及环节管理。具体措施如下<sup>[656]</sup>:

**表 11** 动静脉内瘘血栓药物溶栓或机械除栓的临床成功率和通畅率的建议临界值(%)

项目	自体 AVF	AVG
临床成功	83	77
3 个月原发通畅率	69	44
6 个月原发通畅率	36	31
12 个月原发通畅率	23	21
3 个月累积通畅率	87	67
6 个月累积通畅率	73	54
12 个月累积通畅率	62	43

注:AVF:动静脉内瘘;AVG:移植动静脉内瘘

**表 13** 中心静脉疾病干预的临床成功率和通畅率的建议临界值(%)

项目	血管成形术	支架	覆膜支架
临床成功	66	94	94
3 个月累积通畅率	69	61	92
6 个月累积通畅率	64	48	64
12 个月累积通畅率	43	24	44

**1. 建立有效的具有共同价值取向的工作团队:**该团队建设是持续质量改进的关键。团队成员对于血管通路相关医疗理念具有高度一致的共识、积极主动参与持续质量改进过程,其中通路协调员必不可少。

**2. 确定血管通路质量管理目标:**可依据中心目前通路质量及我国相关指南所定目标设定。血管通路建立操作主要质量管理指标包括:通路初级通畅率、通路累积通畅率、

**表 12** 未成熟动静脉内瘘干预的临床成功率和通畅率的建议临界值(%)

项目	建议临界值(%)
临床成功	87
3 个月原发通畅率	66
6 个月原发通畅率	47
12 个月原发通畅率	47
3 个月累积通畅率	*
6 个月累积通畅率	77
12 个月累积通畅率	70

注: \*:证据不充足,暂无推荐阈值

通路原发失败率、内瘘原发成熟率、内瘘累积成熟率。现有通路手术操作主要质量管理指标包括:手术成功率、临床成功率(干预后原发通畅率、干预后累积通畅率)。通路并发症管理指标:导管感染率、导管无感染天数、AVF 感染率等。

**3. 建立标准化通路手术、操作及使用流程:**标准化的流程有助于规范手术及操作,减少相关并发症及医疗风险,具体如中心静脉置管规范化流程、AVF 穿刺标准化流程等。

**4. 坚持持续性的质量改进:**持续质量改进没有特定的起点和终点,是一个不断循环的过程,在每一项具体工作改进中要执行 PDCA[即计划(plan)、实施(do)、检验(check)、处理(action)]循环的管理,对于未解决的问题,将纳入到下一个 PDCA 循环中去解决。具体实施包括实时监测临床结果、发现问题及时反馈、晨交班及周会讨论、实施质量改进计划、月报表或季报表定期评估质量目标。

**5. 实现信息化管理:**在质量管理过程中应以数据说话,

**表 14** 介入技术相关并发症发生率

介入技术类型	自体动静脉内瘘		移植动静脉内瘘	
	建议临界值(%)	并发症类型	建议临界值(%)	并发症类型
<b>经皮腔内血管成形术</b>				
严重并发症	2	静脉穿孔,入路部位血肿,肱动脉、假性动脉瘤、血管成形术部位破裂	7	感染、假性动脉瘤、血管破裂、充血性心力衰竭、脑血管意外、死亡
轻微并发症	8	穿刺部位假性动脉瘤、入路部位血肿、血管迷走神经反应、静脉穿孔、对比剂外渗、轻微破裂	4	出血、穿刺部位血肿、上肢水肿、局灶性外渗
<b>支架或覆膜支架</b>				
严重并发症	1.5	围手术期动静脉内瘘再血栓形成、覆膜支架意外移位	3	感染、假性动脉瘤、血管破裂、充血性心力衰竭、脑血管意外、死亡
轻微并发症	7	自限性静脉痉挛、锁骨下静脉破裂、穿刺部位血肿、对比剂外渗	5	入路部位血肿、上肢水肿
<b>溶栓或血栓切除术</b>				
严重并发症	6	出血、心肌梗死、假性动脉瘤、肺栓塞、严重的手部缺血、伤口感染	7	血肿、动脉栓塞、败血症、流出道静脉破裂、致死性肺栓塞、严重的移植感染
轻微并发症	15	局部血肿、对比剂外渗、入路部位血肿、静脉破裂	14	血管破裂、对比剂外渗、小血肿、无症状动脉栓塞

而不是参考个案病例。所以,信息化管理很重要,条件允许的单位均应建立通路数据库实现信息化管理,数据库包含患者透析资料、手术和血管内操作资料、当前及既往通路资料、合并症情况和远期计划等。

**6. 动态随访:**动态随访是血管通路质量控制中重要的措施之一。通路建立后的动态随访不仅可以追踪通路结局、及早发现并发症、积累丰富的数据,而且在动态随访过程中执行 PDCA 循环的管理可以不断提高中心通路管理质量。每个开展 HD 血管通路手术的中心均应开展动态随访监测。建议设专人负责通路术后评估与监测,成立评估小组,采取多种监测、评估方式相结合的方式,尽量实现信息化管理。

#### (六)通路相关人员的培训

目前各国从事透析通路手术及操作的医师不同,德国、西班牙主要为血管外科医师(92%);美国由血管外科(61%)和普通外科(31%)医师组成;在日本,主要为肾科(29%)、血管外科(29%)和泌尿外科(28%)医师,而意大利多为肾科医师(85%)<sup>[273]</sup>。由于肾科医师是透析通路的使用者,对于透析通路应该具备的特点及肾脏替代治疗复杂性有更好的理解,因此肾科医师是参与血管通路建立和维护的理想人选,可以很好地保证患者诊疗的连续性。血管通路相关操作可由肾科医师完成,包括 AVF(自体 AVF 和 AVG)的建立及并发症的处理,TCC 的置入,确定患者最佳血管通路的血管描记等。现有资料表明,肾科医师经过培训可以成为称职的血管通路医师<sup>[671]</sup>。

研究显示,对血管通路理念、技术的培训可能会影响通路临床实践并提高手术成功率。对 DOPPS 研究中 12 个国家数据分析显示,外科培训对于内瘘建立和预后很关键,若手术医师在培训时完成更多自体 AVF 和更少 AVG,那么随后在专业实践中也会沿袭这种模式<sup>[272]</sup>。在培训过程中手术医师接受“血管条件允许时应先尝试建立自体 AVF 而非 AVG”的理念与其后期临床实践中患者自体 AVF 更高的接受度相关。在培训中完成 25 例以上自体 AVF 手术的医师,其建立 AVF 失败风险显著低于完成 25 例以下手术的医师,相对风险为 0.66<sup>[272-273]</sup>。基于此,欧洲指南建议建立血管通路培训计划,以监督每个学员完成足够数量的自体 AVF(> 25 例)<sup>[30]</sup>。KDOQI 指南<sup>[26]</sup>也建议,对 HD 相关人员(包括手术医师、透析技师和护士)进行结构化培训和监督,并定期更新培训,完善血管通路相关护理和维护的知识,以便提高穿刺能力,降低感染和并发症的发生。

关于手术医师的级别是否会影响血管通路的预后,目前证据不完全一致。两项回顾性研究表明,以内瘘是否可以用于正常透析(连续 6 次)为终点事件,经严格督导的学员和助理医师未见差别<sup>[672-673]</sup>。一项前瞻性非随机试验发现,未经指导的通路学员与专科医师所做的自体 AVF 效果相同<sup>[674]</sup>。专科医师建立 AVF 的平均操作时间为 64 min,学员为 56 min,差异没有统计学意义( $P=0.297$ )<sup>[675]</sup>。但有回顾性研究显示,就内瘘建立成功率及 22 个月时的内瘘初级或

次级通畅率而言,有经验的外科医师与学员之间存在差别(分别为 94.2% 比 81%;80% 比 74%;93% 比 81%),前者优于后者<sup>[676]</sup>。另一项回顾性研究也提示手术医师是 Cimino-Brescia 内瘘远期通畅的一个重要决定因素<sup>[677]</sup>。

血管通路的培训需要具备全面的培训体系、探索多种培训形式、针对受教者基础及需求开展分层培训。

目前血管通路培训的重点主要集中在 AVF 手术的技术方面,随着新技术和新设备的出现,血管通路手术的范围正在扩大。因此通路医师的能力不应只局限于血管分离和吻合等,应了解并学习血管通路的维护和使用的新技术,与时俱进。为了推广血管通路手术的特殊技能,需要改变传统的培训方式,注重开展扩展知识和技能的组合<sup>[678]</sup>。

全面的血管通路培训课程应涵盖整个 ESKD 体系、并设计有针对所有血管通路团队成员的培训内容。理想的血管通路培训应包括三部分:(1)完备、全面的理论知识库,包括 CKD 的相关知识,肾脏替代治疗的方式、类型、选择和处方,血管通路的创建、使用、维护和管理等相关内容。理想的血管通路更多的是基于详细的术前评估,而不仅是完美的手术技术呈现,因此理论知识重点应包括术前评估和整体规划。(2)技能培训,可以为授课与视频展示。(3)在直接监督下结合操作技能进行的模拟式培训,包括新技术的培训。最后需要完成测试以获得资格认证<sup>[679]</sup>。

透析通路领域的培训应探索多样化教学。与传统的以患者为基础的培训相比,模拟式教学允许进行标准化程序及对环境进行控制,让学员在不伤害患者的情况下练习,发现错误及时纠正。目前血管通路维护逐渐从开放手术向腔内手术转变且往往存在更复杂的血管病理因素,这些使得模拟式教学更适合。最新一项纳入 7 项 RCT 研究( $n=866$ )的荟萃分析评估了血管通路模拟式教学的效果:与传统教育相比,模拟式教学提高了总体成功率<sup>[680]</sup>。模拟式教学包括模拟案例学习、不良后果的根本原因分析、概念的更新和完善及模型的实践。为了弥补理论与实践之间的差距,可以使用各种各样的通路手术仿真模型:从简单的缝合学习设备,廉价的静脉穿刺模拟系统(如使用加压隧道橡胶的火鸡胸肉、魔芋道具),到复杂的计算机设计的模拟器,以及介入操作模拟系统如血管造影、球囊血管成形术和支架置入等<sup>[681-682]</sup>。2013 年 Charing Cross 研讨会上首次提出一种新型搏动式手臂模型,可用于执行超过 8 种不同的血管通路操作,填补了血管通路训练的空白<sup>[681]</sup>。Kocharyan 等<sup>[683]</sup>描述了一种成本效益高的明胶模制剂,可以模仿血管通路穿刺等操作。日本透析协会从 2014 年开始,对血管通路医师除了进行基础理论讲座,还进行实践技能培训,包括在模拟前臂的器具上构建 AVF<sup>[684]</sup>,取得了良好成效。

腔内治疗已成为 AVF 促成熟、狭窄及血栓形成的主要干预措施,但腔内培训的缺乏限制了相关技术的开展和普及。目前多个国家开始腔内技术的培训,如美国诊断与介入肾脏病学学会会对肾科介入医师开展为期 4 个月的介入肾脏病学培训,英国腔内培训人次也在逐年增加。我国

多地近年也开始开展介入操作模拟系统等培训放射介入技术。

超声可用于透析通路的各个方面,包括引导CVC置入、血管描记、区域麻醉、协助AVF的创建、维护和评估,以及PD导管置入的评估,因此应建立专门的超声标准化培训课程,包括超声基本原理的讲解、成像技术的动手实践、文档和图像的存储等<sup>[685]</sup>。研究发现标准化临床模拟课程能提高通路医师关于超声引导CVC置入的技能和知识,增加他们的操作信心和成功率<sup>[686]</sup>。

需要注意的是,模拟训练只是成为一名称职的血管通路医师的第一步。除了丰富的理论知识和基础练习,手术室的经验和训练也是必不可少的。将ESKD患者纤细、脆弱的静脉吻合到严重钙化的动脉上,是一项富有挑战的工作。对于复杂的血管通路问题,需要积累临床实践和经验。如前所述获得最佳的血管通路预后,其重要性远远超过手术本身。要成为血管通路方面的专家,学员必须了解CKD、肾脏替代治疗及透析通路对患者长期生存率的影响<sup>[687]</sup>。除了手术技能,与包括放射科医师和超声技师在内的多学科团队的沟通交流可以为受训者提供提高血管造影、腔内手术等基本技能的机会,并帮助受训者更好地理解医学影像技术在血管通路规划和维护中的作用。此外,只有接触到大量复杂的血管通路病例,手术者才能培养出恰当的决策技能,自信且独立地规划血管通路和处理失败或有问题的通路。

此外,血管通路培训应针对受训者基础及需求开展分层培训:第一层:没有通路基础,手术观摩,手把手训练,开放手术100例;第二层:有一定经验需要进一步提高,模拟教学或实践操作80~100例腔内及开放手术;第三层:全能医师,做过各种类型通路手术,旨在掌握最新方法、技术,能诊断及处理所有通路并发症。

除了定期接受培训,通路医师需积极参与临床教学活动。承担教学工作不仅有助于年轻医师的培养,还可以敦促授课医师整理资料、总结经验、发现问题,成熟的通路团队应具备一定的教学能力,达到以教促学、教学相长的目的。

除通路医师的培训外,透析医师和透析护士通常是血管通路有问题患者的首位接触者。他们也需要接受血管通路方面的培训,培训内容应突出通路的使用规范、并发症的早期识别、早期转诊等<sup>[688]</sup>。

我国自2013年开始陆续成立全国血管通路培训基地,致力于开展血管通路技术的普及推广以及新技术的培训,具体方式以理论授课、手术演示为主,辅以模拟道具、动物试验等多种培训方式,近年来培训初显成效,各地通路技术均有大幅提升,但目前我国各地通路技术还存在较大差异,未来血管通路培训还有很长路要走。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**声明和感谢** 本次指南编写为中华医学会肾脏病学分会透析通路指南第一版,在编写过程中可能存在一定不足,随着医

疗技术的不断发展,我们将对此指南进行更新。此指南由北京市海淀区医院王玉柱教授团队负责AVF及血管通路一体化管理部分的初步撰写,上海中医药大学附属曙光医院叶朝阳教授团队负责透析导管和通路监测部分的初步撰写,郑州大学第一附属医院王沛教授团队负责中心静脉疾病及透析通路相关新技术部分的初步撰写,浙江大学医学院附属第一医院蒋华教授团队负责CKD患者一体化治疗、透析通路建立前准备、特殊通路及PD置管部分的初步撰写,哈尔滨医科大学附属第二医院焦军东教授团队主要负责前言、透析通路建立的相关临床决策部分及全部内容的定稿工作。在整个编写过程中,全体专家进行了积极有效的讨论与沟通,付出了大量心血,我们对所有参加该指南编写的专家和工作人员(主要有北京市海淀区医院张丽红医生、詹申医生、郑欣医生,上海中医药大学附属曙光医院陈冬平医生,郑州大学第一附属医院王宇飞医生、梁献慧医生、周春宇医生,浙江大学医学院附属第一医院张晓辉医生、杨浩医生、余献平医生,哈尔滨医科大学附属第二医院张承巍医生、孔凡武医生)致以由衷的感谢!

#### 中华医学会肾脏病学分会专家组

**顾问:**余学清(广东省人民医院/中山大学附属第一医院)

**组长:**陈江华(浙江大学医学院附属第一医院)

**专家组成员(按姓名汉语拼音字母表顺序排序):**蔡广研(中国人民解放军总医院第一医学中心)、陈江华(浙江大学医学院附属第一医院)、陈崑(中山大学附属第一医院)、陈文(海南省肿瘤医院)、党宗辉(西藏自治区人民医院)、丁小强(复旦大学附属中山医院)、傅君舟(广州市第一人民医院)、付平(四川大学华西医院)、郭志勇(海军军医大学附属长海医院)、韩飞(浙江大学医学院附属第一医院)、郝传明(复旦大学附属华山医院)、何娅妮(中国人民解放军陆军特色医学中心)、胡伟新(中国人民解放军东部战区总医院)、胡文博(青海省人民医院)、胡昭(山东大学齐鲁医院)、贾强(首都医科大学宣武医院)、蒋更如(上海交通大学医学院附属新华医院)、蒋红利(西安交通大学第一附属医院)、蒋华(浙江大学医学院附属第一医院)、焦军东(哈尔滨医科大学附属第二医院)、金其庄(北京大学第一医院)、康焰(四川大学华西医院)、李德天(中国医科大学附属盛京医院)、李贵森(四川省人民医院)、李冀军(中国人民解放军总医院第四医学中心)、李荣山(山西省人民医院)、李文歌(中日友好医院)、李雪梅(中国医学科学院北京协和医院)、李赞(江西省人民医院)、梁敏(南方医科大学南方医院)、梁馨苓(广东省人民医院)、廖蕴华(广西医科大学第一附属医院)、林洪丽(大连医科大学附属第一医院)、林珊(天津医科大学总医院)、刘必成(东南大学附属中大医院)、刘加明(石河子市人民医院)、刘章锁(郑州大学第一附属医院)、陆晨(新疆医科大学第一附属医院)、伦立德(中国人民解放军空军特色医学中心)、毛永辉(北京医院)、倪兆慧(上海交

通大学医学院附属仁济医院)、宋利(广东省人民医院)、孙脊峰(空军军医大学第二附属医院)、孙晶(山东省立医院)、孙林(中南大学湘雅二医院)、童俊容(中国人民解放军南部战区总医院)、万建新(福建医科大学附属第一医院)、王彩丽(内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院)、王俭勤(兰州大学第二医院)、王晋文(昆明市延安医院)、汪年松(上海交通大学医学院附属第六人民医院)、王沛(郑州大学第一附属医院)、王玉柱(北京市海淀区医院)、吴广礼(中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院)、吴燕华(广东省人民医院)、吴永贵(安徽医科大学第一附属医院)、邢昌赢(南京医科大学第一附属医院)、徐钢(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、许钟镐(吉林大学第一医院)、闫铁昆(天津医科大学总医院)、杨向东(山东大学齐鲁医院)、姚丽(中国医科大学附属第一医院)、叶朝阳(上海中医药大学附属曙光医院)、余学清(广东省人民医院/中山大学附属第一医院)、查艳(贵州省人民医院)、张春(华中科技大学同济医学院附属协和医院)、张景红(中国人民解放军海军第九〇五医院)、张克勤(重庆医科大学附属第二医院)、赵明辉(北京大学第一医院)、周巧玲(中南大学湘雅医院)、周晓玲(宁夏医科大学总医院)、庄永泽(中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院)、邹洪斌(吉林大学第二医院)

**执笔专家:**焦军东\*(哈尔滨医科大学附属第二医院)、王玉柱(北京市海淀区医院)、叶朝阳(上海中医药大学附属曙光医院)、蒋华(浙江大学医学院附属第一医院)、王沛(郑州大学第一附属医院)、金其庄(北京大学第一医院)、李德天(中国医科大学附属盛京医院)

\*为执笔牵头人

## 参 考 文 献

- [1] Liyanage T, Ninomiya T, Jha V, et al. Worldwide access to treatment for end-stage kidney disease: a systematic review[J]. *Lancet*, 2015, 385(9981): 1975-1982. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61601-9.
- [2] Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. *Lancet*, 2020, 395(10225): 709-733. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30045-3.
- [3] 許志成, 黃尚志, 吳麥斯, 等. 2021 台灣腎病年報[M]. 台北: 財團法人衛生研究院, 台灣腎臟醫學會, 2022: 250.
- [4] United States Renal Data System. 2021 USRDS Annual Data Report: Epidemiology of kidney disease in the United States [R/OL]. Bethesda, MD: National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2021. <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/2021>
- [5] 日本臨床腎移植学会, 日本移植学会. 腎移植臨床登録集計報告(2020)2019年実施症例の集計報告と追跡調査結果[J]. *移植*, 2020, 55: 225-243.
- [6] United States Renal Data System. 2020 USRDS annual data report: epidemiology of kidney disease in the United States[R/OL]. Bethesda, MD: National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2020. <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/2020>.
- [7] Moist LM, Al-Jaishi AA. Preparation of the dialysis access in stages 4 and 5 CKD[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2016, 23(4): 270-275. DOI: 10.1053/j.ackd.2016.04.001.
- [8] Chia J, Goh ZS, Seow PS, et al. Psychosocial factors, intentions to pursue arteriovenous dialysis access, and access outcomes: a cohort study[J]. *Am J Kidney Dis*, 2021, 77(6): 931-940. DOI: 10.1053/j.ajkd.2020.09.019.
- [9] Woo K, Lok CE. New insights into dialysis vascular access: what is the optimal vascular access type and timing of access creation in CKD and dialysis patients?[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2016, 11(8): 1487-1494. DOI: 10.2215/CJN.02190216.
- [10] Shigematsu T, Sonou T, Ohya M, et al. Preventive strategies for vascular calcification in patients with chronic kidney disease[J]. *Contrib Nephrol*, 2017, 189: 169-177. DOI: 10.1159/000452310.
- [11] Andrade FP, Benvenuti H, da Silva KC, et al. Effects of upper limb exercise programs on the arteriovenous fistula in patients on hemodialysis: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(5): 770-777. DOI: 10.1177/11297298211001166.
- [12] Anand SM, Fernando ME, Suhasini B, et al. The role of far infrared therapy in the unassisted maturation of arterio-venous fistula in patients with chronic kidney disease[J]. *Indian J Nephrol*, 2020, 30(5): 307-315. DOI: 10.4103/ijn.IJN\_122\_19.
- [13] Karim MS, Aryal P, Gardezi A, et al. Vascular access in kidney transplant recipients[J]. *Transplant Rev (Orlando)*, 2020, 34(3): 100544. DOI: 10.1016/j.trre.2020.100544.
- [14] Allon M, Lockhart ME, Lilly RZ, et al. Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients[J]. *Kidney Int*, 2001, 60(5): 2013-2020. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2001.00031.x.
- [15] Dixon BS, Novak L, Fangman J. Hemodialysis vascular access survival: upper-arm native arteriovenous fistula[J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 39(1): 92-101. DOI: 10.1053/ajkd.2002.29886.
- [16] Sheldrake IL, Rowlands TE. A comparison between one-stage and two-stage procedures for the creation of brachiobasilic arteriovenous fistulas[J]. *Int J Surg*, 2015, 18: 71-74. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.04.041.
- [17] Cooper J, Power AH, DeRose G, et al. Similar failure and patency rates when comparing one- and two-stage basilic vein transposition[J]. *J Vasc Surg*, 2015, 61(3): 809-816. DOI: 10.1016/j.jvs.2014.11.083.
- [18] Lin SL, Huang CH, Chen HS, et al. Effects of age and diabetes on blood flow rate and primary outcome of newly created hemodialysis arteriovenous fistulas[J]. *Am J Nephrol*, 1998, 18(2): 96-100. DOI: 10.1159/000013315.
- [19] Lok CE, Allon M, Moist L, et al. Risk equation determining unsuccessful cannulation events and failure to maturation in arteriovenous fistulas (REDUCE FTM I)[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2006, 17(11): 3204-3212. DOI: 10.1681/ASN.2006030190.
- [20] Lee T, Thamer M, Zhang Y, et al. Outcomes of elderly patients after predialysis vascular access creation[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2015, 26(12): 3133-3140. DOI: 10.1681/ASN.2014090938.

- [21] Perl J, Wald R, McFarlane P, et al. Hemodialysis vascular access modifies the association between dialysis modality and survival[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2011, 22(6): 1113-1121. DOI: 10.1681/ASN.2010111155.
- [22] Nakamura T, Suemitsu K, Nakamura J. Superficialization of brachial artery as effective alternative vascular access [J]. *J Vasc Surg*, 2014, 59(5): 1385-1392. DOI: 10.1016/j.jvs.2013.11.093.
- [23] DeSilva RN, Patibandla BK, Vin Y, et al. Fistula first is not always the best strategy for the elderly[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2013, 24(8): 1297-1304. DOI: 10.1681/ASN.2012060632.
- [24] Niyyar VD, Wasse H. Vessel mapping for dialysis access planning[J]. *Semin Dial*, 2017, 30(4): 305-308. DOI: 10.1111/sdi.12594.
- [25] Lee KG, Chong TT, Goh N, et al. Outcomes of arteriovenous fistula creation, effect of preoperative vein mapping and predictors of fistula success in incident haemodialysis patients: a single-centre experience[J]. *Nephrology (Carlton)*, 2017, 22(5): 382-387. DOI: 10.1111/nep.12788.
- [26] Lok CE, Huber TS, Lee T, et al. KDOQI clinical practice guideline for vascular access: 2019 update[J]. *Am J Kidney Dis*, 2020, 75(4 Suppl 2): S1-S164. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.12.001.
- [27] Malovrh M. Vascular access creation and care should be provided by nephrologists[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16 Suppl 9: S20-23. DOI: 10.5301/jva.5000332.
- [28] Alfano G, Fontana F, Iannaccone M, et al. Preoperative management of arteriovenous fistula (AVF) for hemodialysis[J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(6): 451-463. DOI: 10.5301/jva.5000771.
- [29] Ferring M, Claridge M, Smith SA, et al. Routine preoperative vascular ultrasound improves patency and use of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a randomized trial[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2010, 5(12): 2236-2244. DOI: 10.2215/CJN.02820310.
- [30] Schmidli J, Widmer MK, Basile C, et al. Editor's choice - Vascular access: 2018 clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 55(6): 757-818. DOI: 10.1016/j.ejvs.2018.02.001.
- [31] Mihmanli I, Besirli K, Kurugoglu S, et al. Cephalic vein and hemodialysis fistula: surgeon's observation versus color Doppler ultrasonographic findings[J]. *J Ultrasound Med*, 2001, 20(3): 217-222. DOI: 10.7863/jum.2001.20.3.217.
- [32] Lopes J, Marques A, Correa JA. Randomised clinical study of the impact of routine preoperative Doppler ultrasound for the outcome of autologous arteriovenous fistulas for haemodialysis[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(1): 107-114. DOI: 10.1177/1129729820927273.
- [33] Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, et al. The necessity for routine pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula creation: a meta-analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2015, 49(5): 600-605. DOI: 10.1016/j.ejvs.2015.01.012.
- [34] Vascular Access 2006 Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access[J]. *Am J Kidney Dis*, 2006, 48 Suppl 1: S176-S247. DOI: 10.1053/j.ajkd.2006.04.029.
- [35] Kukita K, Ohira S, Amano I, et al. 2011 update Japanese Society for Dialysis Therapy Guidelines of vascular access construction and repair for chronic hemodialysis[J]. *Ther Apher Dial*, 2015, 19 Suppl 1: 1-39. DOI: 10.1111/1744-9987.12296.
- [36] Malovrh M. Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation[J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 39(6): 1218-1225. DOI: 10.1053/ajkd.2002.33394.
- [37] Marques MG, Ponce P. Pre-operative assessment for arteriovenous fistula placement for dialysis[J]. *Semin Dial*, 2017, 30(1): 58-62. DOI: 10.1111/sdi.12561.
- [38] Hyland K, Cohen RM, Kwak A, et al. Preoperative mapping venography in patients who require hemodialysis access: imaging findings and contribution to management[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2008, 19(7): 1027-1033. DOI: 10.1016/j.jvir.2008.03.015.
- [39] Heye S, Fourneau I, Maleux G, et al. Preoperative mapping for haemodialysis access surgery with CO(2) venography of the upper limb[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 39(3): 340-345. DOI: 10.1016/j.ejvs.2009.11.036.
- [40] Bode AS, Planken RN, Merckx MA, et al. Feasibility of non-contrast-enhanced magnetic resonance angiography for imaging upper extremity vasculature prior to vascular access creation[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2012, 43(1): 88-94. DOI: 10.1016/j.ejvs.2011.09.012.
- [41] Merckx MA, Huberts W, Bosboom EM, et al. The benefit of non contrast-enhanced magnetic resonance angiography for predicting vascular access surgery outcome: a computer model perspective[J]. *PLoS One*, 2013, 8(2): e53615. DOI: 10.1371/journal.pone.0053615.
- [42] Stoumpos S, Tan A, Hall Barrientos P, et al. Ferumoxytol MR angiography versus duplex US for vascular mapping before arteriovenous fistula surgery for hemodialysis[J]. *Radiology*, 2020, 297(1): 214-222. DOI: 10.1148/radiol.2020200069.
- [43] Li PK, Chow KM. Peritoneal dialysis patient selection: characteristics for success[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2009, 16(3): 160-168. DOI: 10.1053/j.ackd.2009.02.001.
- [44] Boonpheng B, Thongprayoon C, Wijarnpreecha K, et al. Outcomes of patients with autosomal-dominant polycystic kidney disease on peritoneal dialysis: a meta-analysis[J]. *Nephrology (Carlton)*, 2019, 24(6): 638-646. DOI: 10.1111/nep.13431.
- [45] Crabtree JH. Previous abdominal surgery is not necessarily a contraindication for peritoneal dialysis[J]. *Nat Clin Pract Nephrol*, 2008, 4(1): 16-17. DOI: 10.1038/ncpneph0669.
- [46] Tom CM, Dubina ED, Simms ER, et al. Outcomes of combined hernia repair and peritoneal dialysis catheter placement: a NSQIP analysis[J]. *Am Surg*, 2018, 84(10): 1604-1607.
- [47] Cao W, Tu C, Jia T, et al. Prophylactic laparoscopic omentopexy: a new technique for peritoneal dialysis catheter placement[J]. *Ren Fail*, 2019, 41(1): 113-117. DOI: 10.1080/0886022X.2019.1583580.
- [48] 陈香美. 腹膜透析标准操作规程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2010.
- [49] Hagen SM, Lafranca JA, IJzermans JN, et al. A systematic review and meta-analysis of the influence of peritoneal dialysis catheter type on complication rate and catheter survival[J]. *Kidney Int*, 2014, 85(4): 920-932. DOI: 10.1038/ki.2013.365.
- [50] Chow KM, Wong S, Ng J, et al. Straight versus coiled

- peritoneal dialysis catheters: a randomized controlled trial[J]. *Am J Kidney Dis*, 2020, 75(1): 39-44. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.05.024.
- [51] Crabtree JH, Chow KM. Peritoneal dialysis catheter insertion[J]. *Semin Nephrol*, 2017, 37(1): 17-29. DOI: 10.1016/j.semnephrol.2016.10.004.
- [52] Crabtree JH. Peritoneal dialysis catheter implantation: avoiding problems and optimizing outcomes[J]. *Semin Dial*, 2015, 28(1): 12-15. DOI: 10.1111/sdi.12299.
- [53] Htay H, Johnson DW, Craig JC, et al. Catheter type, placement and insertion techniques for preventing catheter-related infections in chronic peritoneal dialysis patients[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 5(5): CD004680. DOI: 10.1002/14651858.CD004680.pub3.
- [54] Chan CT, Blankestijn PJ, Dember LM, et al. Dialysis initiation, modality choice, access, and prescription: conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) controversies conference[J]. *Kidney Int*, 2019, 96(1): 37-47. DOI: 10.1016/j.kint.2019.01.017.
- [55] Figueiredo AE, Bernardini J, Bowes E, et al. A syllabus for teaching peritoneal dialysis to patients and caregivers[J]. *Perit Dial Int*, 2016, 36(6): 592-605. DOI: 10.3747/pdi.2015.00277.
- [56] Stewart AH, Eyers PS, Earnshaw JJ. Prevention of infection in peripheral arterial reconstruction: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Vasc Surg*, 2007, 46(1): 148-155. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.02.065.
- [57] Bennion RS, Hiatt JR, Williams RA, et al. A randomized, prospective study of perioperative antimicrobial prophylaxis for vascular access surgery[J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 1985, 26(3): 270-274.
- [58] Zibari GB, Gadallah MF, Landreneau M, et al. Preoperative vancomycin prophylaxis decreases incidence of postoperative hemodialysis vascular access infections[J]. *Am J Kidney Dis*, 1997, 30(3): 343-348. DOI: 10.1016/s0272-6386(97)90277-8.
- [59] Classen DC, Evans RS, Pestotnik SL, et al. The timing of prophylactic administration of antibiotics and the risk of surgical-wound infection[J]. *N Engl J Med*, 1992, 326(5): 281-286. DOI: 10.1056/NEJM199201303260501.
- [60] van Kasteren ME, Manniën J, Ott A, et al. Antibiotic prophylaxis and the risk of surgical site infections following total hip arthroplasty: timely administration is the most important factor[J]. *Clin Infect Dis*, 2007, 44(7): 921-927. DOI: 10.1086/512192.
- [61] Ho VP, Barie PS, Stein SL, et al. Antibiotic regimen and the timing of prophylaxis are important for reducing surgical site infection after elective abdominal colorectal surgery [J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2011, 12(4): 255-260. DOI: 10.1089/sur.2010.073.
- [62] Muñoz Platón E, Jiménez Antolín JA, Brea Zubigaray S, et al. [The effect of surgical antibiotic prophylaxis and the timing of its administration on the risk of surgical wound infection][J]. *Rev Clin Esp*, 1995, 195(10): 669-673.
- [63] Platt AJ, Page RE. Post-operative infection following hand surgery. Guidelines for antibiotic use[J]. *J Hand Surg Br*, 1995, 20(5): 685-690. DOI: 10.1016/s0266-7681(05)80137-8.
- [64] Lizán-García M, García-Caballero J, Asensio-Vegas A. Risk factors for surgical-wound infection in general surgery: a prospective study[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 1997, 18(5): 310-315. DOI: 10.1086/647617.
- [65] Trick WE, Scheckler WE, Tokars JI, et al. Modifiable risk factors associated with deep sternal site infection after coronary artery bypass grafting[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2000, 119(1): 108-114. DOI: 10.1016/s0022-5223(00)70224-8.
- [66] Garey KW, Dao T, Chen H, et al. Timing of vancomycin prophylaxis for cardiac surgery patients and the risk of surgical site infections[J]. *J Antimicrob Chemother*, 2006, 58(3): 645-650. DOI: 10.1093/jac/dkl279.
- [67] 中华医学会外科学分会外科感染与重症医学学组, 中国医师协会外科医师分会肠瘘外科医师专业委员会. 中国手术部位感染预防指南[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2019, 22(4): 301-314. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2019.04.001.
- [68] Lo Monte AI, Damiano G, Mularo A, et al. Comparison between local and regional anesthesia in arteriovenous fistula creation[J]. *J Vasc Access*, 2011, 12(4): 331-335. DOI: 10.5301/JVA.2011.8560.
- [69] Yildirim V, Doganci S, Yanarates O, et al. Does preemptive stellate ganglion blockage increase the patency of radiocephalic arteriovenous fistula? [J]. *Scand Cardiovasc J*, 2006, 40(6): 380-384. DOI: 10.1080/14017430600913207.
- [70] Aitken E, Jackson A, Kearns R, et al. Effect of regional versus local anaesthesia on outcome after arteriovenous fistula creation: a randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2016, 388(10049): 1067-1074. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30948-5.
- [71] Ismail A, Abushouk AI, Bekhet AH, et al. Regional versus local anesthesia for arteriovenous fistula creation in end-stage renal disease: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(3): 177-184. DOI: 10.5301/jva.5000683.
- [72] Aitken E, Kearns R, Gaiuanu L, et al. Long-term functional patency and cost-effectiveness of arteriovenous fistula creation under regional anesthesia: a randomized controlled trial[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2020, 31(8): 1871-1882. DOI: 10.1681/ASN.2019111209.
- [73] Howell SJ, Sear YM, Yeates D, et al. Risk factors for cardiovascular death after elective surgery under general anaesthesia[J]. *Br J Anaesth*, 1998, 80(1): 14-19. DOI: 10.1093/bja/80.1.14.
- [74] Sahin L, Gul R, Mizrak A, et al. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block enhances postoperative blood flow in arteriovenous fistulas[J]. *J Vasc Surg*, 2011, 54(3): 749-753. DOI: 10.1016/j.jvs.2010.12.045.
- [75] D'Ayala M, Smith RM, Martone C, et al. The effect of systemic anticoagulation in patients undergoing angioaccess surgery[J]. *Ann Vasc Surg*, 2008, 22(1): 11-15. DOI: 10.1016/j.avsg.2007.09.002.
- [76] Bhomi KK, Shrestha S, Bhattachan CL. Role of systemic anticoagulation in patients undergoing vascular access surgery[J]. *Nepal Med Coll J*, 2008, 10(4): 222-224.
- [77] Ravari H, Kazemzade GH, Sarookhani A, et al. Effect of heparin on the patency of arteriovenous fistula[J]. *Acta Med Iran*, 2008, 46(5): 379-382.
- [78] Nishida H, Fukuhara H, Nawano T, et al. Adjuvant heparinization before manipulation of artery reduces early failure in primary arteriovenous fistula for

- end-stage renal disease patients[J]. *Clin Exp Nephrol*, 2021, 25(12): 1346-1353. DOI: 10.1007/s10157-021-02109-5.
- [79] Wang BR, Rowe VL, Ham SW, et al. A prospective clinical evaluation of the effects of intraoperative systemic anticoagulation in patients undergoing arteriovenous fistula surgery[J]. *Am Surg*, 2010, 76(10): 1112-1114. DOI: 10.1177/000313481007601020.
- [80] Smith GE, Souroullous P, Cayton T, et al. A systematic review and meta-analysis of systemic intraoperative anticoagulation during arteriovenous access formation for dialysis[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17(1): 1-5. DOI: 10.5301/jva.5000484.
- [81] Gibbons CP. Primary vascular access[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2006, 31(5): 523-529. DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.10.006.
- [82] Sidawy AN, Spergel LM, Besarab A, et al. The Society for Vascular Surgery: clinical practice guidelines for the surgical placement and maintenance of arteriovenous hemodialysis access[J]. *J Vasc Surg*, 2008, 48(5 Suppl): 2S-25S. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.08.042.
- [83] Scali ST, Huber TS. Treatment strategies for access-related hand ischemia[J]. *Semin Vasc Surg*, 2011, 24(2): 128-136. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2011.05.012.
- [84] Gale-Grant O, Chemla ES. Single-center results of a series of prosthetic axillary-axillary arteriovenous access grafts for hemodialysis[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 64(6): 1741-1746. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.07.101.
- [85] Antoniou GA, Lazarides MK, Georgiadis GS, et al. Lower-extremity arteriovenous access for haemodialysis: a systematic review[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2009, 38(3): 365-372. DOI: 10.1016/j.ejvs.2009.06.003.
- [86] Maya ID, Weatherspoon J, Young CJ, et al. Increased risk of infection associated with polyurethane dialysis grafts[J]. *Semin Dial*, 2007, 20(6): 616-620. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00372.x.
- [87] 王蕴若, 王惠新, 吴昊, 等. 微创下前臂贵要静脉转位动静脉内瘘成形术[J]. *中华肾脏病杂志*, 2013, 29(11): 849-850. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2013.11.010.
- [88] Tordoir JH, Keuter X, Planken N, et al. Autogenous options in secondary and tertiary access for haemodialysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2006, 31(6): 661-666. DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.10.005.
- [89] 王玉柱. 血液净化通路[M]. 北京: 人民军医出版社, 2008.
- [90] 王玉柱, 杨涛, 任树风, 等. 自体股部大隐静脉移植内瘘临床应用分析[J]. *中国血液净化*, 2011, 10(9): 471-474. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2011.08.004.
- [91] Ehsan O, Bhattacharya D, Darwish A, et al. 'Extension technique': a modified technique for brachio-cephalic fistula to prevent dialysis access-associated steal syndrome[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2005, 29(3): 324-327. DOI: 10.1016/j.ejvs.2004.09.018.
- [92] Kian K, Shapiro JA, Salman L, et al. High brachial artery bifurcation: clinical considerations and practical implications for an arteriovenous access[J]. *Semin Dial*, 2012, 25(2): 244-247. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2011.00964.x.
- [93] Morosetti M, Cipriani S, Dominijanni S, et al. Basilic vein transposition versus biosynthetic prosthesis as vascular access for hemodialysis[J]. *J Vasc Surg*, 2011, 54(6): 1713-1719. DOI: 10.1016/j.jvs.2011.06.030.
- [94] Lazarides MK, Georgiadis GS, Papisideris CP, et al. Transposed brachial-basilic arteriovenous fistulas versus prosthetic upper limb grafts: a meta-analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2008, 36(5): 597-601. DOI: 10.1016/j.ejvs.2008.07.008.
- [95] 岳嘉宁, 潘天岳, 沈波, 等. 股浅静脉转位建立下肢自体动静脉内瘘[J]. *中华普通外科杂志*, 2020, 35(7): 585-586. DOI: 10.3760/cma.j.cn113855-20200316-00209.
- [96] 胡婧伊, 施娅雪, 鲍雪东, 等. 改良股浅静脉转位建立动静脉内瘘[J]. *中华普通外科杂志*, 2019, 34(3): 266-267. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2019.03.023.
- [97] Gradman WS, Laub J, Cohen W. Femoral vein transposition for arteriovenous hemodialysis access: improved patient selection and intraoperative measures reduce postoperative ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2005, 41(2): 279-284. DOI: 10.1016/j.jvs.2004.10.039.
- [98] Correa JA, de Abreu LC, Pires AC, et al. Saphenofemoral arteriovenous fistula as hemodialysis access[J]. *BMC Surg*, 2010, 10: 28. DOI: 10.1186/1471-2482-10-28.
- [99] Chemla ES, Morsy M, Anderson L, et al. Complex bypasses and fistulas for difficult hemodialysis access: a prospective, single-center experience[J]. *Semin Dial*, 2006, 19(3): 246-250. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2006.00162.x.
- [100] Mozaffar M, Fallah M, Lotfollahzadeh S, et al. Comparison of efficacy of side to side versus end to side arteriovenous fistulae formation in chronic renal failure as a permanent hemodialysis access[J]. *Nephrourol Mon*, 2013, 5(3): 827-830. DOI: 10.5812/numonthly.10248.
- [101] Mestres G, Gonzalo B, Mateos E, et al. Comparison of side-to-end vs. side-to-side proximal arteriovenous fistula anastomosis in chronic renal failure patients[J]. *Vascular*, 2019, 27(6): 628-635. DOI: 10.1177/1708538119847392.
- [102] Sadaghianloo N, Declémy S, Jean-Baptiste E, et al. Radial artery deviation and reimplantation inhibits venous juxta-anastomotic stenosis and increases primary patency of radial-cephalic fistulas for hemodialysis[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 64(3): 698-706.e1. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.04.023.
- [103] Baguneid MS, Goldner S, Fulford PE, et al. A comparison of para-anastomotic compliance profiles after vascular anastomosis: nonpenetrating clips versus standard sutures[J]. *J Vasc Surg*, 2001, 33(4): 812-820. DOI: 10.1067/mva.2001.112806.
- [104] Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access[J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55(3): 849-855. DOI: 10.1016/j.jvs.2011.07.095.
- [105] Kordzadeh A, Chung J, Panayiotopoulos YP. Cephalic vein and radial artery diameter in formation of radiocephalic arteriovenous fistula: a systematic review[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(6): 506-511. DOI: 10.5301/jva.5000413.
- [106] Wong V, Ward R, Taylor J, et al. Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 1996, 12(2): 207-213. DOI: 10.1016/s1078-5884(96)80108-0.
- [107] 金其庄, 王玉柱, 叶朝阳, 等. 中国血液透析用血管通路专家共识(第2版)[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(6): 365-381. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2019.06.001.

- [108] Lumsden AB, MacDonald MJ, Kikeri D, et al. Cost efficacy of duplex surveillance and prophylactic angioplasty of arteriovenous ePTFE grafts[J]. *Ann Vasc Surg*, 1998, 12(2): 138-142. DOI: 10.1007/s100169900130.
- [109] Shemesh D, Goldin I, Hijazi J, et al. A prospective randomized study of heparin-bonded graft (Propaten) versus standard graft in prosthetic arteriovenous access [J]. *J Vasc Surg*, 2015, 62(1): 115-122. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.01.056.
- [110] Davidson I, Hackerman C, Kapadia A, et al. Heparin bonded hemodialysis e-PTFE grafts result in 20% clot free survival benefit[J]. *J Vasc Access*, 2009, 10(3): 153-156. DOI: 10.1177/112972980901000303.
- [111] Lemson MS, Tordoir JH, van Det RJ, et al. Effects of a venous cuff at the venous anastomosis of polytetrafluoroethylene grafts for hemodialysis vascular access[J]. *J Vasc Surg*, 2000, 32(6): 1155-1163. DOI: 10.1067/mva.2000.109206.
- [112] Lenz BJ, Veldenz HC, Dennis JW, et al. A three-year follow-up on standard versus thin wall ePTFE grafts for hemodialysis[J]. *J Vasc Surg*, 1998, 28(3): 464-470; discussion 470. DOI: 10.1016/s0741-5214(98)70132-6.
- [113] Tordoir JH, Hofstra L, Leunissen KM, et al. Early experience with stretch polytetrafluoroethylene grafts for haemodialysis access surgery: results of a prospective randomised study[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 1995, 9(3): 305-309. DOI: 10.1016/s1078-5884(05)80135-2.
- [114] Ko PJ, Hsieh HC, Chu JJ, et al. Patency rates and complications of Exxcel yarn-wrapped polytetrafluoroethylene grafts versus Gore-tex stretch polytetrafluoroethylene grafts: a prospective study[J]. *Surg Today*, 2004, 34(5): 409-412. DOI: 10.1007/s00595-003-2728-7.
- [115] Jasty VS, Haddad D, Mohan B, et al. Tapered and non-tapered prosthetic grafts in upper extremity dialysis access: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(1): 42-49. DOI: 10.1177/1129729820974177.
- [116] 张丽红, 詹申, 肖光辉, 等. 即穿型人造血管与肝素涂层人造血管在终末期肾病患者建立动静脉内瘘中的长期效果观察 [J]. *中国血液净化*, 2019, 18(10): 701-704. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2019.10.011.
- [117] 肖光辉, 詹申, 王玉柱, 等. 即穿型人造血管与膨化聚四氟乙烯人造血管在建立血管通路中的应用 [J]. *临床肾脏病杂志*, 2019, 19(12): 901-906. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2019.12.008.
- [118] 孙秀丽, 王慧, 殷娜, 等. 新型人造血管移植内瘘首次穿刺时间对通畅率及并发症影响的系统评价 [J]. *中国血液净化*, 2018, 17(3): 186-192. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2018.03.09.
- [119] Kennealey PT, Elias N, Hertl M, et al. A prospective, randomized comparison of bovine carotid artery and expanded polytetrafluoroethylene for permanent hemodialysis vascular access[J]. *J Vasc Surg*, 2011, 53(6): 1640-1648. DOI: 10.1016/j.jvs.2011.02.008.
- [120] Arhuidese I, Reifsnyder T, Islam T, et al. Bovine carotid artery biologic graft outperforms expanded polytetrafluoroethylene for hemodialysis access[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 65(3): 775-782. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.10.080.
- [121] Kostakis ID, Loukopoulos I. Comparison between bovine carotid artery graft and polytetrafluoroethylene graft for haemodialysis vascular access: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(1): 26-33. DOI: 10.1177/1129729820926088.
- [122] Lawson JH, Glickman MH, Ilzecki M, et al. Bioengineered human acellular vessels for dialysis access in patients with end-stage renal disease: two phase 2 single-arm trials[J]. *Lancet*, 2016, 387(10032): 2026-2034. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)00557-2.
- [123] Won T, Jang JW, Lee S, et al. Effects of intraoperative blood flow on the early patency of radiocephalic fistulas[J]. *Ann Vasc Surg*, 2000, 14(5): 468-472. DOI: 10.1007/s100169910082.
- [124] Nazzal MM, Neglen P, Naseem J, et al. The brachiocephalic fistula: a successful secondary vascular access procedure [J]. *Vasa*, 1990, 19(4): 326-329.
- [125] Kherlakian GM, Roedersheimer LR, Arbaugh JJ, et al. Comparison of autogenous fistula versus expanded polytetrafluoroethylene graft fistula for angioaccess in hemodialysis[J]. *Am J Surg*, 1986, 152(2): 238-243. DOI: 10.1016/0002-9610(86)90249-7.
- [126] Padberg FT, Calligaro KD, Sidawy AN. Complications of arteriovenous hemodialysis access: recognition and management[J]. *J Vasc Surg*, 2008, 48(5 Suppl): 55S-80S. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.08.067.
- [127] Schild AF, Simon S, Prieto J, et al. Single-center review of infections associated with 1, 574 consecutive vascular access procedures[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2003, 37(1): 27-31. DOI: 10.1177/153857440303700104.
- [128] Padberg FT, Lee BC, Curl GR. Hemoaccess site infection[J]. *Surg Gynecol Obstet*, 1992, 174(2): 103-108.
- [129] Iyem H. Early follow-up results of arteriovenous fistulae created for hemodialysis[J]. *Vasc Health Risk Manag*, 2011, 7: 321-325. DOI: 10.2147/VHRM.S14277.
- [130] Yurkovic A, Cohen RD, Mantell MP, et al. Outcomes of thrombectomy procedures performed in hemodialysis grafts with early failure[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2011, 22(3): 317-324. DOI: 10.1016/j.jvir.2010.11.021.
- [131] Shemesh D, Goldin I, Berelowitz D, et al. Thrombolysis for early failure of prosthetic arteriovenous access[J]. *J Vasc Surg*, 2008, 47(3): 585-590. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.10.047.
- [132] Scheltinga MR, van Hoek F, Bruijninx CM. Time of onset in haemodialysis access-induced distal ischaemia (HAIDI) is related to the access type[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2009, 24(10): 3198-3204. DOI: 10.1093/ndt/gfp200.
- [133] Modagheh MH, Roudsari B, Hafezi S. Digital pressure and oxygen saturation measurements in the diagnosis of chronic hemodialysis access-induced distal ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2015, 62(1): 135-142. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.02.024.
- [134] Aimaq R, Katz SG. Using distal revascularization with interval ligation as the primary treatment of hand ischemia after dialysis access creation[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(4): 1073-1078; discussion 1078. DOI: 10.1016/j.jvs.2012.10.085.
- [135] Hye RJ, Wolf YG. Ischemic monomelic neuropathy: an under-recognized complication of hemodialysis access[J]. *Ann Vasc Surg*, 1994, 8(6): 578-582. DOI: 10.1007/BF02017415.
- [136] Thermann F, Kornhuber M. Ischemic monomelic

- neuropathy: a rare but important complication after hemodialysis access placement--a review[J]. *J Vasc Access*, 2011, 12(2): 113-119. DOI: 10.5301/jva.2011.6365.
- [137] Wodicka R, Isaacs J. Ischemic monomelic neuropathy[J]. *J Hand Surg Am*, 2010, 35(5): 842-843. DOI: 10.1016/j.jhsa.2009.08.014.
- [138] Ramdon A, Breyre A, Kalapatapu V. A case of acute ischemic monomelic neuropathy and review of the literature[J]. *Ann Vasc Surg*, 2017, 42: 301.e1-301.e5. DOI: 10.1016/j.avsg.2016.11.019.
- [139] Redfern AB, Zimmerman NB. Neurologic and ischemic complications of upper extremity vascular access for dialysis[J]. *J Hand Surg Am*, 1995, 20(2): 199-204. DOI: 10.1016/S0363-5023(05)80007-3.
- [140] Levin KH. AAEE case report #19: ischemic monomelic neuropathy[J]. *Muscle Nerve*, 1989, 12(10): 791-785. DOI: 10.1002/mus.880121002.
- [141] Winston P, Bakker D. Ischemic monomelic neuropathy: the case for reintroducing a little-known term[J]. *Can J Neurol Sci*, 2020, 47(5): 697-699. DOI: 10.1017/cjn.2020.88.
- [142] 王玉柱. 透析通路相关性缺血综合征[J]. *临床肾脏病杂志*, 2012, 12(7): 295-296. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2012.07.002.
- [143] Lyu B, Chan MR, Yevzlin AS, et al. Catheter dependence after arteriovenous fistula or graft placement among elderly patients on hemodialysis[J]. *Am J Kidney Dis*, 2021, 78(3): 399-408. e1. DOI: 10.1053/j.ajkd.2020.12.019.
- [144] 叶朝阳. 血液透析血管通路技术与临床应用[M]. 第2版. 上海: 复旦大学出版社, 2010: 45-46.
- [145] Spergel LM. Has the fistula first breakthrough initiative caused an increase in catheter prevalence? [J]. *Semin Dial*, 2008, 21(6): 550-552. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2008.00501.x.
- [146] 叶朝阳. 带涤纶套中央静脉留置导管的选择应用与并发症防治[J]. *中国血液净化*, 2007, 6(7): 365-368.
- [147] Brown PW. Preoperative radiological assessment for vascular access[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2006, 31(1): 64-69. DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.10.002.
- [148] Goldstein LJ, Gupta S. Use of the radial artery for hemodialysis access[J]. *Arch Surg*, 2003, 138(10): 1130-1134. DOI: 10.1001/archsurg.138.10.1130.
- [149] Tordoir J, Canaud B, Haage P, et al. EBPg on vascular access[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2007, 22 Suppl 2: ii88-ii117. DOI: 10.1093/ndt/gfm021.
- [150] Gadallah MF, Paulson WD, Vickers B, et al. Accuracy of Doppler ultrasound in diagnosing anatomic stenosis of hemodialysis arteriovenous access as compared with fistulography[J]. *Am J Kidney Dis*, 1998, 32(2): 273-277. DOI: 10.1053/ajkd.1998.v32.pm9708612.
- [151] Mansour M, Kamper L, Altenburg A, et al. Radiological central vein treatment in vascular access[J]. *J Vasc Access*, 2008, 9(2): 85-101.
- [152] Asif A, Cherla G, Merrill D, et al. Venous mapping using venography and the risk of radiocontrast-induced nephropathy[J]. *Semin Dial*, 2005, 18(3): 239-242. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2005.18319.x.
- [153] Ye C, Mao Z, Rong S, et al. Multislice computed tomographic angiography in evaluating dysfunction of the vascular access in hemodialysis patients[J]. *Nephron Clin Pract*, 2006, 104(2): c94-c100. DOI: 10.1159/000093996.
- [154] Karadeli E, Tarhan NC, Ulu EM, et al. Evaluation of failing hemodialysis fistulas with multidetector CT angiography: comparison of different 3D planes[J]. *Eur J Radiol*, 2009, 69(1): 184-192. DOI: 10.1016/j.ejrad.2007.09.014.
- [155] Fraum TJ, Ludwig DR, Bashir MR, et al. Gadolinium-based contrast agents: a comprehensive risk assessment[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 46(2): 338-353. DOI: 10.1002/jmri.25625.
- [156] Grobner T. Gadolinium--a specific trigger for the development of nephrogenic fibrosing dermopathy and nephrogenic systemic fibrosis? [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2006, 21(4): 1104-1108. DOI: 10.1093/ndt/gfk062.
- [157] Heye S, Maleux G, Marchal GJ. Upper-extremity venography: CO<sub>2</sub> versus iodinated contrast material[J]. *Radiology*, 2006, 241(1): 291-297. DOI: 10.1148/radiol.2411050714.
- [158] de Graaf R, van Laanen J, Peppelenbosch N, et al. The value of intravascular ultrasound in the treatment of central venous obstructions in hemodialysis patients[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17 Suppl 1: S12-S15. DOI: 10.5301/jva.5000536.
- [159] Heberlein W. Principles of tunneled cuffed catheter placement[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2011, 14(4): 192-197. DOI: 10.1053/j.tvir.2011.05.008.
- [160] Krishna VN, Eason JB, Allon M. Central venous occlusion in the hemodialysis patient[J]. *Am J Kidney Dis*, 2016, 68(5): 803-807. DOI: 10.1053/j.ajkd.2016.05.017.
- [161] 周芹, 焦河, 刘春乘, 等. 经皮无名静脉穿刺技术建立长期血液透析通路的临床研究[J]. *中国血液净化*, 2017, 16(3): 204-207. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2017.03.016.
- [162] He H, Li B, Ma Y, et al. Catheterization in a patient with end-stage renal disease through persistent left superior vena cava: a rare case report and literature review[M]. *BMC Nephrol*, 2019, 20(1): 202. DOI: 10.1186/s12882-019-1339-5.
- [163] Bo X, Liu Y, Liao H, et al. Xper computed tomography-guided translumbar inferior vena cava catheterization for long-term hemodialysis: a case report and literature review[J]. *Semin Dial*, 2022, 35(1): 86-92. DOI: 10.1111/sdi.13041.
- [164] Jonszta T, Czerny D, Prochazka V, et al. Computed tomography (CT)-navigated translumbar hemodialysis catheters: a 10-year single-center experience[J]. *Med Sci Monit*, 2020, 26: e927723. DOI: 10.12659/MSM.927723.
- [165] Medani S, Shantier M, Hussein W, et al. A comparative analysis of percutaneous and open surgical techniques for peritoneal catheter placement[J]. *Perit Dial Int*, 2012, 32(6): 628-635. DOI: 10.3747/pdi.2011.00187.
- [166] Chuengsaman P, Panomrerngsak A, Sriudom K. Does previous abdominal operation affect peritoneal dialysis complications and outcomes? [J]. *J Med Assoc Thai*, 2011, 94 Suppl 4: S64-S70.
- [167] Jo YI, Shin SK, Lee JH, et al. Immediate initiation of CAPD following percutaneous catheter placement without break-in procedure[J]. *Perit Dial Int*, 2007, 27(2): 179-183.
- [168] Hanane T, Lane J, Mireles-Cabodevila E, et al. Safety of bedside placement of tunneled dialysis catheter in

- COVID-19 patients[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(1): 145-148. DOI: 10.1177/1129729820976269.
- [169] Mujoomdar A, Graham T, Baerlocher MO, et al. The Canadian Association for Interventional Radiology (CAIR) and Canadian Association of Radiologists (CAR) guidelines for interventional radiology procedures for patients with suspected or confirmed COVID-19[J]. *Can Assoc Radiol J*, 2020, 71(4): 514-517. DOI: 10.1177/0846537120924310.
- [170] Qanadli SD, Zech CJ, Monnard E, et al. Interventional radiology workflow during the COVID-19 pandemic: recommendations of the Swiss Society of Vascular and Interventional Radiology[J]. *Swiss Med Wkly*, 2020, 150: w20261. DOI: 10.4414/smw.2020.20261.
- [171] van de Wetering MD, van Woensel JB. Prophylactic antibiotics for preventing early central venous catheter Gram positive infections in oncology patients[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2007, (1): CD003295. DOI: 10.1002/14651858.CD003295.pub2.
- [172] Böll B, Schalk E, Buchheidt D, et al. Central venous catheter-related infections in hematology and oncology: 2020 updated guidelines on diagnosis, management, and prevention by the Infectious Diseases Working Party (AGIHO) of the German Society of Hematology and Medical Oncology (DGHO)[J]. *Ann Hematol*, 2021, 100(1): 239-259. DOI: 10.1007/s00277-020-04286-x.
- [173] Salman L, Asif A. Antibiotic prophylaxis: is it needed for dialysis access procedures? [J]. *Semin Dial*, 2009, 22(3): 297-299. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2009.00607.x.
- [174] Oliver MJ. Acute dialysis catheters[J]. *Semin Dial*, 2001, 14(6): 432-435. DOI: 10.1046/j.1525-139x.2001.00107.x.
- [175] Bagul A, Brook NR, Kaushik M, et al. Tunnelled catheters for the haemodialysis patient[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2007, 33(1): 105-112. DOI: 10.1016/j.ejvs.2006.08.004.
- [176] Ye C, Mao Z, Zhang P, et al. A retrospective study of palindrome symmetrical-tip catheters for chronic hemodialysis access in China[J]. *Ren Fail*, 2015, 37(6): 941-946. DOI: 10.3109/0886022X.2015.1040338.
- [177] Mapes D. Nurses' impact on the choice and longevity of vascular access[J]. *Nephrol Nurs J*, 2005, 32(6): 670-674.
- [178] Allon M, Bailey R, Ballard R, et al. A multidisciplinary approach to hemodialysis access: prospective evaluation [J]. *Kidney Int*, 1998, 53(2): 473-479. DOI: 10.1046/j.1523-1755.1998.00761.x.
- [179] Dwyer A, Shelton P, Brier M, et al. A vascular access coordinator improves the prevalent fistula rate[J]. *Semin Dial*, 2012, 25(2): 239-243. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2011.00961.x.
- [180] Oliver MJ, Callery SM, Thorpe KE, et al. Risk of bacteremia from temporary hemodialysis catheters by site of insertion and duration of use: a prospective study[J]. *Kidney Int*, 2000, 58(6): 2543-2545. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2000.00439.x.
- [181] van Oevelen M, Abrahams AC, Weijmer MC, et al. Precurved non-tunnelled catheters for haemodialysis are comparable in terms of infections and malfunction as compared to tunnelled catheters: a retrospective cohort study[J]. *J Vasc Access*, 2019, 20(3): 307-312. DOI: 10.1177/1129729818805954.
- [182] Agarwal AK, Patel BM, Haddad NJ. Central vein stenosis: a nephrologist's perspective[J]. *Semin Dial*, 2007, 20(1): 53-62. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00242.x.
- [183] Barrett N, Spencer S, McIvor J, et al. Subclavian stenosis: a major complication of subclavian dialysis catheters[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 1988, 3(4): 423-425. DOI: 10.1093/oxfordjournals.ndt.a091691.
- [184] Schwab SJ, Quarles LD, Middleton JP, et al. Hemodialysis-associated subclavian vein stenosis[J]. *Kidney Int*, 1988, 33(6): 1156-1159. DOI: 10.1038/ki.1988.124.
- [185] Leblanc M, Fedak S, Mokris G, et al. Blood recirculation in temporary central catheters for acute hemodialysis[J]. *Clin Nephrol*, 1996, 45(5): 315-319.
- [186] Fan PY. Acute vascular access: new advances[J]. *Adv Ren Replace Ther*, 1994, 1(2): 90-98. DOI: 10.1016/s1073-4449(12)80040-9.
- [187] Bander SJ, Schwab SJ. Central venous angioaccess for hemodialysis and its complications[J]. *Semin Dial*, 1992, 5(2):121-128. DOI:10.1111/j.1525-139X.1992.tb00129.x.
- [188] Weijmer MC, ter Wee PM. Temporary vascular access for hemodialysis treatment. Current guidelines and future directions[J]. *Contrib Nephrol*, 2002, (137): 38-45. DOI: 10.1159/000060230.
- [189] Work J. Chronic catheter placement[J]. *Semin Dial*, 2001, 14(6): 436-440. DOI: 10.1046/j.1525-139x.2001.00108.x.
- [190] Forauer AR, Glockner JF. Importance of US findings in access planning during jugular vein hemodialysis catheter placements[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2000, 11(2 Pt 1): 233-238. DOI: 10.1016/s1051-0443(07)61471-7.
- [191] Niyyar VD. Anterior chest wall arteriovenous grafts: an underutilized form of hemodialysis access[J]. *Semin Dial*, 2008, 21(6): 578-580. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2008.00491.x.
- [192] She K, Zhang X, Yin J, et al. [Long-term results of chest wall arteriovenous graft for establishing hemodialysis access] [J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2019, 33(2): 227-231. DOI: 10.7507/1002-1892.201802003.
- [193] Murga AG, Chiriano J, Kiang SC, et al. Arteriovenous hybrid graft with outflow in the proximal axillary vein[J]. *Ann Vasc Surg*, 2017, 42: 39-44. DOI: 10.1016/j.avsg.2017.02.002.
- [194] Kim MJ, Yun S, Song D, et al. Alternative venous outflow by brachial to jugular vein vascular access for hemodialysis in the exhausted upper extremities[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(4): 269-274. DOI: 10.5301/jva.5000363.
- [195] Hinojosa CA, Anaya-Ayala JE, Lopez-Mendez A, et al. Axillo-iliac arteriovenous hemodialysis graft creation with an early cannulation device[J]. *J Artif Organs*, 2017, 20(1): 57-61. DOI: 10.1007/s10047-016-0927-4.
- [196] Argyriou C, Schoretanitis N, Kantartzis K, et al. Use of a temporary shunt to preserve the patency of a hemodialysis graft while performing ipsilateral axillo-femoral bypass[J]. *J Vasc Access*, 2019, 20(5): 553-556. DOI: 10.1177/1129729818820205.
- [197] 周忠信, 潘春球. 终末期肾病自体动静脉内瘘术后狭窄的手术修复策略 [J]. *南方医科大学学报*, 2013, 33(10): 1538-1540. DOI: 10.12122/j.issn.1673-4254.2013.10.028.
- [198] Rueda CA, Nehler MR, Kimball TA, et al. Arteriovenous fistula construction using femoral vein in the thigh and upper extremity: single-center experience[J]. *Ann Vasc*

- Surg, 2008, 22(6): 806-814. DOI: 10.1016/j.avsg.2008.08.002.
- [199] Parekh VB, Niyar VD, Vachharajani TJ. Lower extremity permanent dialysis vascular access[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2016, 11(9): 1693-1702. DOI: 10.2215/CJN.01780216.
- [200] Pierre-Paul D, Williams S, Lee T, et al. Saphenous vein loop to femoral artery arteriovenous fistula: a practical alternative[J]. Ann Vasc Surg, 2004, 18(2): 223-227. DOI: 10.1007/s10016-004-0016-7.
- [201] Han S, Song D, Yun S. Long term outcomes of arteriovenous grafts for hemodialysis in lower extremities [J]. Vasc Specialist Int, 2016, 32(4): 180-185. DOI: 10.5758/vsi.2016.32.4.180.
- [202] Geenen IL, Nyilas L, Stephen MS, et al. Prosthetic lower extremity hemodialysis access grafts have satisfactory patency despite a high incidence of infection[J]. J Vasc Surg, 2010, 52(6): 1546-1550. DOI: 10.1016/j.jvs.2010.06.162.
- [203] Pike SL, Farber A, Arinze N, et al. Patients with lower extremity dialysis access have poor primary patency and survival[J]. J Vasc Surg, 2019, 70(6): 1913-1918. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.03.037.
- [204] Zamani N, Anaya-Ayala JE, Ismail N, et al. Left common iliac artery to inferior vena cava abdominal wall arteriovenous graft for hemodialysis access[J]. J Vasc Surg, 2012, 56(2): 489-491. DOI: 10.1016/j.jvs.2012.01.062.
- [205] Chauhan Y, Zubair MM, Inkollu S, et al. Axillary artery to right atrial graft for dialysis access using an autologous femoropopliteal vein[J]. Ann Vasc Surg, 2017, 45: 262.e7-262.e10. DOI: 10.1016/j.avsg.2017.06.034.
- [206] Matsuda H, Oka Y, Otaka N, et al. Transposition of the superficial femoral artery combined with ultrasound-guided returning-venous cannulation as a last resort for vascular access in a multi-complicated hemodialysis patient[J]. J Vasc Access, 2023, 24(1): 149-154. DOI: 10.1177/11297298211023288.
- [207] Glickman MH. HeRO vascular access device[J]. Semin Vasc Surg, 2011, 24(2): 108-112. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2011.05.006.
- [208] Al Shakarchi J, Houston JG, Jones RG, et al. A review on the hemodialysis reliable outflow (HeRO) graft for haemodialysis vascular access[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2015, 50(1): 108-113. DOI: 10.1016/j.ejvs.2015.03.059.
- [209] Lazarides MK, Argyriou C, Koutsoumpelis A, et al. Thigh arteriovenous grafts. Quantitative comparison with alternative options: a meta-analysis[J]. J Vasc Access, 2018, 19(5): 430-435. DOI: 10.1177/1129729818762991.
- [210] 中国腹膜透析置管专家组. 中国腹膜透析置管指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2016, 32(11): 867-871. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2016.11.014.
- [211] Ivers NM, Grimshaw JM, Jamtvedt G, et al. Growing literature, stagnant science? Systematic review, meta-regression and cumulative analysis of audit and feedback interventions in health care[J]. J Gen Intern Med, 2014, 29(11): 1534-1541. DOI: 10.1007/s11606-014-2913-y.
- [212] Sethna CB, Bryant K, Munshi R, et al. Risk factors for and outcomes of catheter-associated peritonitis in children: the SCOPE collaborative[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2016, 11(9): 1590-1596. DOI: 10.2215/CJN.02540316.
- [213] Crabtree JH, Shrestha BM, Chow KM, et al. Creating and maintaining optimal peritoneal dialysis access in the adult patient: 2019 update[J]. Perit Dial Int, 2019, 39(5): 414-436. DOI: 10.3747/pdi.2018.00232.
- [214] Cho Y, Boudville N, Palmer SC, et al. Practice of peritoneal dialysis catheter flushing in Australia and New Zealand: multi-center cross-sectional survey[J]. Perit Dial Int, 2018, 38(2): 98-103. DOI: 10.3747/pdi.2017.00108.
- [215] Gadallah MF, Torres-Rivera C, Ramdeen G, et al. Relationship between intraperitoneal bleeding, adhesions, and peritoneal dialysis catheter failure: a method of prevention[J]. Adv Perit Dial, 2001, 17: 127-129.
- [216] Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation[J]. Radiology, 2002, 225(1): 59-64. DOI: 10.1148/radiol.2251011367.
- [217] 徐元恺, 张丽红, 张文云, 等. 前臂腕部自体动静脉内瘘成熟状态的初步研究[J]. 中华肾脏病杂志, 2014, 30(11): 841-845. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2014.11.007.
- [218] 张倩, 张丽红, 王保兴. 自体动静脉内瘘成熟的临床研究进展[J]. 中国血液净化, 2011, 10(9): 507-511.
- [219] Miller PE, Tolwani A, Luscly CP, et al. Predictors of adequacy of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients[J]. Kidney Int, 1999, 56(1): 275-280. DOI: 10.1046/j.1523-1755.1999.00515.x.
- [220] Ives CL, Akoh JA, George J, et al. Pre-operative vessel mapping and early post-operative surveillance duplex scanning of arteriovenous fistulae[J]. J Vasc Access, 2009, 10(1): 37-42. DOI: 10.1177/112972980901000107.
- [221] Jemcov TK. Morphologic and functional vessels characteristics assessed by ultrasonography for prediction of radiocephalic fistula maturation[J]. J Vasc Access, 2013, 14(4): 356-363. DOI: 10.5301/jva.5000163.
- [222] Tordoir JH, Rooyens P, Dammers R, et al. Prospective evaluation of failure modes in autogenous radiocephalic wrist access for haemodialysis[J]. Nephrol Dial Transplant, 2003, 18(2): 378-383. DOI: 10.1093/ndt/18.2.378.
- [223] Older RA, Gizienski TA, Wilkowski MJ, et al. Hemodialysis access stenosis: early detection with color Doppler US[J]. Radiology, 1998, 207(1): 161-164. DOI: 10.1148/radiology.207.1.9530312.
- [224] Singh P, Robbin ML, Lockhart ME, et al. Clinically immature arteriovenous hemodialysis fistulas: effect of US on salvage[J]. Radiology, 2008, 246(1): 299-305. DOI: 10.1148/radiol.2463061942.
- [225] Robbin ML, Greene T, Allon M, et al. Prediction of arteriovenous fistula clinical maturation from postoperative ultrasound measurements: findings from the hemodialysis fistula maturation study[J]. J Am Soc Nephrol, 2018, 29(11): 2735-2744. DOI: 10.1681/ASN.2017111225.
- [226] Cheung AK, Imrey PB, Alpers CE, et al. Intimal hyperplasia, stenosis, and arteriovenous fistula maturation failure in the hemodialysis fistula maturation study[J]. J Am Soc Nephrol, 2017, 28(10): 3005-3013. DOI: 10.1681/ASN.2016121355.

- [227] Allon M. Current management of vascular access[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2007, 2(4): 786-800. DOI: 10.2215/CJN.00860207.
- [228] Asif A, Leon C, Orozco-Vargas LC, et al. Accuracy of physical examination in the detection of arteriovenous fistula stenosis[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2007, 2(6): 1191-1194. DOI: 10.2215/CJN.02400607.
- [229] Ferring M, Henderson J, Wilmink T. Accuracy of early postoperative clinical and ultrasound examination of arteriovenous fistulae to predict dialysis use[J]. *J Vasc Access*, 2014, 15(4): 291-297. DOI: 10.5301/jva.5000210.
- [230] 王春丽, 杨涛, 张丽红, 等. 糖尿病对动静脉内瘘成熟影响的临床研究[J]. *中国血液净化*, 2016, 15(10): 573-575. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2016.10.015.
- [231] Falk A. Optimizing hemodialysis arteriovenous fistula maturation[J]. *J Vasc Access*, 2011, 12(1): 1-3. DOI: 10.5301/jva.2010.5966.
- [232] Maldonado-Cárceles AB, García-Medina J, Torres-Cantero AM. Performance of physical examination versus ultrasonography to detect stenosis in haemodialysis arteriovenous fistula[J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(1): 30-34. DOI: 10.5301/jva.5000616.
- [233] Beathard GA. An algorithm for the physical examination of early fistula failure[J]. *Semin Dial*, 2005, 18(4): 331-335. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2005.18314.x.
- [234] Oder TF, Teodorescu V, Uribarri J. Effect of exercise on the diameter of arteriovenous fistulae in hemodialysis patients[J]. *ASAIO J*, 2003, 49(5): 554-555. DOI: 10.1097/01.mat.0000084179.72533.dc.
- [235] Fontseré N, Mestres G, Yugueros X, et al. Effect of a postoperative exercise program on arteriovenous fistula maturation: a randomized controlled trial[J]. *Hemodial Int*, 2016, 20(2): 306-314. DOI: 10.1111/hdi.12376.
- [236] Salimi F, Majd Nassiri G, Moradi M, et al. Assessment of effects of upper extremity exercise with arm tourniquet on maturity of arteriovenous fistula in hemodialysis patients[J]. *J Vasc Access*, 2013, 14(3): 239-244. DOI: 10.5301/jva.5000123.
- [237] Nantakool S, Rerkasem K, Reanpang T, et al. A systematic review with meta-analysis of the effects of arm exercise training programs on arteriovenous fistula maturation among people with chronic kidney disease[J]. *Hemodial Int*, 2020, 24(4): 439-453. DOI: 10.1111/hdi.12875.
- [238] Mo Y, Song L, Sun C, et al. Effect of dumbbell exercise on arteriovenous fistula in patients undergoing maintenance haemodialysis: a prospective randomized controlled trial [J]. *Blood Purif*, 2020, 49(1-2): 16-24. DOI: 10.1159/000502332.
- [239] Coleman CI, Tuttle LA, Teevan C, et al. Antiplatelet agents for the prevention of arteriovenous fistula and graft thrombosis: a meta analysis[J]. *Int J Clin Pract*, 2010, 64(9): 1239-1244. DOI: 10.1111/j. 1742-1241.2009.02329.x.
- [240] Palmer SC, Di Micco L, Razavian M, et al. Antiplatelet therapy to prevent hemodialysis vascular access failure: systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Kidney Dis*, 2013, 61(1): 112-122. DOI: 10.1053/j.ajkd.2012.08.031.
- [241] Tanner NC, Da Silva A. Medical adjuvant treatment to increase patency of arteriovenous fistulae and grafts[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 2015(7): CD002786. DOI: 10.1002/14651858.CD002786.pub3.
- [242] Tanner NC, da Silva AF. Medical adjuvant treatment to improve the patency of arteriovenous fistulae and grafts: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2016, 52(2): 243-252. DOI: 10.1016/j.ejvs.2016.04.016.
- [243] Irish AB, Viecelli AK, Hawley CM, et al. Effect of fish oil supplementation and aspirin use on arteriovenous fistula failure in patients requiring hemodialysis: a randomized clinical trial[J]. *JAMA Intern Med*, 2017, 177(2): 184-193. DOI: 10.1001/jamainternmed.2016.8029.
- [244] Kaufman JS, O'Connor TZ, Zhang JH, et al. Randomized controlled trial of clopidogrel plus aspirin to prevent hemodialysis access graft thrombosis[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2003, 14(9): 2313-2321. DOI: 10.1097/01.asn.0000081661.10246.33.
- [245] Abacilar AF, Atalay H, Dogan OF. Oral prostacycline analog and clopidogrel combination provides early maturation and long-term survival after arteriovenous fistula creation: a randomized controlled study[J]. *Indian J Nephrol*, 2015, 25(3): 136-142. DOI: 10.4103/0971-4065.139490.
- [246] Crowther MA, Clase CM, Margetts PJ, et al. Low-intensity warfarin is ineffective for the prevention of PTFE graft failure in patients on hemodialysis: a randomized controlled trial[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2002, 13(9): 2331-2337. DOI: 10.1097/01.asn.0000027356.16598.99.
- [247] Saran R, Dykstra DM, Wolfe RA, et al. Association between vascular access failure and the use of specific drugs: the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS) [J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 40(6): 1255-1263. DOI: 10.1053/ajkd.2002.36895.
- [248] Sharathkumar A, Hirschl R, Pipe S, et al. Primary thromboprophylaxis with heparins for arteriovenous fistula failure in pediatric patients[J]. *J Vasc Access*, 2007, 8(4): 235-244.
- [249] Chen L, Ling YS, Lin CH, et al. Combined use of heparin and anisodamine reduces the risk of early thrombosis in native arteriovenous fistula[J]. *Vascular*, 2013, 21(6): 369-374. DOI: 10.1177/1708538113478756.
- [250] Herrington W, Emberson J, Staplin N, et al. The effect of lowering LDL cholesterol on vascular access patency: post hoc analysis of the study of heart and renal protection[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2014, 9(5): 914-919. DOI: 10.2215/CJN.10371013.
- [251] Chang HH, Chang YK, Lu CW, et al. Statins improve long term patency of arteriovenous fistula for hemodialysis[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 22197. DOI: 10.1038/srep22197.
- [252] Pisoni R, Barker-Finkel J, Allo M. Statin therapy is not associated with improved vascular access outcomes[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2010, 5(8): 1447-1450. DOI: 10.2215/CJN.02740310.
- [253] Lin CC, Yang WC, Chen MC, et al. Effect of far infrared therapy on arteriovenous fistula maturation: an open-label randomized controlled trial[J]. *Am J Kidney Dis*, 2013, 62(2): 304-311. DOI: 10.1053/j.ajkd.2013.01.015.
- [254] 肖光辉, 王玉柱. 远红外线照射疗法对自体动静脉内瘘成熟的影响[J]. *中国血液净化*, 2014, 13(12): 845-847. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2014.12.011.
- [255] Nassar GM, Nguyen B, Rhee E, et al. Endovascular treatment of the "failing to mature" arteriovenous fistula [J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2006, 1(2): 275-280. DOI:

- 10.2215/CJN.00360705.
- [256] 倪其泓, 赵意平, 吕磊, 等. 超声引导下经皮腔内血管成形术治疗动静脉瘘成熟不良的日间模式与临床疗效[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(6): 416-420. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20200711-02088.
- [257] De Marco Garcia LP, Davila-Santini LR, Feng Q, et al. Primary balloon angioplasty plus balloon angioplasty maturation to upgrade small-caliber veins (<3 mm) for arteriovenous fistulas[J]. *J Vasc Surg*, 2010, 52(1): 139-144. DOI: 10.1016/j.jvs.2010.02.013.
- [258] Tordoir JH, van Loon MM, Peppelenbosch N, et al. Surgical techniques to improve cannulation of hemodialysis vascular access[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 39(3): 333-339. DOI: 10.1016/j.ejvs.2009.11.033.
- [259] Badero OJ, Salifu MO, Wasse H, et al. Frequency of swing-segment stenosis in referred dialysis patients with angiographically documented lesions[J]. *Am J Kidney Dis*, 2008, 51(1): 93-98. DOI: 10.1053/j.ajkd.2007.09.012.
- [260] Bourquelot P, Tawakol JB, Gaudric J, et al. Lipectomy as a new approach to secondary procedure superficialization of direct autogenous forearm radial-cephalic arteriovenous accesses for hemodialysis[J]. *J Vasc Surg*, 2009, 50(2): 369-374. DOI: 10.1016/j.jvs.2009.03.009.
- [261] 杨涛, 刘音, 任树风, 等. 减脂术促进自体动静脉内瘘成熟的观察[J]. 中国血液净化, 2015, 14(4): 253. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2015.04.019.
- [262] Sheta M, Hakmei J, London M, et al. One- versus two-stage transposed brachio-basilic arteriovenous fistulae: a review of the current state of the art[J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(3): 281-286. DOI: 10.1177/1129729819862694.
- [263] Chemla E, Velazquez CC, D'Abate F, et al. Arteriovenous fistula construction with the VasQ™ external support device: a pilot study[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17(3): 243-248. DOI: 10.5301/jva.5000527.
- [264] Nikam M, Chemla ES, Evans J, et al. Prospective controlled pilot study of arteriovenous fistula placement using the novel Optiflow device[J]. *J Vasc Surg*, 2015, 61(4): 1020-1025. DOI: 10.1016/j.jvs.2014.11.082.
- [265] Chemla E, Tavakoli A, Nikam M, et al. Arteriovenous fistula creation using the Optiflow™ vascular anastomotic connector: the OPEN (Optiflow PatEncy and Maturation) study[J]. *J Vasc Access*, 2014, 15(1): 38-44. DOI: 10.5301/jva.5000169.
- [266] McLafferty RB, Pryor RW, Johnson CM, et al. Outcome of a comprehensive follow-up program to enhance maturation of autogenous arteriovenous hemodialysis access[J]. *J Vasc Surg*, 2007, 45(5): 981-985. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.01.013.
- [267] Voormolen EH, Jahrome AK, Bartels LW, et al. Nonmaturation of arm arteriovenous fistulas for hemodialysis access: a systematic review of risk factors and results of early treatment[J]. *J Vasc Surg*, 2009, 49(5): 1325-1336. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.11.059.
- [268] Park HS, Lee YH, Kim HW, et al. Usefulness of assisted procedures for arteriovenous fistula maturation without compromising access patency[J]. *Hemodial Int*, 2017, 21(3): 335-342. DOI: 10.1111/hdi.12499.
- [269] Ferring M, Henderson J, Wilmink A, et al. Vascular ultrasound for the pre-operative evaluation prior to arteriovenous fistula formation for haemodialysis: review of the evidence[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2008, 23(6): 1809-1815. DOI: 10.1093/ndt/gfn001.
- [270] Davidson I, Chan D, Dolmatch B, et al. Duplex ultrasound evaluation for dialysis access selection and maintenance: a practical guide[J]. *J Vasc Access*, 2008, 9(1): 1-9.
- [271] Peterson WJ, Barker J, Allon M. Disparities in fistula maturation persist despite preoperative vascular mapping [J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2008, 3(2): 437-441. DOI: 10.2215/CJN.03480807.
- [272] Saran R, Elder SJ, Goodkin DA, et al. Enhanced training in vascular access creation predicts arteriovenous fistula placement and patency in hemodialysis patients: results from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study [J]. *Ann Surg*, 2008, 247(5): 885-891. DOI: 10.1097/SLA.0b013e31816c4044.
- [273] Goodkin DA, Pisoni RL, Locatelli F, et al. Hemodialysis vascular access training and practices are key to improved access outcomes[J]. *Am J Kidney Dis*, 2010, 56(6): 1032-1042. DOI: 10.1053/j.ajkd.2010.08.010.
- [274] Saran R, Dykstra DM, Pisoni RL, et al. Timing of first cannulation and vascular access failure in haemodialysis: an analysis of practice patterns at dialysis facilities in the DOPPS[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2004, 19(9): 2334-2340. DOI: 10.1093/ndt/gfh363.
- [275] Rayner HC, Pisoni RL, Gillespie BW, et al. Creation, cannulation and survival of arteriovenous fistulae: data from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study [J]. *Kidney Int*, 2003, 63(1): 323-330. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2003.00724.x.
- [276] Brunori G, Ravani P, Mandolfo S, et al. Fistula maturation: doesn't time matter at all? [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2005, 20(4): 684-687. DOI: 10.1093/ndt/gfh777.
- [277] Culp K, Flanagan M, Taylor L, et al. Vascular access thrombosis in new hemodialysis patients[J]. *Am J Kidney Dis*, 1995, 26(2): 341-346. DOI: 10.1016/0272-6386(95)90655-x.
- [278] Lin SJ, Tung CW, Hsu YC, et al. The prognostic significance of puncture timing to survival of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: a multicenter retrospective cohort study[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(2): 247. DOI: 10.3390/jcm8020247.
- [279] Shemesh D, Goldin I, Berelowitz D, et al. Blood flow volume changes in the maturing arteriovenous access for hemodialysis[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2007, 33(5): 727-733. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2006.11.019.
- [280] van Loon MM, Kessels AG, Van der Sande FM, et al. Cannulation and vascular access-related complications in hemodialysis: factors determining successful cannulation [J]. *Hemodial Int*, 2009, 13(4): 498-504. DOI: 10.1111/j.1542-4758.2009.00382.x.
- [281] Schild AF, Schuman ES, Noicely K, et al. Early cannulation prosthetic graft (Flixene™) for arteriovenous access[J]. *J Vasc Access*, 2011, 12(3): 248-252. DOI: 10.5301/jva.2011.6351.
- [282] Kakkos SK, Andrzejewski T, Haddad JA, et al. Equivalent secondary patency rates of upper extremity vector vascular access grafts and transposed brachial-basilic fistulas with aggressive access surveillance and endovascular treatment[J]. *J Vasc Surg*, 2008, 47(2): 407-414. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.09.061.

- [283] Glickman MH, Stokes GK, Ross JR, et al. Multicenter evaluation of a polyurethaneurea vascular access graft as compared with the expanded polytetrafluoroethylene vascular access graft in hemodialysis applications[J]. *J Vasc Surg*, 2001, 34(3): 465-472; discussion 472-473. DOI: 10.1067/mva.2001.117330.
- [284] Parisotto MT, Schoder VU, Miriunis C, et al. Cannulation technique influences arteriovenous fistula and graft survival[J]. *Kidney Int*, 2014, 86(4): 790-797. DOI: 10.1038/ki.2014.96.
- [285] Kaplowitz LG, Comstock JA, Landwehr DM, et al. Prospective study of microbial colonization of the nose and skin and infection of the vascular access site in hemodialysis patients[J]. *J Clin Microbiol*, 1988, 26(7): 1257-1262. DOI: 10.1128/jcm.26.7.1257-1262.1988.
- [286] Higgins M, Evans DS. Nurses' knowledge and practice of vascular access infection control in haemodialysis patients in the Republic of Ireland[J]. *J Ren Care*, 2008, 34(2): 48-53. DOI: 10.1111/j.1755-6686.2008.00016.x.
- [287] Dhingra RK, Young EW, Hulbert-Shearon TE, et al. Type of vascular access and mortality in U. S. hemodialysis patients[J]. *Kidney Int*, 2001, 60(4): 1443-1451. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2001.00947.x.
- [288] Di Nicolò P, Cornacchiari M, Mereghetti M, et al. Buttonhole cannulation of the AV fistula: a critical analysis of the technique[J]. *Semin Dial*, 2017, 30(1): 32-38. DOI: 10.1111/sdi.12547.
- [289] Christensen LD, Skadborg MB, Mortensen AH, et al. Bacteriology of the buttonhole cannulation tract in hemodialysis patients: a prospective cohort study[J]. *Am J Kidney Dis*, 2018, 72(2): 234-242. DOI: 10.1053/j.ajkd.2018.01.055.
- [290] Lyman M, Nguyen DB, Shugart A, et al. Risk of vascular access infection associated with buttonhole cannulation of fistulas: data from the National Healthcare Safety Network[J]. *Am J Kidney Dis*, 2020, 76(1): 82-89. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.11.006.
- [291] Wong B, Muneer M, Wiebe N, et al. Buttonhole versus rope-ladder cannulation of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a systematic review[J]. *Am J Kidney Dis*, 2014, 64(6): 918-936. DOI: 10.1053/j.ajkd.2014.06.018.
- [292] Scheuch M, Freii von Rheinbaben S, Kabisch A, et al. *Staphylococcus aureus* colonization in hemodialysis patients: a prospective 25 months observational study[J]. *BMC Nephrol*, 2019, 20(1): 153. DOI: 10.1186/s12882-019-1332-z.
- [293] Ball LK. Improving arteriovenous fistula cannulation skills [J]. *Nephrol Nurs J*, 2005, 32(6): 611-617; quiz 618.
- [294] Kumar M, Chawla R, Goyal M. Topical anesthesia[J]. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2015, 31(4): 450-456. DOI: 10.4103/0970-9185.169049.
- [295] Jafari-Koulaee A, Moosazadeh M, Bagheri Nesami M, et al. Effect of cryotherapy on arteriovenous fistula puncture-related pain in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Complement Ther Med*, 2020, 49: 102326. DOI: 10.1016/j.ctim.2020.102326.
- [296] Pinto R, Sousa C, Salgueiro A, et al. Arteriovenous fistula cannulation in hemodialysis: a vascular access clinical practice guidelines narrative review[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(5): 825-831. DOI: 10.1177/112972982111006972.
- [297] 王玉柱, 张丽红. 血液透析动静脉内瘘并发症的物理检查[J]. *临床肾脏病杂志*, 2014, 14(8): 452-454. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2014.08.001.
- [298] Valliant A, McComb K. Vascular access monitoring and surveillance: an update[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2015, 22(6): 446-452. DOI: 10.1053/j.ackd.2015.06.002.
- [299] Abreo K, Amin BM, Abreo AP. Physical examination of the hemodialysis arteriovenous fistula to detect early dysfunction[J]. *J Vasc Access*, 2019, 20(1): 7-11. DOI: 10.1177/1129729818768183.
- [300] Campos RP, Chula DC, Perreto S, et al. Accuracy of physical examination and intra-access pressure in the detection of stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula[J]. *Semin Dial*, 2008, 21(3): 269-273. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00419.x.
- [301] Kumbar L, Karim J, Besarab A. Surveillance and monitoring of dialysis access[J]. *Int J Nephrol*, 2012, 2012: 649735. DOI: 10.1155/2012/649735.
- [302] Canadian Association Of Nephrology Nurses and Technicians. Nursing recommendations for the management of vascular access in adult hemodialysis patients: update[J]. *CANNT J*, 2015, 25: 1-45.
- [303] Yilmaz U, Unal A, Gul S, et al. Using two-holed needles for both arterial and venous accesses to the arteriovenous fistula to improve flow during hemodialysis[J]. *Ther Apher Dial*, 2022, 26(1): 191-196. DOI: 10.1111/1744-9987.13689.
- [304] Parisotto MT, Pelliccia F, Grassmann A, et al. Elements of dialysis nursing practice associated with successful cannulation: result of an international survey[J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(2): 114-119. DOI: 10.5301/jva.5000617.
- [305] Hill K, Xu Q, Jaensch A, et al. "Outcomes of arteriovenous fistulae cannulation in the first 6 weeks of use: a retrospective multicenter observational study"[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(5): 726-732. DOI: 10.1177/1129729820954717.
- [306] 肖光辉, 王玉柱, 詹申, 等. 血管通路护士分级授权管理对复杂动静脉内瘘安全穿刺的效果观察[J]. *河北医药*, 2021, 43(4): 628-630, 634. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2021.04.035.
- [307] Harwood L, Wilson B, Goodman M. Cannulation outcomes of the arteriovenous fistula for hemodialysis: a scoping review[J]. *Nephrol Nurs J*, 2017, 44(5): 411-425.
- [308] Al Shakarchi J, Inston N. Early cannulation grafts for haemodialysis: an updated systematic review[J]. *J Vasc Access*, 2019, 20(2): 123-127. DOI: 10.1177/1129729818776571.
- [309] Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, et al. Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula[J]. *N Engl J Med*, 1966, 275(20): 1089-1092. DOI: 10.1056/NEJM196611172752002.
- [310] Kumbar L, Ramani K, Brouwer-Maier D. Considerations in access cannulation: traditional and evolving approaches [J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2020, 27(3): 199-207. DOI: 10.1053/j.ackd.2020.03.007.
- [311] Ball LK. The buttonhole technique for arteriovenous fistula cannulation[J]. *Nephrol Nurs J*, 2006, 33(3): 299-304.
- [312] Verhallen AM, Kooistra MP, van Jaarsveld BC. Cannulating in haemodialysis: rope-ladder or buttonhole technique? [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2007, 22(9): 2601-2604.

- DOI: 10.1093/ndt/gfm043.
- [313] van Loon MM, Goovaerts T, Kessels AG, et al. Buttonhole needling of haemodialysis arteriovenous fistulae results in less complications and interventions compared to the rope-ladder technique[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2010, 25(1): 225-230. DOI: 10.1093/ndt/gfp420.
- [314] Nadeau-Fredette AC, Johnson DW. Con: Buttonhole cannulation of arteriovenous fistulae[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2016, 31(4): 525-528. DOI: 10.1093/ndt/gfw030.
- [315] Ball LK. The buttonhole technique: strategies to reduce infections[J]. *Nephrol Nurs J*, 2010, 37(5): 473-477; quiz 478.
- [316] Ludlow V. Buttonhole cannulation in hemodialysis: improved outcomes and increased expense--is it worth it? [J]. *CANNT J*, 2010, 20(1): 29-37.
- [317] Staaf K, Fernström A, Uhlin F. Cannulation technique and complications in arteriovenous fistulas: a Swedish Renal Registry-based cohort study[J]. *BMC Nephrol*, 2021, 22(1): 256. DOI: 10.1186/s12882-021-02458-z.
- [318] Ball LK, Treat L, Riffle V, et al. A multi-center perspective of the Buttonhole Technique in the Pacific Northwest[J]. *Nephrol Nurs J*, 2007, 34(2): 234-241.
- [319] Kim MK, Kim HS. Clinical effects of buttonhole cannulation method on hemodialysis patients[J]. *Hemodial Int*, 2013, 17(2): 294-299. DOI: 10.1111/j.1542-4758.2012.00753.x.
- [320] 王文娟, 吴春燕, 应迎娟, 等. 穿刺方法对血透动静脉内瘘并发症的影响[J]. *中华护理杂志*, 2009, 44(2): 180-181.
- [321] Huber TS, Carter JW, Carter RL, et al. Patency of autogenous and polytetrafluoroethylene upper extremity arteriovenous hemodialysis accesses: a systematic review [J]. *J Vasc Surg*, 2003, 38(5): 1005-1011. DOI: 10.1016/s0741-5214(03)00426-9.
- [322] Perera GB, Mueller MP, Kubaska SM, et al. Superiority of autogenous arteriovenous hemodialysis access: maintenance of function with fewer secondary interventions[J]. *Ann Vasc Surg*, 2004, 18(1): 66-73. DOI: 10.1007/s10016-003-0094-y.
- [323] Pisoni RL, Young EW, Dykstra DM, et al. Vascular access use in Europe and the United States: results from the DOPPS[J]. *Kidney Int*, 2002, 61(1): 305-316. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2002.00117.x.
- [324] Struthers J, Allan A, Peel RK, et al. Buttonhole needling of arteriovenous fistulae: a randomized controlled trial[J]. *ASAIO J*, 2010, 56(4): 319-322. DOI: 10.1097/MAT.0b013e3181dae1db.
- [325] Macrae JM, Ahmed SB, Hemmelgarn BR. Arteriovenous fistula survival and needling technique: long-term results from a randomized buttonhole trial[J]. *Am J Kidney Dis*, 2014, 63(4): 636-642. DOI: 10.1053/j.ajkd.2013.09.015.
- [326] Birchenough E, Moore C, Stevens K, et al. Buttonhole cannulation in adult patients on hemodialysis: an increased risk of infection? [J]. *Nephrol Nurs J*, 2010, 37(5): 491-498, 555; quiz 499.
- [327] Labriola L, Crott R, Desmet C, et al. Infectious complications following conversion to buttonhole cannulation of native arteriovenous fistulas: a quality improvement report[J]. *Am J Kidney Dis*, 2011, 57(3): 442-448. DOI: 10.1053/j.ajkd.2010.10.045.
- [328] Mott S, Prowant BF. The "touch cannulation" technique for hemodialysis[J]. *Nephrol Nurs J*, 2008, 35(1): 65-66.
- [329] Nesrallah GE, Cuerden M, Wong JH, et al. Staphylococcus aureus bacteremia and buttonhole cannulation: long-term safety and efficacy of mupirocin prophylaxis[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2010, 5(6): 1047-1053. DOI: 10.2215/CJN.00280110.
- [330] Marticorena RM, Mills L, Sutherland K, et al. Development of competencies for the use of bedside ultrasound for assessment and cannulation of hemodialysis vascular access[J]. *CANNT J*, 2015, 25(4): 28-32.
- [331] Ward F, Faratro R, McQuillan RF. Ultrasound-guided cannulation of the hemodialysis arteriovenous access[J]. *Semin Dial*, 2017, 30(4): 319-325. DOI: 10.1111/sdi.12603.
- [332] 肖光辉, 张丽红, 詹申, 等. 掌上超声实时引导自体动静脉内瘘初期穿刺效果的初步观察[J]. *中国血液净化*, 2018, 17(9): 633-636. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2018.09.013.
- [333] Eves J, Cai P, Latham R, et al. A randomised clinical trial of ultrasound guided cannulation of difficult fistulae for dialysis access[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(4): 635-641. DOI: 10.1177/1129729820954725.
- [334] Patel RA, Stern AS, Brown M, et al. Bedside ultrasonography for arteriovenous fistula cannulation[J]. *Semin Dial*, 2015, 28(4): 433-434. DOI: 10.1111/sdi.12394.
- [335] Hanafusa N, Noiri E, Nangaku M. Vascular access puncture under ultrasound guidance[J]. *Ther Apher Dial*, 2014, 18(2): 213-214. DOI: 10.1111/1744-9987.12097.
- [336] Schoch M, Bennett PN, Currey J, et al. Point-of-care ultrasound use for vascular access assessment and cannulation in hemodialysis: a scoping review[J]. *Semin Dial*, 2020, 33(5): 355-368. DOI: 10.1111/sdi.12909.
- [337] Luehr A. Use of ultrasound guidance during cannulation of arteriovenous fistulas[J]. *Nephrol Nurs J*, 2018, 45(5): 423-434.
- [338] 张丽红, 王玉柱, 詹申, 等. 超声在非复杂动静脉内瘘穿刺定位管理中的作用[J]. *河北医药*, 2021, 43(2): 250-252, 256. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2021.02.020.
- [339] Kumbar L, Soi V, Adams E, et al. Coronal mode ultrasound guided hemodialysis cannulation: a pilot randomized comparison with standard cannulation technique[J]. *Hemodial Int*, 2018, 22(1): 23-30. DOI: 10.1111/hdi.12535.
- [340] Gallieni M, Hollenbeck M, Inston N, et al. Clinical practice guideline on peri- and postoperative care of arteriovenous fistulas and grafts for haemodialysis in adults[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2019, 34 Suppl 2: ii1-ii42. DOI: 10.1093/ndt/gfz072.
- [341] 于青, 张郁蓓, 池琦, 等. 维持性血液透析患者动静脉内瘘血管瘤样扩张的原因探讨及预防[J]. *中国血液净化*, 2009, 8(6): 301-304.
- [342] Fielding CA, Hadfield A, White K, et al. A narrative systematic review of randomised controlled trials that compare cannulation techniques for haemodialysis[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(2): 212-224. DOI: 10.1177/1129729820983174.
- [343] Posa PJ, Harrison D, Vollman KM. Elimination of central line-associated bloodstream infections: application of the evidence[J]. *AACN Adv Crit Care*, 2006, 17(4): 446-454; quiz 456. DOI: 10.4037/15597768-2006-4009.

- [344] 马晓红, 叶朝阳, 孙丽君, 等. 380 例次血液透析带涤纶环深静脉留置导管的留存分析及护理[J]. 解放军护理杂志, 2008, 25(6B): 49-50.
- [345] Bonkain F, Racapé J, Goncalvez I, et al. Prevention of tunneled cuffed hemodialysis catheter-related dysfunction and bacteremia by a neutral-valve closed-system connector: a single-center randomized controlled trial[J]. *Am J Kidney Dis*, 2013, 61(3): 459-465. DOI: 10.1053/j.ajkd.2012.10.014.
- [346] Hymes JL, Mooney A, Van Zandt C, et al. Dialysis Catheter-Related Bloodstream Infections: A Cluster-Randomized Trial of the ClearGuard HD Antimicrobial Barrier Cap[J]. *Am J Kidney Dis*, 2017, 69(2): 220-227. DOI: 10.1053/j.ajkd.2016.09.014.
- [347] Johansen KL, Gilbertson DT, Wetmore JB, et al. Catheter-associated bloodstream infections among patients on hemodialysis: progress before and during the COVID-19 pandemic[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2022, 17(3): 429-433. DOI: 10.2215/CJN.11360821.
- [348] Johnson DW, van Eps C, Mudge DW, et al. Randomized, controlled trial of topical exit-site application of honey (Medihoney) versus mupirocin for the prevention of catheter-associated infections in hemodialysis patients[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2005, 16(5): 1456-1462. DOI: 10.1681/ASN.2004110997.
- [349] Develter W, De Cubber A, Van Biesen W, et al. Survival and complications of indwelling venous catheters for permanent use in hemodialysis patients[J]. *Artif Organs*, 2005, 29(5): 399-405. DOI: 10.1111/j.1525-1594.2005.29067.x.
- [350] Hemmelgarn BR, Moist LM, Lok CE, et al. Prevention of dialysis catheter malfunction with recombinant tissue plasminogen activator[J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(4): 303-312. DOI: 10.1056/NEJMoa1011376.
- [351] Grudzinski L, Quinan P, Kwok S, et al. Sodium citrate 4% locking solution for central venous dialysis catheters--an effective, more cost-efficient alternative to heparin[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2007, 22(2): 471-476. DOI: 10.1093/ndt/gfl606.
- [352] 戎旻, 叶朝阳, 孙丽君, 等. 46.7% 枸橼酸钠溶液在血液透析患者长期留置导管封管的应用[J]. 中华肾脏病杂志, 2007, 23(2): 110-112.
- [353] Malo J, Jolicoeur C, Theriault F, et al. Comparison between standard heparin and tinzaparin for haemodialysis catheter lock[J]. *ASAIO J*, 2010, 56(1): 42-47. DOI: 10.1097/MAT.0b013e3181c84e61.
- [354] Allon M. Prophylaxis against dialysis catheter-related bacteremia with a novel antimicrobial lock solution[J]. *Clin Infect Dis*, 2003, 36(12): 1539-1544. DOI: 10.1086/375234.
- [355] Filiopoulos V, Hadjiyannakos D, Koutis I, et al. Approaches to prolong the use of uncuffed hemodialysis catheters: results of a randomized trial[J]. *Am J Nephrol*, 2011, 33(3): 260-268. DOI: 10.1159/000324685.
- [356] Mokrzycki MH, Jean-Jerome K, Rush H, et al. A randomized trial of minidose warfarin for the prevention of late malfunction in tunneled, cuffed hemodialysis catheters[J]. *Kidney Int*, 2001, 59(5): 1935-1942. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2001.0590051935.x.
- [357] Allon M. Saving infected catheters: why and how[J]. *Blood Purif*, 2005, 23(1): 23-28. DOI: 10.1159/000082007.
- [358] Saxena AK, Panhotra BR, Sundaram DS, et al. Enhancing the survival of tunneled haemodialysis catheters using an antibiotic lock in the elderly: a randomised, double-blind clinical trial[J]. *Nephrology (Carlton)*, 2006, 11(4): 299-305. DOI: 10.1111/j.1440-1797.2006.00563.x.
- [359] Manierski C, Besarab A. Antimicrobial locks: putting the lock on catheter infections[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2006, 13(3): 245-258. DOI: 10.1053/j.ackd.2006.04.003.
- [360] Hakim RM, Breyer J, Ismail N, et al. Effects of dose of dialysis on morbidity and mortality[J]. *Am J Kidney Dis*, 1994, 23(5): 661-669. DOI: 10.1016/s0272-6386(12)70276-7.
- [361] Feldman HI, Kobrin S, Wasserstein A. Hemodialysis vascular access morbidity[J]. *J Am Soc Nephrol*, 1996, 7(4): 523-535. DOI: 10.1681/ASN.V74523.
- [362] Rocco MV, Bleyer AJ, Burkart JM. Utilization of inpatient and outpatient resources for the management of hemodialysis access complications[J]. *Am J Kidney Dis*, 1996, 28(2): 250-256. DOI: 10.1016/s0272-6386(96)90308-x.
- [363] Feldman HI, Held PJ, Hutchinson JT, et al. Hemodialysis vascular access morbidity in the United States[J]. *Kidney Int*, 1993, 43(5): 1091-1096. DOI: 10.1038/ki.1993.153.
- [364] Bay WH, Van Cleef S, Owens M. The hemodialysis access: preferences and concerns of patients, dialysis nurses and technicians, and physicians[J]. *Am J Nephrol*, 1998, 18(5): 379-383. DOI: 10.1159/000013380.
- [365] Tessitore N, Bedogna V, Poli A, et al. Should current criteria for detecting and repairing arteriovenous fistula stenosis be reconsidered? Interim analysis of a randomized controlled trial[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2014, 29(1): 179-187. DOI: 10.1093/ndt/gft421.
- [366] Chan KE, Pflederer TA, Steele DJ, et al. Access survival amongst hemodialysis patients referred for preventive angiography and percutaneous transluminal angioplasty [J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2011, 6(11): 2669-2680. DOI: 10.2215/CJN.02860311.
- [367] Moist LM, Churchill DN, House AA, et al. Regular monitoring of access flow compared with monitoring of venous pressure fails to improve graft survival[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2003, 14(10): 2645-2653. DOI: 10.1097/01.asn.0000089562.98338.60.
- [368] Robbin ML, Oser RF, Lee JY, et al. Randomized comparison of ultrasound surveillance and clinical monitoring on arteriovenous graft outcomes[J]. *Kidney Int*, 2006, 69(4): 730-735. DOI: 10.1038/sj.ki.5000129.
- [369] Dember LM, Holmberg EF, Kaufman JS. Randomized controlled trial of prophylactic repair of hemodialysis arteriovenous graft stenosis[J]. *Kidney Int*, 2004, 66(1): 390-398. DOI: 10.1111/j.1523-1755.2004.00743.x.
- [370] Lumsden AB, MacDonald MJ, Kikeri D, et al. Prophylactic balloon angioplasty fails to prolong the patency of expanded polytetrafluoroethylene arteriovenous grafts: results of a prospective randomized study[J]. *J Vasc Surg*, 1997, 26(3): 382-390; discussion 390-392. DOI: 10.1016/s0741-5214(97)70031-4.
- [371] Ram SJ, Work J, Caldito GC, et al. A randomized controlled trial of blood flow and stenosis surveillance of hemodialysis grafts[J]. *Kidney Int*, 2003, 64(1): 272-280. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2003.00070.x.
- [372] Malik J, Slavikova M, Svobodova J, et al. Regular

- ultrasonographic screening significantly prolongs patency of PTFE grafts[J]. *Kidney Int*, 2005, 67(4): 1554-1558. DOI: 10.1111/j.1523-1755.2005.00236.x.
- [373] Polkinghorne KR, Lau KK, Saunder A, et al. Does monthly native arteriovenous fistula blood-flow surveillance detect significant stenosis--a randomized controlled trial [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2006, 21(9): 2498-2506. DOI: 10.1093/ndt/gfl242.
- [374] Krivitski NM. Novel method to measure access flow during hemodialysis by ultrasound velocity dilution technique[J]. *ASAIO J*, 1995, 41(3): M741-745. DOI: 10.1097/00002480-199507000-00111.
- [375] Kapoian T, Steward CA, Sherman RA. Validation of a revised slow-stop flow recirculation method[J]. *Kidney Int*, 1997, 52(3): 839-842. DOI: 10.1038/ki.1997.402.
- [376] Roca-Tey R, Rivas A, Samon R, et al. [Study of vascular access (VA) by color Doppler ultrasonography (CDU). Comparison between delta-H and CDU methods in measuring VA blood flow rate][J]. *Nefrologia*, 2005, 25(6): 678-683.
- [377] Sacquépée M, Tivollier JM, Doussy Y, et al. [Comparison of different techniques of hemodialysis vascular access flow evaluation: blood temperature monitoring thermodilution and doppler debimetry][J]. *Nephrol Ther*, 2012, 8(2): 96-100. DOI: 10.1016/j.nephro.2011.09.001.
- [378] Ibeas J, Roca-Tey R, Vallespín J, et al. Spanish clinical guidelines on vascular access for haemodialysis[J]. *Nefrologia*, 2017, 37 Suppl 1: 1-191. DOI: 10.1016/j.nefro.2017.11.004.
- [379] Li B, Li Q, Chen C, et al. Diagnostic accuracy of computer tomography angiography and magnetic resonance angiography in the stenosis detection of autologous hemodialysis access: a meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2013, 8(10): e78409. DOI: 10.1371/journal.pone.0078409.
- [380] Kariya S, Tanigawa N, Kojima H, et al. Efficacy of carbon dioxide for diagnosis and intervention in patients with failing hemodialysis access[J]. *Acta Radiol*, 2010, 51(9): 994-1001. DOI: 10.3109/02841851.2010.518159.
- [381] Ross JR, Franga DL, Gallichio M, et al. Role of intravascular ultrasound imaging during endovascular interventions of failing hemodialysis access grafts[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 65(5): 1383-1389. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.10.115.
- [382] See EJ, Cho Y, Hawley CM, et al. Early and late patient outcomes in urgent-start peritoneal dialysis[J]. *Perit Dial Int*, 2017, 37(4): 414-419. DOI: 10.3747/pdi.2016.00158.
- [383] Povlsen JV, Ivarsen P. How to start the late referred ESRD patient urgently on chronic APD[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2006, 21 Suppl 2: ii56-ii59. DOI: 10.1093/ndt/gfl192.
- [384] Riella MC, Roy-Chaudhury P. Vascular access in haemodialysis: strengthening the Achilles' heel[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2013, 9(6): 348-357. DOI: 10.1038/nrneph.2013.76.
- [385] Zhao J, Jourd'heuil FL, Xue M, et al. Dual function for mature vascular smooth muscle cells during arteriovenous fistula remodeling[J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(4): e004891. DOI: 10.1161/JAHA.116.004891.
- [386] Yevzlin AS, Chan MR, Becker YT, et al. "Venopathy" at work: recasting neointimal hyperplasia in a new light[J]. *Transl Res*, 2010, 156(4): 216-225. DOI: 10.1016/j.trsl.2010.07.004.
- [387] Duque JC, Tabbara M, Martinez L, et al. Dialysis arteriovenous fistula failure and angioplasty: intimal hyperplasia and other causes of access failure[J]. *Am J Kidney Dis*, 2017, 69(1): 147-151. DOI: 10.1053/j.ajkd.2016.08.025.
- [388] Quencer KB, Kidd J, Kinney T. Preprocedure evaluation of a dysfunctional dialysis access[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2017, 20(1): 20-30. DOI: 10.1053/j.tvir.2016.11.005.
- [389] Nassar GM, Beathard G, Rhee E, et al. Management of transposed arteriovenous fistula swing point stenosis at the basilic vein angle of transposition by stent grafts[J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(6): 482-487. DOI: 10.5301/jva.5000770.
- [390] Kakkos SK, Kouri AK, Tsolakis IA, et al. Surgical and endovascular revision of brachio-basilic vein fistula[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17 Suppl 1: S6-S11. DOI: 10.5301/jva.5000516.
- [391] 徐元恺, 赵艺欣, 张文云, 等. 自体动静脉内瘘触诊与血流量的对应关系分析[J]. *中国血液净化*, 2016, 15(11): 624-627. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2016.11.011.
- [392] Coentrão L, Faria B, Pestana M. Physical examination of dysfunctional arteriovenous fistulae by non-interventionalists: a skill worth teaching[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2012, 27(5): 1993-1996. DOI: 10.1093/ndt/gfr532.
- [393] Leon C, Orozco-Vargas LC, Krishnamurthy G, et al. Accuracy of physical examination in the detection of arteriovenous graft stenosis[J]. *Semin Dial*, 2008, 21(1): 85-88. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00382.x.
- [394] Merport M, Murphy TP, Eggin TK, et al. Fibrin sheath stripping versus catheter exchange for the treatment of failed tunneled hemodialysis catheters: randomized clinical trial[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2000, 11(9): 1115-1120. DOI: 10.1016/s1051-0443(07)61351-7.
- [395] Guedes Marques M, Ibeas J, Botelho C, et al. Doppler ultrasound: a powerful tool for vascular access surveillance[J]. *Semin Dial*, 2015, 28(2): 206-210. DOI: 10.1111/sdi.12334.
- [396] 李洪, 徐明芝, 白亚飞, 等. 改良 CO<sub>2</sub> 输送与全自动注射系统在血液透析动静脉通路造影的运用研究[J]. *中国血液净化*, 2021, 20(5): 347-350. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2021.05.015.
- [397] 戎爻, 李惠民, 叶朝阳, 等. CO<sub>2</sub> 血管造影在血液透析血管通路功能评价中的初步应用[J]. *中国中西医结合肾病杂志*, 2005, 6(9): 520-522.
- [398] Meyer M, Geiger N, Benck U, et al. Imaging of patients with complex hemodialysis arterio-venous fistulas using time-resolved dynamic CT angiography: comparison with Duplex ultrasound[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 12563. DOI: 10.1038/s41598-017-12902-6.
- [399] Heye S, Maleux G, Claes K, et al. Stenosis detection in native hemodialysis fistulas with MDCT angiography[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 192(4): 1079-1084. DOI: 10.2214/AJR.08.1620.
- [400] Ko SF, Huang CC, Ng SH, et al. MDCT angiography for evaluation of the complete vascular tree of hemodialysis fistulas[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2005, 185(5): 1268-1274. DOI: 10.2214/AJR.04.1553.
- [401] Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, et al. ACR guidance document on MR safe practices: 2013[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2013, 37(3): 501-530. DOI: 10.1002/jmri.24011.

- [402] 郁正亚. 药物涂层球囊在血透通路维护中应用价值的再思考[J]. 中华血管外科杂志, 2019, 4(4): 202-205. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-1863.2019.04.003.
- [403] Woods JD, Turenne MN, Strawderman RL, et al. Vascular access survival among incident hemodialysis patients in the United States[J]. Am J Kidney Dis, 1997, 30(1): 50-57. DOI: 10.1016/s0272-6386(97)90564-3.
- [404] Aftab SA, Tay KH, Irani FG, et al. Randomized clinical trial of cutting balloon angioplasty versus high-pressure balloon angioplasty in hemodialysis arteriovenous fistula stenoses resistant to conventional balloon angioplasty[J]. J Vasc Interv Radiol, 2014, 25(2): 190-198. DOI: 10.1016/j.jvir.2013.10.020.
- [405] Rasuli P, Chennur VS, Connolly MJ, et al. Randomized trial comparing the primary patency following cutting versus high-pressure balloon angioplasty for treatment of de novo venous stenoses in hemodialysis arteriovenous fistulae[J]. J Vasc Interv Radiol, 2015, 26(12): 1840-1846. e1. DOI: 10.1016/j.jvir.2015.08.024.
- [406] Kennedy SA, Mafeld S, Baerlocher MO, et al. Drug-coated balloon angioplasty in hemodialysis circuits: a systematic review and meta-analysis[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30(4): 483-494.e1. DOI: 10.1016/j.jvir.2019.01.012.
- [407] Yan Wee IJ, Yap HY, Hsien Ts'ung LT, et al. A systematic review and meta-analysis of drug-coated balloon versus conventional balloon angioplasty for dialysis access stenosis[J]. J Vasc Surg, 2019, 70(3): 970-979. e3. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.01.082.
- [408] Abdul Salim S, Tran H, Thongprayoon C, et al. Comparison of drug-coated balloon angioplasty versus conventional angioplasty for arteriovenous fistula stenosis: systematic review and meta-analysis[J]. J Vasc Access, 2020, 21(3): 357-365. DOI: 10.1177/1129729819878612.
- [409] Liao MT, Lee CP, Lin TT, et al. A randomized controlled trial of drug-coated balloon angioplasty in venous anastomotic stenosis of dialysis arteriovenous grafts[J]. J Vasc Surg, 2020, 71(6): 1994-2003. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.07.090.
- [410] Yin Y, Shi Y, Cui T, et al. Efficacy and safety of paclitaxel-coated balloon angioplasty for dysfunctional arteriovenous fistulas: a multicenter randomized controlled trial[J]. Am J Kidney Dis, 2021, 78(1): 19-27.e1. DOI: 10.1053/j.ajkd.2020.11.022.
- [411] Lookstein RA, Haruguchi H, Ouriel K, et al. Drug-coated balloons for dysfunctional dialysis arteriovenous fistulas[J]. N Engl J Med, 2020, 383(8): 733-742. DOI: 10.1056/NEJMoa1914617.
- [412] Packer D. Drug-coated balloons for dysfunctional dialysis arteriovenous fistulas[J]. N Engl J Med, 2021, 384(12): 1173. DOI: 10.1056/NEJMc2031782.
- [413] Han A, Park T, Kim HJ, et al. Editor's choice - Paclitaxel coated balloon angioplasty vs. plain balloon angioplasty for haemodialysis arteriovenous access stenosis: a systematic review and a time to event meta-analysis of randomised controlled trials[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2021, 62(4): 597-609. DOI: 10.1016/j.ejvs.2021.05.043.
- [414] Kitrou PM, Katsanos K, Spiliopoulos S, et al. Drug-eluting versus plain balloon angioplasty for the treatment of failing dialysis access: final results and cost-effectiveness analysis from a prospective randomized controlled trial (NCT01174472) [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(3): 418-423. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.11.037.
- [415] Tan CW, Tan RY, Pang SC, et al. Single-center prospective pilot study of sirolimus drug-coated balloon angioplasty in maintaining the patency of thrombosed arteriovenous graft[J]. J Vasc Interv Radiol, 2021, 32(3): 369-375. DOI: 10.1016/j.jvir.2020.11.010.
- [416] 张丽红, 王玉柱. 超声引导 PTA 在动静脉内瘘狭窄中的应用[J]. 中国血液净化, 2016, 15(6): 321-323. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2016.06.001.
- [417] 詹申, 张丽红, 王玉柱. 超声引导动静脉内瘘经皮血管成形术(二)——导丝概述及导丝通过病变技巧[J]. 临床肾脏病杂志, 2020, 20(7): 527-531. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2020.07.001.
- [418] 詹申, 张丽红, 王玉柱. 超声引导动静脉内瘘经皮血管成形术(一)——入路器材选择与建立[J]. 临床肾脏病杂志, 2020, 20(6): 437-440. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2020.06.001.
- [419] Forauer AR, Hoffer EK, Homa K. Dialysis access venous stenoses: treatment with balloon angioplasty--1- versus 3-minute inflation times[J]. Radiology, 2008, 249(1): 375-381. DOI: 10.1148/radiol.2491071845.
- [420] Elramah M, Boujelbane L, Yevzlin AS, et al. Dialysis access venous stenosis: treatment with balloon angioplasty 30-second vs. 1-minute inflation times[J]. Hemodial Int, 2015, 19(1): 108-114. DOI: 10.1111/hdi.12183.
- [421] Haskal ZJ, Trerotola S, Dolmatch B, et al. Stent graft versus balloon angioplasty for failing dialysis-access grafts[J]. N Engl J Med, 2010, 362(6): 494-503. DOI: 10.1056/NEJMoa0902045.
- [422] Vesely T, DaVanzo W, Behrend T, et al. Balloon angioplasty versus Viabahn stent graft for treatment of failing or thrombosed prosthetic hemodialysis grafts[J]. J Vasc Surg, 2016, 64(5): 1400-1410. e1. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.04.035.
- [423] Rajan DK, Falk A. A randomized prospective study comparing outcomes of angioplasty versus VIABAHN stent-graft placement for cephalic arch stenosis in dysfunctional hemodialysis accesses[J]. J Vasc Interv Radiol, 2015, 26(9): 1355-1361. DOI: 10.1016/j.jvir.2015.05.001.
- [424] Shemesh D, Goldin I, Zagal I, et al. Angioplasty with stent graft versus bare stent for recurrent cephalic arch stenosis in autogenous arteriovenous access for hemodialysis: a prospective randomized clinical trial[J]. J Vasc Surg, 2008, 48(6): 1524-1531, 1531. e1-2. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.07.071.
- [425] 余灵安, 胡卫民, 傅雪琴, 等. 32 例头静脉弓狭窄的治疗体会[J]. 中华普通外科杂志, 2020, 35(7): 576-578. DOI: 10.3760/cma.j.cn113855-20190710-00378.
- [426] Falk A, Maya ID, Yevzlin AS. A prospective, randomized study of an expanded polytetrafluoroethylene stent graft versus balloon angioplasty for in-stent restenosis in arteriovenous grafts and fistulae: two-year results of the RESCUE study[J]. J Vasc Interv Radiol, 2016, 27(10): 1465-1476. DOI: 10.1016/j.jvir.2016.06.014.
- [427] Forsythe RO, Chemla ES. Surgical options in the problematic arteriovenous haemodialysis access[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2015, 38(6): 1405-1415. DOI: 10.1007/s00270-015-1155-7.
- [428] Belli S, Yabanoglu H, Aydogan C, et al. Surgical interventions for late complications of arteriovenous

- fistulas[J]. *Int Surg*, 2014, 99(4): 467-474. DOI: 10.9738/INTSURG-D-14-00012.1.
- [429] Romann A, Beaulieu MC, Rhéaume P, et al. Risk factors associated with arteriovenous fistula failure after first radiologic intervention[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17(2): 167-174. DOI: 10.5301/jva.5000459.
- [430] Wang S, Almehmi A, Asif A. Surgical management of cephalic arch occlusive lesions: are there predictors for outcomes? [J]. *Semin Dial*, 2013, 26(4): E33-E41. DOI: 10.1111/sdi.12085.
- [431] Chen JC, Kamal DM, Jastrzebski J, et al. Venovenostomy for outflow venous obstruction in patients with upper extremity autogenous hemodialysis arteriovenous access [J]. *Ann Vasc Surg*, 2005, 19(5): 629-635. DOI: 10.1007/s10016-005-5413-z.
- [432] Kian K, Unger SW, Mishler R, et al. Role of surgical intervention for cephalic arch stenosis in the "fistula first" era[J]. *Semin Dial*, 2008, 21(1): 93-96. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00388.x.
- [433] Rajan DK, Clark TW, Patel NK, et al. Prevalence and treatment of cephalic arch stenosis in dysfunctional autogenous hemodialysis fistulas[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2003, 14(5): 567-573. DOI: 10.1097/01.rvi.0000071090.76348.bc.
- [434] Roy-Chaudhury P, Arend L, Zhang J, et al. Neointimal hyperplasia in early arteriovenous fistula failure[J]. *Am J Kidney Dis*, 2007, 50(5): 782-790. DOI: 10.1053/j.ajkd.2007.07.019.
- [435] Blumenberg RM, Gelfand ML, Dale WA. Perigraft seromas complicating arterial grafts[J]. *Surgery*, 1985, 97(2): 194-204.
- [436] Dauria DM, Dyk P, Garvin P. Incidence and management of seroma after arteriovenous graft placement[J]. *J Am Coll Surg*, 2006, 203(4): 506-511. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2006.06.002.
- [437] 张丽红, 詹申, 邢炜, 等. 前臂人工血管内瘘术后血清肿诊治一例[J]. *中华肾脏病杂志*, 2014, 30(5): 399-399. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2014.05.018.
- [438] Girerd S, Girerd N, Frimat L, et al. Arteriovenous fistula thrombosis is associated with increased all-cause and cardiovascular mortality in haemodialysis patients from the AURORA trial[J]. *Clin Kidney J*, 2020, 13(1): 116-122. DOI: 10.1093/ckj/sfz048.
- [439] Puskar D, Pasini J, Savić I, et al. Survival of primary arteriovenous fistula in 463 patients on chronic hemodialysis[J]. *Croat Med J*, 2002, 43(3): 306-311.
- [440] Aihara S, Yamada S, Iwasa K, et al. Repeated arteriovenous graft thrombosis associated with subclavian artery stenosis in a patient undergoing hemodialysis[J]. *J Vasc Access*, 2019, 20(6): 790-792. DOI: 10.1177/1129729819845564.
- [441] 叶朝阳, 戴兵. 动静脉内瘘血栓的诊断和处理[J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2013, 22(2): 141-142.
- [442] 肖光辉, 王玉柱. 手法按摩联合低分子肝素治疗动静脉内瘘急性血栓形成患者疗效观察[J]. *护理实践与研究*, 2014, 11(1): 25-26. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9676.2014.01.013.
- [443] Malka KT, Flahive J, Csizinszky A, et al. Results of repeated percutaneous interventions on failing arteriovenous fistulas and grafts and factors affecting outcomes[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(3): 772-777. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.09.031.
- [444] Nikam MD, Ritchie J, Jayanti A, et al. Acute arteriovenous access failure: long-term outcomes of endovascular salvage and assessment of co-variables affecting patency [J]. *Nephron*, 2015, 129(4): 241-246. DOI: 10.1159/000375500.
- [445] Vorwerk D, Schurmann K, Müller-Leisse C, et al. Hydrodynamic thrombectomy of haemodialysis grafts and fistulae: results of 51 procedures[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 1996, 11(6): 1058-1064.
- [446] Andriani M, Drago G, Bernardi AM, et al. Recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA) as first-line therapy for declotting of haemodialysis access[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 1995, 10(9): 1714-1719.
- [447] Trerotola SO, Vesely TM, Lund GB, et al. Treatment of thrombosed hemodialysis access grafts: Arrow-Trerotola percutaneous thrombolytic device versus pulse-spray thrombolysis. Arrow-Trerotola percutaneous thrombolytic device clinical trial[J]. *Radiology*, 1998, 206(2): 403-414. DOI: 10.1148/radiology.206.2.9457193.
- [448] 詹申, 张丽红, 杨涛, 等. 超声技术辅助人造血管动静脉内瘘血栓的腔内治疗[J]. *中国血液净化*, 2018, 17(4): 272-276. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2018.04.016.
- [449] Zhang LH, Zhan S, Wang YZ, et al. Comparison between endovascular versus hybrid thrombectomy for arteriovenous graft under complete ultrasound guidance [J]. *Int Angiol*, 2020, 39(6): 532-541. DOI: 10.23736/S0392-9590.20.04423-5.
- [450] 陆明晰, 李华, 冯剑, 等. 超声监视下导管溶栓术治疗移植血管动静脉内瘘血栓形成[J]. *中华肾脏病杂志*, 2014, 30(8): 632-633. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2014.08.014.
- [451] Lu M, Li H, Feng J, et al. Ultrasound-guided pharmacomechanical thrombolysis and angioplasty for treatment of acute thrombotic prosthetic arteriovenous access: 5-year experience with 154 procedures in a single center[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(11): 2314-2322. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.06.019.
- [452] Tordoir JH, Bode AS, Peppelenbosch N, et al. Surgical or endovascular repair of thrombosed dialysis vascular access: is there any evidence? [J]. *J Vasc Surg*, 2009, 50(4): 953-956. DOI: 10.1016/j.jvs.2009.06.058.
- [453] Crikis S, Lee D, Brooks M, et al. Predictors of early dialysis vascular-access failure after thrombolysis[J]. *Am J Nephrol*, 2008, 28(2): 181-189. DOI: 10.1159/000110086.
- [454] Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Rodrigue H, et al. Treatment of failed native arteriovenous fistulae for hemodialysis by interventional radiology[J]. *Kidney Int*, 2000, 57(3): 1124-1140. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2000.00940.x.
- [455] Rabin I, Shani M, Mursi J, et al. Effect of timing of thrombectomy on survival of thrombosed arteriovenous hemodialysis grafts[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2013, 47(5): 342-345. DOI: 10.1177/1538574413487442.
- [456] Uflacker R, Rajagopalan PR, Selby JB, et al. Thrombosed dialysis access grafts: randomized comparison of the Amplatz thrombectomy device and surgical thromboembolotomy[J]. *Eur Radiol*, 2004, 14(11): 2009-2014. DOI: 10.1007/s00330-004-2422-1.
- [457] Green LD, Lee DS, Kucey DS. A metaanalysis comparing

- surgical thrombectomy, mechanical thrombectomy, and pharmacomechanical thrombolysis for thrombosed dialysis grafts[J]. *J Vasc Surg*, 2002, 36(5): 939-945. DOI: 10.1067/mva.2002.127524.
- [458] Kuhan G, Antoniou GA, Nikam M, et al. A meta-analysis of randomized trials comparing surgery versus endovascular therapy for thrombosed arteriovenous fistulas and grafts in hemodialysis[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2013, 36(3): 699-705. DOI: 10.1007/s00270-013-0564-8.
- [459] Smits HF, Smits JH, Wüst AF, et al. Percutaneous thrombolysis of thrombosed haemodialysis access grafts: comparison of three mechanical devices[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2002, 17(3): 467-473. DOI: 10.1093/ndt/17.3.467.
- [460] Santos JP, Hamadeh Z, Ansari N. Cerebrovascular accident secondary to paradoxical embolism following arteriovenous graft thrombectomy[J]. *Case Rep Nephrol*, 2012, 2012: 183730. DOI: 10.1155/2012/183730.
- [461] Asif A, Agarwal AK, Yevzlin A, et al. 介入肾脏病学[M]. 刘炳岩, 吴世新, 译. 北京: 科学出版社, 2016.
- [462] Bashar K, Healy D, Browne LD, et al. Role of far infra-red therapy in dialysis arterio-venous fistula maturation and survival: systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e104931. DOI: 10.1371/journal.pone.0104931.
- [463] Balaz P, Björck M. True aneurysm in autologous hemodialysis fistulae: definitions, classification and indications for treatment[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(6): 446-453. DOI: 10.5301/jva.5000391.
- [464] Inston N, Mistry H, Gilbert J, et al. Aneurysms in vascular access: state of the art and future developments[J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(6): 464-472. DOI: 10.5301/jva.5000828.
- [465] Baláz P, Rokošný S, Bafrnec J, et al. Repair of aneurysmal arteriovenous fistulae: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2020, 59(4): 614-623. DOI: 10.1016/j.ejvs.2019.07.033.
- [466] Zink JN, Netzley R, Erzurum V, et al. Complications of endovascular grafts in the treatment of pseudoaneurysms and stenoses in arteriovenous access[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(1): 144-148. DOI: 10.1016/j.jvs.2012.06.087.
- [467] Berard X, Brizzi V, Mayeux S, et al. Salvage treatment for venous aneurysm complicating vascular access arteriovenous fistula: use of an exoprosthesis to reinforce the vein after aneurysmorrhaphy[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 40(1): 100-106. DOI: 10.1016/j.ejvs.2010.01.021.
- [468] Pasklinsky G, Meisner RJ, Labropoulos N, et al. Management of true aneurysms of hemodialysis access fistulas[J]. *J Vasc Surg*, 2011, 53(5): 1291-1297. DOI: 10.1016/j.jvs.2010.11.100.
- [469] Pollo V, Dionizio D, Bucuvic EM, et al. Alteplase vs. urokinase for occluded hemodialysis catheter: a randomized trial[J]. *Hemodial Int*, 2016, 20(3): 378-384. DOI: 10.1111/hdi.12391.
- [470] Valenti D, Mistry H, Stephenson M. A novel classification system for autogenous arteriovenous fistula aneurysms in renal access patients[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2014, 48(7-8): 491-496. DOI: 10.1177/1538574414561229.
- [471] Lazarides MK, Georgiadis GS, Argyriou C. Aneurysm formation and infection in AV prosthesis[J]. *J Vasc Access*, 2014, 15 Suppl 7: S120-124. DOI: 10.5301/jva.5000228.
- [472] Delorme JM, Guidoin R, Canizales S, et al. Vascular access for hemodialysis: pathologic features of surgically excised ePTFE grafts[J]. *Ann Vasc Surg*, 1992, 6(6): 517-524. DOI: 10.1007/BF02000823.
- [473] Georgiadis GS, Lazarides MK, Panagoutsos SA, et al. Surgical revision of complicated false and true vascular access-related aneurysms[J]. *J Vasc Surg*, 2008, 47(6): 1284-1291. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.01.051.
- [474] Rajput A, Rajan DK, Simons ME, et al. Venous aneurysms in autogenous hemodialysis fistulas: is there an association with venous outflow stenosis[J]. *J Vasc Access*, 2013, 14(2): 126-130. DOI: 10.5301/jva.5000111.
- [475] Jose MD, Marshall MR, Read G, et al. Fatal dialysis vascular access hemorrhage[J]. *Am J Kidney Dis*, 2017, 70(4): 570-575. DOI: 10.1053/j.ajkd.2017.05.014.
- [476] Watson KR, Gallagher M, Ross R, et al. The aneurysmal arteriovenous fistula- morphological study and assessment of clinical implications. A pilot study[J]. *Vascular*, 2015, 23(5): 498-503. DOI: 10.1177/1708538114557069.
- [477] 张丽红, 詹申, 王玉柱. 自体动静脉内瘘真性动脉瘤诊治体会[J]. *中国血液净化*, 2015, 14(1): 37-40.
- [478] 张丽红, 詹申, 王玉柱. 覆膜支架治疗前臂人工血管内瘘吻合口假性动脉瘤一例[J]. *中华肾脏病杂志*, 2014, 30(6): 479-480. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2014.06.016.
- [479] Kumbar L, Yee J. Current concepts in hemodialysis vascular access infections[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2019, 26(1): 16-22. DOI: 10.1053/j.ackd.2018.10.005.
- [480] Gulati S, Sahu KM, Avula S, et al. Role of vascular access as a risk factor for infections in hemodialysis[J]. *Ren Fail*, 2003, 25(6): 967-973. DOI: 10.1081/jdi-120026031.
- [481] Li PK, Chow KM. Infectious complications in dialysis--epidemiology and outcomes[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2011, 8(2): 77-88. DOI: 10.1038/nrneph.2011.194.
- [482] Zhang J, Burr RA, Sheth HS, et al. Organism-specific bacteremia by hemodialysis access[J]. *Clin Nephrol*, 2016, 86(9): 141-146. DOI: 10.5414/CN108633.
- [483] Al-Jaishi AA, Liu AR, Lok CE, et al. Complications of the arteriovenous fistula: a systematic review[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2017, 28(6): 1839-1850. DOI: 10.1681/ASN.2016040412.
- [484] Muir CA, Kotwal SS, Hawley CM, et al. Buttonhole cannulation and clinical outcomes in a home hemodialysis cohort and systematic review[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2014, 9(1): 110-119. DOI: 10.2215/CJN.03930413.
- [485] MacRae JM, Ahmed SB, Atkar R, et al. A randomized trial comparing buttonhole with rope ladder needling in conventional hemodialysis patients[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2012, 7(10): 1632-1638. DOI: 10.2215/CJN.02730312.
- [486] Anderson JE, Chang AS, Anstadt MP. Polytetrafluoroethylene hemoaccess site infections[J]. *ASAIO J*, 2000, 46(6): S18-S21. DOI: 10.1097/00002480-200011000-00032.
- [487] Bachleda P, Kalinova L, Utikal P, et al. Infected prosthetic dialysis arteriovenous grafts: a single dialysis center study [J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2012, 13(6): 366-370. DOI: 10.1089/sur.2011.041.

- [488] Beathard GA. Bacterial colonization of thrombosed dialysis arteriovenous grafts[J]. *Semin Dial*, 2015, 28(4): 446-449. DOI: 10.1111/sdi.12360.
- [489] Wasse H, Cardarelli F, De Staercke C, et al. Accumulation of retained nonfunctional arteriovenous grafts correlates with severity of inflammation in asymptomatic ESRD patients[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2013, 28(4): 991-997. DOI: 10.1093/ndt/gfs349.
- [490] Zibari GB, Rohr MS, Landreneau MD, et al. Complications from permanent hemodialysis vascular access[J]. *Surgery*, 1988, 104(4): 681-686.
- [491] 郁正亚. 重视人工血管血液透析通路感染[J]. *中国血管外科杂志(电子版)*, 2016, 8(4): 256-258, 266.
- [492] Tabbara MR, O'Hara PJ, Hertzner NR, et al. Surgical management of infected PTFE hemodialysis grafts: analysis of a 15-year experience[J]. *Ann Vasc Surg*, 1995, 9(4): 378-384. DOI: 10.1007/BF02139410.
- [493] Akoh JA, Patel N. Infection of hemodialysis arteriovenous grafts[J]. *J Vasc Access*, 2010, 11(2): 155-158. DOI: 10.1177/112972981001100213.
- [494] Lafrance JP, Rahme E, Leloir J, et al. Vascular access-related infections: definitions, incidence rates, and risk factors[J]. *Am J Kidney Dis*, 2008, 52(5): 982-993. DOI: 10.1053/j.ajkd.2008.06.014.
- [495] Donati G, Coli L, Cianciolo G, et al. Thrombosis of tunneled-cuffed hemodialysis catheters: treatment with high-dose urokinase lock therapy[J]. *Artif Organs*, 2012, 36(1): 21-28. DOI: 10.1111/j.1525-1594.2011.01290.x.
- [496] Harish A, Allon M. Arteriovenous graft infection: a comparison of thigh and upper extremity grafts[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2011, 6(7): 1739-1743. DOI: 10.2215/CJN.00490111.
- [497] Reed SD, Friedman JY, Engemann JJ, et al. Costs and outcomes among hemodialysis-dependent patients with methicillin-resistant or methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* bacteremia[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2005, 26(2): 175-183. DOI: 10.1086/502523.
- [498] Selvey LA, Whitby M, Johnson B. Nosocomial methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteremia: is it any worse than nosocomial methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* bacteremia? [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2000, 21(10): 645-648. DOI: 10.1086/501707.
- [499] Fokou M, Teyang A, Ashuntantang G, et al. Complications of arteriovenous fistula for hemodialysis: an 8-year study [J]. *Ann Vasc Surg*, 2012, 26(5): 680-684. DOI: 10.1016/j.avsg.2011.09.014.
- [500] Curi MA, Pappas PJ, Silva MB, et al. Hemodialysis access: influence of the human immunodeficiency virus on patency and infection rates[J]. *J Vasc Surg*, 1999, 29(4): 608-616. DOI: 10.1016/s0741-5214(99)70305-8.
- [501] Kim CY, Guevara CJ, Engstrom BI, et al. Analysis of infection risk following covered stent exclusion of pseudoaneurysms in prosthetic arteriovenous hemodialysis access grafts[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2012, 23(1): 69-74. DOI: 10.1016/j.jvir.2011.09.003.
- [502] Legout L, D'Elia PV, Sarraz-Bournet B, et al. Diagnosis and management of prosthetic vascular graft infections[J]. *Med Mal Infect*, 2012, 42(3): 102-109. DOI: 10.1016/j.medmal.2012.01.003.
- [503] Nassar GM, Ayus JC. Infectious complications of the hemodialysis access[J]. *Kidney Int*, 2001, 60(1): 1-13. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2001.00765.x.
- [504] Schanzer H, Schwartz M, Harrington E, et al. Treatment of ischemia due to "steal" by arteriovenous fistula with distal artery ligation and revascularization[J]. *J Vasc Surg*, 1988, 7(6): 770-773. DOI: 10.1067/mva.1988.av.0070770.
- [505] Calligaro KD, Veith FJ, Gupta SK, et al. A modified method for management of prosthetic graft infections involving an anastomosis to the common femoral artery[J]. *J Vasc Surg*, 1990, 11(4): 485-492.
- [506] Walz P, Ladowski JS. Partial excision of infected fistula results in increased patency at the cost of increased risk of recurrent infection[J]. *Ann Vasc Surg*, 2005, 19(1): 84-89. DOI: 10.1007/s10016-004-0139-x.
- [507] Sgroi MD, Kirkpatrick VE, Resnick KA, et al. Less than total excision of infected prosthetic PTFE graft does not increase the risk of reinfection[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2015, 49(1-2): 12-15. DOI: 10.1177/1538574415583849.
- [508] Schutte WP, Helmer SD, Salazar L, et al. Surgical treatment of infected prosthetic dialysis arteriovenous grafts: total versus partial graft excision[J]. *Am J Surg*, 2007, 193(3): 385-388; discussion 388. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2006.09.028.
- [509] Lee KS, Choong A, Ng JJ. A systematic review of brachial artery ligation as a safe and feasible option in the management of arteriovenous dialysis access infection[J]. *J Vasc Surg*, 2021, 74(1): 327-333. e2. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.12.106.
- [510] Vallet C, Saucy F, Haller C, et al. Vacuum-assisted conservative treatment for the management and salvage of exposed prosthetic hemodialysis access[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2004, 28(4): 397-399. DOI: 10.1016/j.ejvs.2004.05.011.
- [511] Goonoo N, Bhaw-Luximon A, Jhurry D. Drug loading and release from electrospun biodegradable nanofibers[J]. *J Biomed Nanotechnol*, 2014, 10(9): 2173-2199. DOI: 10.1166/jbn.2014.1885.
- [512] Chemla E, Raynaud A, Carreres T, et al. Preoperative assessment of the efficacy of distal radial artery ligation in treatment of steal syndrome complicating access for hemodialysis[J]. *Ann Vasc Surg*, 1999, 13(6): 618-621. DOI: 10.1007/s100169900309.
- [513] Malik J, Tuka V, Kasalova Z, et al. Understanding the dialysis access steal syndrome. A review of the etiologies, diagnosis, prevention and treatment strategies[J]. *J Vasc Access*, 2008, 9(3): 155-166.
- [514] Miles AM. Vascular steal syndrome and ischaemic monomelic neuropathy: two variants of upper limb ischaemia after haemodialysis vascular access surgery[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 1999, 14(2): 297-300. DOI: 10.1093/ndt/14.2.297.
- [515] 赖艳红, 胡普平, 杨涛, 等. 光电容积描记法在血液透析通路相关肢端缺血征诊断的应用[J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2018, 27(3): 220-224, 228.
- [516] Suding PN, Wilson SE. Strategies for management of ischemic steal syndrome[J]. *Semin Vasc Surg*, 2007, 20(3): 184-188. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2007.07.009.
- [517] Callaghan CJ, Mallik M, Sivaprakasam R, et al. Treatment of dialysis access-associated steal syndrome with the "revision using distal inflow" technique[J]. *J Vasc Access*,

- 2011, 12(1): 52-56. DOI: 10.5301/jva.2010.5985.
- [518] Mickley V. Steal syndrome--strategies to preserve vascular access and extremity[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2008, 23(1): 19-24. DOI: 10.1093/ndt/gfm673.
- [519] Sessa C, Pecher M, Maurizi-Balzan J, et al. Critical hand ischemia after angioaccess surgery: diagnosis and treatment[J]. *Ann Vasc Surg*, 2000, 14(6): 583-593. DOI: 10.1007/s100169910107.
- [520] Loh TM, Bennett ME, Peden EK. Revision using distal inflow is a safe and effective treatment for ischemic steal syndrome and pathologic high flow after access creation [J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(2): 441-444. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.08.098.
- [521] Chemla ES, Tang VC, Eyman SA. Intraoperative flow measurements are helpful in the treatment of high-inflow steal syndrome on a predialysis patient with a brachiocephalic fistula: a case report[J]. *Ann Vasc Surg*, 2007, 21(5): 645-647. DOI: 10.1016/j.avsg.2007.03.028.
- [522] Anaya-Ayala JE, Pettigrew CD, Ismail N, et al. Management of dialysis access-associated "steal" syndrome with DRIL procedure: challenges and clinical outcomes[J]. *J Vasc Access*, 2012, 13(3): 299-304. DOI: 10.5301/jva.5000041.
- [523] 张丽红, 詹申, 杨涛, 等. 结扎桡动脉远心端治疗透析通路相关缺血综合征 [J]. *临床肾脏病杂志*, 2015, 15(10): 589-593.
- [524] Knox RC, Berman SS, Hughes JD, et al. Distal revascularization-interval ligation: a durable and effective treatment for ischemic steal syndrome after hemodialysis access[J]. *J Vasc Surg*, 2002, 36(2): 250-255; discussion 256. DOI: 10.1067/mva.2002.125025.
- [525] Gupta N, Yuo TH, Konig G 4th, et al. Treatment strategies of arterial steal after arteriovenous access[J]. *J Vasc Surg*, 2011, 54(1): 162-167. DOI: 10.1016/j.jvs.2010.10.134.
- [526] Field M, Blackwell J, Jaipersad A, et al. Distal revascularisation with interval ligation (DRIL): an experience[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2009, 91(5): 394-398. DOI: 10.1308/003588409X392153.
- [527] Misskey J, Yang C, MacDonald S, et al. A comparison of revision using distal inflow and distal revascularization-interval ligation for the management of severe access-related hand ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(6): 1574-1581. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.10.100.
- [528] Al Shakarchi J, Stolba J, Houston JG, et al. Surgical techniques for haemodialysis access-induced distal ischaemia[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17(1): 40-46. DOI: 10.5301/jva.5000467.
- [529] Zanol J, Kruger U, Scholz H. Proximalization of the arterial inflow: a new technique to treat access-related ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2006, 43(6): 1216-1221; discussion 1221. DOI: 10.1016/j.jvs.2006.01.025.
- [530] Kordzadeh A, Parsa AD. A systematic review of distal revascularization and interval ligation for the treatment of vascular access-induced ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70(4): 1364-1373. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.02.060.
- [531] MacRae JM, Dipchand C, Oliver M, et al. Arteriovenous access: infection, neuropathy, and other complications[J]. *Can J Kidney Health Dis*, 2016, 3: 2054358116669127. DOI: 10.1177/2054358116669127.
- [532] 徐元恺, 张丽红. 自体动静脉内瘘建立后剪切力的变化[J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(42): 3473-3475. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.42.021.
- [533] Ferreira SR, Moisés VA, Tavares A, et al. Cardiovascular effects of successful renal transplantation: a 1-year sequential study of left ventricular morphology and function, and 24-hour blood pressure profile[J]. *Transplantation*, 2002, 74(11): 1580-1587. DOI: 10.1097/00007890-200212150-00016.
- [534] Rao NN, Stokes MB, Rajwani A, et al. Effects of arteriovenous fistula ligation on cardiac structure and function in kidney transplant recipients[J]. *Circulation*, 2019, 139(25): 2809-2818. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.038505.
- [535] Adachi T, Sakurada T, Otowa T, et al. Impact of vascular access intervention therapy on cardiac load in hemodialysis patients[J]. *Hemodial Int*, 2016, 20 Suppl 1: S12-S16. DOI: 10.1111/hdi.12460.
- [536] Hashimoto K, Kamijo Y, Harada M, et al. Impact of a change in vascular access flow volume after percutaneous transluminal angioplasty on cardiac function[J]. *Sci Prog*, 2021, 104(3): 368504211031097. DOI: 10.1177/00368504211031097.
- [537] Reddy Y, Melenovsky V, Redfield MM, et al. High-output heart failure: a 15-year experience[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(5): 473-482. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.05.043.
- [538] Chemla ES, Morsy M, Anderson L, et al. Inflow reduction by distalization of anastomosis treats efficiently high-inflow high-cardiac output vascular access for hemodialysis[J]. *Semin Dial*, 2007, 20(1): 68-72. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00244.x.
- [539] Pascual J, Martins J, Bouarich H, et al. Sudden death after arteriovenous fistula ligation in a renal transplant patient [J]. *Ann Vasc Surg*, 2008, 22(1): 134-135. DOI: 10.1016/j.avsg.2007.07.031.
- [540] Turner AD, Chen M, Dahl N, et al. Intraoperative ultrasound guidance for banding of an arteriovenous fistula causing high cardiac output heart failure[J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, 66: 665.e5-665.e8. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.12.011.
- [541] Wan Z, Mboya VN, Lai Q, et al. Resolution of high-output cardiac failure secondary to high flow radiocephalic fistula by precision banding under ultrasound guidance: a case report[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(6): 1008-1012. DOI: 10.1177/1129729820947858.
- [542] Kanno T, Kamijo Y, Hashimoto K, et al. Outcomes of blood flow suppression methods of treating high flow access in hemodialysis patients with arteriovenous fistula[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16 Suppl 10: S28-S33. DOI: 10.5301/jva.5000415.
- [543] Parmar CD, Chieng G, Abraham KA, et al. Revision using distal inflow for treatment of heart failure secondary to arteriovenous fistula for hemodialysis[J]. *J Vasc Access*, 2009, 10(1): 62-63. DOI: 10.1177/112972980901000112.
- [544] Bourquelot P, Gaudric J, Turmel-Rodrigues L, et al. Proximal radial artery ligation (PRAL) for reduction of flow in autogenous radial cephalic accesses for haemodialysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 40(1): 94-99. DOI: 10.1016/j.ejvs.2010.02.007.
- [545] Bourquelot P. Access flow reduction for cardiac failure[J]. *J Vasc Access*, 2016, 17 Suppl 1: S60-63. DOI: 10.5301/jva.5000517.
- [546] Basile C, Lomonte C. The complex relationship among

- arteriovenous access, heart, and circulation[J]. *Semin Dial*, 2018, 31(1): 15-20. DOI: 10.1111/sdi.12652.
- [547] Malik J, Lomonte C, Rotmans J, et al. Hemodialysis vascular access affects heart function and outcomes: tips for choosing the right access for the individual patient[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(1\_suppl): 32-41. DOI: 10.1177/1129729820969314.
- [548] National Kidney Foundation. KDOQI clinical practice guidelines and clinical practice recommendations for 2006 updates: Hemodialysis adequacy, peritoneal dialysis adequacy and vascular access[J]. *Am J Kidney Dis*, 2006, 48(1): S1-S322. DOI: 10.1053/j.ajkd.2006.04.006.
- [549] Moist LM, Hemmelgarn BR, Lok CE. Relationship between blood flow in central venous catheters and hemodialysis adequacy[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2006, 1(5): 965-971. DOI: 10.2215/CJN.01090306.
- [550] Niyyar VD, Chan MR. Interventional nephrology: catheter dysfunction--prevention and troubleshooting[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2013, 8(7): 1234-1243. DOI: 10.2215/CJN.00960113.
- [551] Mokrzycki MH, Lok CE. Traditional and non-traditional strategies to optimize catheter function: go with more flow[J]. *Kidney Int*, 2010, 78(12): 1218-1231. DOI: 10.1038/ki.2010.332.
- [552] Griffiths RI, Newsome BB, Leung G, et al. Impact of hemodialysis catheter dysfunction on dialysis and other medical services: an observational cohort study[J]. *Int J Nephrol*, 2012, 2012: 673954. DOI: 10.1155/2012/673954.
- [553] Lee T, Barker J, Allon M. Tunneled catheters in hemodialysis patients: reasons and subsequent outcomes [J]. *Am J Kidney Dis*, 2005, 46(3): 501-508. DOI: 10.1053/j.ajkd.2005.05.024.
- [554] Carson RC, Kiai M, MacRae JM. Urea clearance in dysfunctional catheters is improved by reversing the line position despite increased access recirculation[J]. *Am J Kidney Dis*, 2005, 45(5): 883-890. DOI: 10.1053/j.ajkd.2005.01.029.
- [555] Lok CE, Thomas A, Vercaigne L. A patient-focused approach to thrombolytic use in the management of catheter malfunction[J]. *Semin Dial*, 2006, 19(5): 381-390. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2006.00168.x.
- [556] Yaseen O, El-Masri MM, El Nekidy WS, et al. Comparison of alteplase (tissue plasminogen activator) high-dose vs. low-dose protocol in restoring hemodialysis catheter function: the ALTE-DOSE study[J]. *Hemodial Int*, 2013, 17(3): 434-440. DOI: 10.1111/hdi.12004.
- [557] 薛志强, 曾石养. 尿激酶 24 小时停留封管溶栓治疗对颈内静脉留置双腔透析导管内血栓形成的疗效研究[J]. *中国血液净化*, 2010, 9(5): 265-268.
- [558] Kethireddy S, Safdar N. Urokinase lock or flush solution for prevention of bloodstream infections associated with central venous catheters for chemotherapy: a meta-analysis of prospective randomized trials[J]. *J Vasc Access*, 2008, 9(1): 51-57.
- [559] Haymond J, Shalansky K, Jastrzebski J. Efficacy of low-dose alteplase for treatment of hemodialysis catheter occlusions[J]. *J Vasc Access*, 2005, 6(2): 76-82. DOI: 10.1177/112972980500600206.
- [560] Manns BJ, Scott-Douglas N, Tonelli M, et al. An economic evaluation of rt-PA locking solution in dialysis catheters [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2014, 25(12): 2887-2895. DOI: 10.1681/ASN.2013050463.
- [561] Little MA, Walshe JJ. A longitudinal study of the repeated use of alteplase as therapy for tunneled hemodialysis catheter dysfunction[J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 39(1): 86-91. DOI: 10.1053/ajkd.2002.29885.
- [562] Oliver MJ, Mendelssohn DC, Quinn RR, et al. Catheter patency and function after catheter sheath disruption: a pilot study[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2007, 2(6): 1201-1206. DOI: 10.2215/CJN.01910507.
- [563] Xiang DZ, Verbeken EK, Van Lommel AT, et al. Composition and formation of the sleeve enveloping a central venous catheter[J]. *J Vasc Surg*, 1998, 28(2): 260-271. DOI: 10.1016/s0741-5214(98)70162-4.
- [564] Brismar B, Hårdstedt C, Jacobson S. Diagnosis of thrombosis by catheter phlebography after prolonged central venous catheterization[J]. *Ann Surg*, 1981, 194(6): 779-783. DOI: 10.1097/0000658-198112000-00021.
- [565] Crain MR, Mewissen MW, Ostrowski G, et al. Fibrin sleeve stripping for salvage of failing hemodialysis catheters: technique and initial results[J]. *Radiology*, 1996, 198(1): 41-44. DOI: 10.1148/radiology.198.3.41a.
- [566] Valliant AM, Chaudhry MK, Yevzin AS, et al. Tunneled dialysis catheter exchange with fibrin sheath disruption is not associated with increased rate of bacteremia[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(1): 52-56. DOI: 10.5301/jva.5000301.
- [567] Nguyen DB, Shugart A, Lines C, et al. National Healthcare Safety Network (NHSN) dialysis event surveillance report for 2014[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2017, 12(7): 1139-1146. DOI: 10.2215/CJN.11411116.
- [568] O'Grady NP, Alexander M, Burns LA, et al. Summary of recommendations: guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections[J]. *Clin Infect Dis*, 2011, 52(9): 1087-1099. DOI: 10.1093/cid/cir138.
- [569] Saad TF. Central venous dialysis catheters: catheter-associated infection[J]. *Semin Dial*, 2001, 14(6): 446-451. DOI: 10.1046/j.1525-139x.2001.00110.x.
- [570] Mermel LA, Farr BM, Sherertz RJ, et al. Guidelines for the management of intravascular catheter-related infections [J]. *J Intraven Nurs*, 2001, 24(3): 180-205.
- [571] Lawson JH, Niklason LE, Roy-Chaudhury P. Challenges and novel therapies for vascular access in haemodialysis [J]. *Nat Rev Nephrol*, 2020, 16(10): 586-602. DOI: 10.1038/s41581-020-0333-2.
- [572] Sexton DJ. Vascular access infections in patients undergoing dialysis with special emphasis on the role and treatment of *Staphylococcus aureus*[J]. *Infect Dis Clin North Am*, 2001, 15(3): 731-742, vii. DOI: 10.1016/s0891-5520(05)70170-7.
- [573] Farrington CA, Allon M. Management of the hemodialysis patient with catheter-related bloodstream infection[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2019, 14(4): 611-613. DOI: 10.2215/CJN.13171118.
- [574] Lok CE. Avoiding trouble down the line: the management and prevention of hemodialysis catheter-related infections[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2006, 13(3): 225-244. DOI: 10.1053/j.ackd.2006.04.009.
- [575] Mokrzycki MH, Singhal A. Cost-effectiveness of three strategies of managing tunneled, cuffed haemodialysis catheters in clinically mild or asymptomatic bacteraemias [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2002, 17(12): 2196-2203.

- DOI: 10.1093/ndt/17.12.2196.
- [576] Yevzlin AS. Hemodialysis catheter-associated central venous stenosis[J]. *Semin Dial*, 2008, 21(6): 522-527. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2008.00496.x.
- [577] Liang X, Liu Y, Chen B, et al. Central venous disease increases the risk of microbial colonization in hemodialysis catheters[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8: 645539. DOI: 10.3389/fmed.2021.645539.
- [578] Bucktowarsing B, Vin Y, Lerma EV. The clinical relevance and management of high-flow arteriovenous access[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2020, 27(3): 214-218. DOI: 10.1053/j.ackd.2020.03.001.
- [579] Vachharajani TJ, Talierto JJ, Anvari E. New devices and technologies for hemodialysis vascular access: a review [J]. *Am J Kidney Dis*, 2021, 78(1): 116-124. DOI: 10.1053/j.ajkd.2020.11.027.
- [580] Wong HL, Chan S, Ramamuthy S, et al. Mid-term outcomes of patients with central venous occlusive disease undergoing surveillance venography and intervention[J]. *Ann Acad Med Singap*, 2020, 49(6): 360-366.
- [581] Bakken AM, Protack CD, Saad WE, et al. Long-term outcomes of primary angioplasty and primary stenting of central venous stenosis in hemodialysis patients[J]. *J Vasc Surg*, 2007, 45(4): 776-783. DOI: 10.1016/j.jvs.2006.12.046.
- [582] Chong TT, Yap HY, Tan CS, et al. Use of paclitaxel coated drug eluting technology to improve central vein patency for haemodialysis access circuits: any benefit? [J]. *Vasc Specialist Int*, 2020, 36(1): 21-27. DOI: 10.5758/vsi.2020.36.1.21.
- [583] Wu TY, Wu CK, Chen YY, et al. Comparison of percutaneous transluminal angioplasty with stenting for treatment of central venous stenosis or occlusion in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2020, 43(4): 525-540. DOI: 10.1007/s00270-019-02383-7.
- [584] Mickley V. Central vein obstruction in vascular access[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2006, 32(4): 439-444. DOI: 10.1016/j.ejvs.2006.04.011.
- [585] Valerianova A, Malik J, Janeckova J, et al. Reduction of arteriovenous access blood flow leads to biventricular unloading in haemodialysis patients[J]. *Int J Cardiol*, 2021, 334: 148-153. DOI: 10.1016/j.ijcard.2021.04.027.
- [586] Juncos LA, Chandrashekar K, Karakala N, et al. Vascular access, membranes and circuit for CRRT[J]. *Semin Dial*, 2021, 34(6): 406-415. DOI: 10.1111/sdi.12977.
- [587] Premuzic V, Perkov D, Smiljanic R. The development of central venous thrombosis in hemodialyzed patients is associated with catheter tip depth and localization[J]. *Hemodial Int*, 2018, 22(4): 454-462. DOI: 10.1111/hdi.12662.
- [588] 崔文浩, 张超, 李钰, 等. 颈内静脉带隧道带涤纶套透析导管尖端位置的研究进展 [J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2021, 7(2): 194-199. DOI: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2021.02.15.
- [589] Gunawansa N, Sudusinghe DH, Wijayarathne DR. Hemodialysis catheter-related central venous thrombosis: clinical approach to evaluation and management[J]. *Ann Vasc Surg*, 2018, 51: 298-305. DOI: 10.1016/j.avsg.2018.02.033.
- [590] 韩新, 曹艳佩, 杨晓莉, 等. 枸橼酸盐和肝素钠用于成人血液透析导管封管有效性的 Meta 分析 [J]. *护理学杂志*, 2015, 30(21): 88-92.
- [591] Kwon YH, Kwon SH, Oh JH, et al. Fluoroscopic guide wire manipulation of malfunctioning peritoneal dialysis catheters initially placed by interventional radiologists[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2014, 25(6): 904-910. DOI: 10.1016/j.jvir.2014.02.012.
- [592] Harissis HV, Katsios CS, Kolioussi EL, et al. A new simplified one port laparoscopic technique of peritoneal dialysis catheter placement with intra-abdominal fixation [J]. *Am J Surg*, 2006, 192(1): 125-129. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2006.01.033.
- [593] Oğünç G. Malfunctioning peritoneal dialysis catheter and accompanying surgical pathology repaired by laparoscopic surgery[J]. *Perit Dial Int*, 2002, 22(4): 454-462.
- [594] Crabtree JH, Siddiqi RA. Simultaneous catheter replacement for infectious and mechanical complications without interruption of peritoneal dialysis[J]. *Perit Dial Int*, 2016, 36(2): 182-187. DOI: 10.3747/pdi.2014.00313.
- [595] Piraino B, Bernardini J, Brown E, et al. ISPD position statement on reducing the risks of peritoneal dialysis-related infections[J]. *Perit Dial Int*, 2011, 31(6): 614-630. DOI: 10.3747/pdi.2011.00057.
- [596] Yoshino A, Honda M, Ikeda M, et al. Merit of the cuff-shaving procedure in children with chronic infection[J]. *Pediatr Nephrol*, 2004, 19(11): 1267-1272. DOI: 10.1007/s00467-004-1621-y.
- [597] Scalamogna A, De Vecchi A, Maccario M, et al. Cuff-shaving procedure. A rescue treatment for exit-site infection unresponsive to medical therapy[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 1995, 10(12): 2325-2327. DOI: 10.1093/ndt/10.12.2325.
- [598] Suh H, Wadhwa NK, Cabralda T, et al. Persistent exit-site/tunnel infection and subcutaneous cuff removal in PD patients[J]. *Adv Perit Dial*, 1997, 13: 233-236.
- [599] Sakurada T, Okamoto T, Oishi D, et al. Subcutaneous pathway diversion for peritoneal dialysis catheter salvage [J]. *Adv Perit Dial*, 2014, 30: 11-14.
- [600] Terawaki H, Nakano H, Ogura M, et al. Unroofing surgery with en bloc resection of the skin and tissues around the peripheral cuff[J]. *Perit Dial Int*, 2013, 33(5): 573-576. DOI: 10.3747/pdi.2012.00262.
- [601] Wakabayashi M, Hanada S, Nakano H, et al. Ultrasound-guided endovascular treatment for vascular access malfunction: results in 4896 cases[J]. *J Vasc Access*, 2013, 14(3): 225-230. DOI: 10.5301/jva.5000126.
- [602] Alsheekh A, Hingorani A, Aurshina A, et al. Early results of duplex-guided transradial artery fistuloplasties[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 60: 178-181. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.02.036.
- [603] Saugel B, Scheeren T, Teboul JL. Ultrasound-guided central venous catheter placement: a structured review and recommendations for clinical practice[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 225. DOI: 10.1186/s13054-017-1814-y.
- [604] Leibowitz A, Oren-Grinberg A, Matyal R. Ultrasound guidance for central venous access: current evidence and clinical recommendations[J]. *J Intensive Care Med*, 2020, 35(3): 303-321. DOI: 10.1177/0885066619868164.
- [605] Blaivas M, Brannam L, Fernandez E. Short-axis versus long-axis approaches for teaching ultrasound-guided

- vascular access on a new inanimate model[J]. *Acad Emerg Med*, 2003, 10(12): 1307-1311. DOI: 10.1111/j. 1553-2712.2003.tb00002.x.
- [606] Chittoodan S, Breen D, O'Donnell BD, et al. Long versus short axis ultrasound guided approach for internal jugular vein cannulation: a prospective randomised controlled trial[J]. *Med Ultrason*, 2011, 13(1): 21-25.
- [607] Vezzani A, Manca T, Brusasco C, et al. A randomized clinical trial of ultrasound-guided infra-clavicular cannulation of the subclavian vein in cardiac surgical patients: short-axis versus long-axis approach[J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(11): 1594-1601. DOI: 10.1007/s00134-017-4756-6.
- [608] McDevitt JL, Srinivasa RN, Gemmete JJ, et al. Approach, technical success, complications, and stent patency of sharp recanalization for the treatment of chronic venous occlusive disease: experience in 123 patients[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2019, 42(2): 205-212. DOI: 10.1007/s00270-018-2090-1.
- [609] Cohen EI, Beck C, Garcia J, et al. Success rate and complications of sharp recanalization for treatment of central venous occlusions[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2018, 41(1): 73-79. DOI: 10.1007/s00270-017-1787-x.
- [610] De Boo DW, Mott N, Tregaskis P, et al. Percutaneous insertion of peritoneal dialysis catheters using ultrasound and fluoroscopic guidance: a single centre experience and review of literature[J]. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2015, 59(6): 662-667. DOI: 10.1111/1754-9485.12331.
- [611] Shanmugalingam R, Makris A, Hassan HC, et al. The utility of sonographic assessment in selecting patients for percutaneous insertion of peritoneal dialysis catheter[J]. *Perit Dial Int*, 2017, 37(4): 434-442. DOI: 10.3747/pdi.2017.00006.
- [612] Golay V, Trivedi M, Roychowdhary A, et al. Ultrasound-guided CAPD catheter insertion[J]. *Perit Dial Int*, 2013, 33(4): 454-458. DOI: 10.3747/pdi.2012.00206.
- [613] Li Z, Ding H, Liu X, et al. Ultrasound-guided percutaneous peritoneal dialysis catheter insertion using multifunctional bladder paracentesis trocar: a modified percutaneous PD catheter placement technique[J]. *Semin Dial*, 2020, 33(2): 133-139. DOI: 10.1111/sdi.12862.
- [614] 丁嘉祥, 甘红兵, 赵蕊, 等. Seldinger法经皮穿刺腹膜透析置管术改进的观察[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(3): 188-191. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2019.03.012.
- [615] 潘明明, 涂岩, 汤日宁, 等. 彩色多普勒超声引导下经皮穿刺腹膜透析置管术临床应用效果评估[J]. *临床肾脏病杂志*, 2020, 20(9): 745-747. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2020.09.011.
- [616] Moon JY, Song S, Jung KH, et al. Fluoroscopically guided peritoneal dialysis catheter placement: long-term results from a single center[J]. *Perit Dial Int*, 2008, 28(2): 163-169.
- [617] Tullavardhana T, Akranurakkul P, Ungkitphaiboon W, et al. Surgical versus percutaneous techniques for peritoneal dialysis catheter placement: a meta-analysis of the outcomes[J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2016, 10: 11-18. DOI: 10.1016/j.amsu.2016.07.007.
- [618] Kurultak I, Kinalp C, Çeri M, et al. Accidental placement of a peritoneal dialysis catheter in the Retzius space: two case reports[J]. *Perit Dial Int*, 2012, 32(3): 356-357. DOI: 10.3747/pdi.2011.00173.
- [619] Zou Y, Ma Y, Chao W, et al. Assessment of complications and short-term outcomes of percutaneous peritoneal dialysis catheter insertion by conventional or modified Seldinger technique[J]. *Ren Fail*, 2021, 43(1): 919-925. DOI: 10.1080/0886022X.2021.1925296.
- [620] Kolecki RV, Golub RM, Sigel B, et al. Accuracy of viscera slide detection of abdominal wall adhesions by ultrasound [J]. *Surg Endosc*, 1994, 8(8): 871-874. DOI: 10.1007/BF00843457.
- [621] Keshvari A, Fazeli MS, Meysamie A, et al. The effects of previous abdominal operations and intraperitoneal adhesions on the outcome of peritoneal dialysis catheters [J]. *Perit Dial Int*, 2010, 30(1): 41-45. DOI: 10.3747/pdi.2008.00121.
- [622] Abdel-Aal AK, Dybbro P, Hathaway P, et al. Best practices consensus protocol for peritoneal dialysis catheter placement by interventional radiologists[J]. *Perit Dial Int*, 2014, 34(5): 481-493. DOI: 10.3747/pdi.2013.00029.
- [623] Ash S, Sequeira A, Narayan R. Imaging and peritoneal dialysis catheters[J]. *Semin Dial*, 2017, 30(4): 338-346. DOI: 10.1111/sdi.12607.
- [624] Shrestha BM, Shrestha D, Kumar A, et al. Advanced laparoscopic peritoneal dialysis catheter insertion: systematic review and meta-analysis[J]. *Perit Dial Int*, 2018, 38(3): 163-171. DOI: 10.3747/pdi.2017.00230.
- [625] Haggerty S, Roth S, Walsh D, et al. Guidelines for laparoscopic peritoneal dialysis access surgery[J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(11): 3016-3045. DOI: 10.1007/s00464-014-3851-9.
- [626] Keramati MR, Abbaszadeh-Kasbi A, Keshvari A. Laparoscopic omentopexy, rectus sheath tunneling and implantation of the peritoneal dialysis catheter using a peritoneal dialysis port[J]. *Perit Dial Int*, 2018, 38(3): 187-191. DOI: 10.3747/pdi.2017.00195.
- [627] Esagian SM, Sideris GA, Bishawi M, et al. Surgical versus percutaneous catheter placement for peritoneal dialysis: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *J Nephrol*, 2021, 34(5): 1681-1696. DOI: 10.1007/s40620-020-00896-w.
- [628] Krezalek MA, Bonamici N, Lapin B, et al. Laparoscopic peritoneal dialysis catheter insertion using rectus sheath tunnel and selective omentopexy significantly reduces catheter dysfunction and increases peritoneal dialysis longevity[J]. *Surgery*, 2016, 160(4): 924-935. DOI: 10.1016/j.surg.2016.06.005.
- [629] 张晓辉, 项世龙, 王耀敏, 等. 低位两孔法腹腔镜下腹膜透析置管术的临床研究[J]. *中国血液净化*, 2022, 21(5): 312-316. doi: 10.3969/j.issn.1671-4091.2022.05.003.
- [630] Dawoud D, Lok CE, Waheed U. Recent advances in arteriovenous access creation for hemodialysis: new horizons in dialysis vascular access[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2020, 27(3): 191-198. DOI: 10.1053/j.ackd.2020.02.002.
- [631] Shahverdyan R, Beathard G, Mushtaq N, et al. Comparison of ellipsys percutaneous and proximal forearm graciz-type surgical arteriovenous fistulas[J]. *Am J Kidney Dis*, 2021, 78(4): 520-529.e1. DOI: 10.1053/j.ajkd.2021.01.011.
- [632] Mallios A, Bourquelot P, Franco G, et al. Midterm results of percutaneous arteriovenous fistula creation with the Ellipsys Vascular Access System, technical recommendations, and an algorithm for maintenance[J]. *J*

- Vasc Surg, 2020, 72(6): 2097-2106. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.02.048.
- [633] Berland T, Clement J, Inston N, et al. Percutaneous arteriovenous fistula creation with the 4F WavelinQ EndoAVF System[J]. J Vasc Surg, 2022, 75(3): 1038-1046.e3. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.09.025.
- [634] Bai H, Sadaghianloo N, Gorecka J, et al. Artery to vein configuration of arteriovenous fistula improves hemodynamics to increase maturation and patency[J]. Sci Transl Med, 2020, 12(557): eaax7613. DOI: 10.1126/scitranslmed.aax7613.
- [635] de Oliveira Harduin L, Guerra JB, Virgini-Magalhães CE, et al. Oversized balloon angioplasty for endovascular maturation of arteriovenous fistulae to accelerate cannulation and to decrease the duration of catheter use [J]. J Vasc Access, 2023, 24(2): 238-245. DOI: 10.1177/11297298211029558.
- [636] Karydis N, Bevis P, Beckitt T, et al. An implanted blood vessel support device for arteriovenous fistulas: a randomized controlled trial[J]. Am J Kidney Dis, 2020, 75(1): 45-53. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.05.023.
- [637] Shahverdyan R, Tabbi P, Mestres G. Multicenter European real-world utilization of VasQ anastomotic external support device for arteriovenous fistulae[J]. J Vasc Surg, 2022, 75(1): 248-254. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.07.120.
- [638] Ho JP, Cho KJ, Ko PJ, et al. 血液透析血管通路手术与腔内介入实践指南[M]. 刘杨东, 译. 北京: 科学出版社, 2018.
- [639] Hawkins IF. Carbon dioxide digital subtraction arteriography[J]. AJR Am J Roentgenol, 1982, 139(1): 19-24. DOI: 10.2214/ajr.139.1.19.
- [640] Hicks CW, Bae S, Pozo ME, et al. Practice patterns in arteriovenous fistula ligation among kidney transplant recipients in the United States Renal Data Systems[J]. J Vasc Surg, 2019, 70(3): 842-852.e1. DOI: 10.1016/j.jvs.2018.11.048.
- [641] Weekers L, Vanderweckene P, Pottel H, et al. The closure of arteriovenous fistula in kidney transplant recipients is associated with an acceleration of kidney function decline [J]. Nephrol Dial Transplant, 2017, 32(1): 196-200. DOI: 10.1093/ndt/gfw351.
- [642] Magnetti M, Leonardi G, Guarena C, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula ligation after renal transplantation: Impact on graft resistive index[J]. J Vasc Access, 2021, 22(1): 129-134. DOI: 10.1177/1129729820927240.
- [643] Kasiske BL, Israni AK, Snyder JJ, et al. A simple tool to predict outcomes after kidney transplant[J]. Am J Kidney Dis, 2010, 56(5): 947-960. DOI: 10.1053/j.ajkd.2010.06.020.
- [644] Shabir S, Halimi JM, Cherukuri A, et al. Predicting 5-year risk of kidney transplant failure: a prediction instrument using data available at 1 year posttransplantation[J]. Am J Kidney Dis, 2014, 63(4): 643-651. DOI: 10.1053/j.ajkd.2013.10.059.
- [645] Wilmlink T, Hollingworth L, Dasgupta I. Access ligation in transplant patients[J]. J Vasc Access, 2016, 17 Suppl 1: S64-S68. DOI: 10.5301/jva.5000537.
- [646] Abreo K, Sachdeva B, Abreo AP. To ligate or not to ligate hemodialysis arteriovenous fistulas in kidney transplant patients[J]. J Vasc Access, 2021, 22(6): 942-946. DOI: 10.1177/1129729820970786.
- [647] Forneris G, Savio D, Quaretti P, et al. Dealing with stuck hemodialysis catheter: state of the art and tips for the nephrologist[J]. J Nephrol, 2014, 27(6): 619-625. DOI: 10.1007/s40620-014-0150-4.
- [648] Hassan A, Khalifa M, Al-Akraa M, et al. Six cases of retained central venous haemodialysis access catheters [J]. Nephrol Dial Transplant, 2006, 21(7): 2005-2008. DOI: 10.1093/ndt/gfl123.
- [649] Wilson GJ, van Noesel MM, Hop WC, et al. The catheter is stuck: complications experienced during removal of a totally implantable venous access device. A single-center study in 200 children[J]. J Pediatr Surg, 2006, 41(10): 1694-1698. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2006.05.065.
- [650] Zhou L, Yu S, Gou S, et al. Removing the incarcerated tunneled cuffed venous catheters: an experience from a single center[J]. Blood Purif, 2018, 46(3): 246-247. DOI: 10.1159/000490543.
- [651] He YC, Jiang H, Huang XH, et al. Solutions to stuck tunneled cuffed catheters in patients undergoing maintenance hemodialysis[J]. J Vasc Access, 2021, 22(2): 203-208. DOI: 10.1177/1129729820928163.
- [652] Weijmer MC, Vervloet MG, ter Wee PM. Compared to tunneled cuffed haemodialysis catheters, temporary untunneled catheters are associated with more complications already within 2 weeks of use[J]. Nephrol Dial Transplant, 2004, 19(3): 670-677. DOI: 10.1093/ndt/gfg581.
- [653] Timsit JF, Sebille V, Farkas JC, et al. Effect of subcutaneous tunneling on internal jugular catheter-related sepsis in critically ill patients: a prospective randomized multicenter study[J]. JAMA, 1996, 276(17): 1416-1420.
- [654] 林晶晶, 陈少华, 姚曦, 等. 维持性血液透析患者早期死亡率及相关危险因素分析 [J]. 中华肾脏病杂志, 2020, 36(8): 595-600. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20200312-00108.
- [655] 陈香美. 血液净化标准操作规程(2021版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
- [656] 肖光辉, 王玉柱. 血液净化通路一体化管理手册[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2018.
- [657] Cull DL, Taylor SM, Russell HE, et al. The impact of a community-wide vascular access program on the management of graft thromboses in a dialysis population of 495 patients[J]. Am J Surg, 1999, 178(2): 113-116. DOI: 10.1016/s0002-9610(99)00133-6.
- [658] Davidson IJA. Access centrale?: Access clinic. Access decisions and the multi-disciplinary care our patients deserve[J]. J Vasc Access, 2006, 7(4): 235-238. DOI: 10.1177/112972980600700461.
- [659] Shemesh D, Olsha O, Berelowitz D, et al. An integrated vascular management programme[J]. EDTNA ERCA J, 2004, 30(4): 201-207. DOI: 10.1111/j.1755-6686.2004.tb00368.x.
- [660] Gill S, Quinn R, Oliver M, et al. Multi-disciplinary vascular access care and access outcomes in people starting hemodialysis therapy[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2017, 12(12): 1991-1999. DOI: 10.2215/CJN.03430317.
- [661] Raza H, Hashmi MN, Dianne V, et al. Vascular access outcome with a dedicated vascular team based approach [J]. Saudi J Kidney Dis Transpl, 2019, 30(1): 39-44.
- [662] Carlton D. The vascular access coordinator role: an interview with Donna Carlton by Betsy King[J]. Nephrol Nurs J, 2005, 32(6): 688-690.

- [663] Gale RC, Kehoe D, Lit YZ, et al. Effect of a dialysis access coordinator on preemptive access placement among veterans: a quality improvement initiative[J]. *Am J Nephrol*, 2017, 45(1): 14-21. DOI: 10.1159/000452346.
- [664] Polkinghorne KR, Seneviratne M, Kerr PG. Effect of a vascular access nurse coordinator to reduce central venous catheter use in incident hemodialysis patients: a quality improvement report[J]. *Am J Kidney Dis*, 2009, 53(1): 99-106. DOI: 10.1053/j.ajkd.2008.06.026.
- [665] Kalman PG, Pope M, Bhola C, et al. A practical approach to vascular access for hemodialysis and predictors of success [J]. *J Vasc Surg*, 1999, 30(4): 727-733. DOI: 10.1016/s0741-5214(99)70112-6.
- [666] Pundir E, Sharma A, Singh S, et al. Impact of a trained vascular access coordinator on a vascular access program in India[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(4): 495-499. DOI: 10.1177/11297298211001612.
- [667] Pisoni RL, Zepel L, Port FK, et al. Trends in US vascular access use, patient preferences, and related practices: an update from the US DOPPS practice monitor with international comparisons[J]. *Am J Kidney Dis*, 2015, 65(6): 905-915. DOI: 10.1053/j.ajkd.2014.12.014.
- [668] Dinwiddie LC. Investing in the lifeline: the value of a vascular access coordinator[J]. *Nephrol News Issues*, 2003, 17(6): 49, 52-53.
- [669] Dariushnia SR, Walker TG, Silberzweig JE, et al. Quality improvement guidelines for percutaneous image-guided management of the thrombosed or dysfunctional dialysis circuit[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2016, 27(10): 1518-1530. DOI: 10.1016/j.jvir.2016.07.015.
- [670] Walters BA, Pennell P, Bosch JP. Quality assurance and continuous quality improvement programs for vascular access care[J]. *Contrib Nephrol*, 2004, 142: 323-349. DOI: 10.1159/000074850.
- [671] Asif A, Merrill D, Pennell P. Vascular access education, planning and percutaneous interventions by nephrologists[J]. *Contrib Nephrol*, 2005, 149: 138-149. DOI: 10.1159/000085477.
- [672] Gundevia Z, Whalley H, Ferring M, et al. Effect of operating surgeon on outcome of arteriovenous fistula formation[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2008, 35(5): 614-618. DOI: 10.1016/j.ejvs.2007.11.018.
- [673] Weale AR, Barwell J, Chant H, et al. The impact of training on outcomes in primary vascular access surgery[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2004, 86(4): 275-280. DOI: 10.1308/147870804281.
- [674] Wilkink TF, Ferring M. Training in vascular access surgery. In: Tordoir, editor. *Vascular Access[M]*. Turin: Edizioni Minerva Medica, 2009: 133-140.
- [675] El-Sharkawy AM, Morris DL, Grewal BS, et al. Arteriovenous fistula formations: key to vascular surgical training[J]. *J Vasc Access*, 2014, 15(1): 18-21. DOI: 10.5301/jva.5000171.
- [676] Fassiadis N, Morsy M, Siva M, et al. Does the surgeon's experience impact on radiocephalic fistula patency rates? [J]. *Semin Dial*, 2007, 20(5): 455-457. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00310.x.
- [677] Prischl FC, Kirchgatterer A, Brandstätter E, et al. Parameters of prognostic relevance to the patency of vascular access in hemodialysis patients[J]. *J Am Soc Nephrol*, 1995, 6(6): 1613-1618. DOI: 10.1681/ASN.V661613.
- [678] Inston N, Singh TM. Training vascular access surgeons: technicians or specialists? [J]. *J Vasc Access*, 2018, 19(2): 117-118. DOI: 10.5301/jva.5000824.
- [679] Davidson IJ, Lok C, Dolmatch B, et al. Virtual reality: emerging role of simulation training in vascular access[J]. *Semin Nephrol*, 2012, 32(6): 572-581. DOI: 10.1016/j.semnephrol.2012.10.009.
- [680] Okano H, Mayumi T, Kataoka Y, et al. Outcomes of simulation-based education for vascular access: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2021, 13(8): e17188. DOI: 10.7759/cureus.17188.
- [681] Edwards M, Rodway AD, Ahmed IG, et al. A modular vascular access training program for higher surgical trainees[J]. *J Vasc Access*, 2018, 19(2): 162-166. DOI: 10.5301/jva.5000821.
- [682] Widmer LW, Schmidli J, Widmer MK, et al. Simulation in vascular access surgery training[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16 Suppl 9: S121-S125. DOI: 10.5301/jva.5000372.
- [683] Kocharyan H, Kallini J, Aida SK, et al. A cost-effective alternative formulation of ultrasound phantom for vascular access instruction: cost-effective hands-on procedural training[J]. *J Vasc Access*, 2018, 19(3): 328-329. DOI: 10.1177/1129729817747533.
- [684] Kukita K. Practice and education of the vascular access[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16 Suppl 10: S2-S4. DOI: 10.5301/jva.5000420.
- [685] Niyar VD. Ultrasound in dialysis access: opportunities and challenges[J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(3): 272-280. DOI: 10.1177/1129729819855487.
- [686] Spencer TR, Bardin-Spencer AJ. Pre- and post-review of a standardized ultrasound-guided central venous catheterization curriculum evaluating procedural skills acquisition and clinician confidence[J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(4): 440-448. DOI: 10.1177/1129729819882602.
- [687] Aitken EL, Jackson AJ, Stevenson KS, et al. Comment on: What is the best training for vascular access surgery? [J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(5): e99-e100. DOI: 10.5301/jva.5000438.
- [688] Gelmez M, Akçaoglu T. Effect of integrated education on nurses' knowledge of haemodialysis vascular access[J]. *EDTNA ERCA J*, 2002, 28(1): 33-35. DOI: 10.1111/j.1755-6686.2002.tb00195.x.