

· 专家共识 ·

中国血液透析血管通路超声介入治疗专家共识(2024 年版)

中国血液透析血管通路超声介入治疗共识专家组

通信作者: 万梓鸣, 重庆医科大学附属第一医院肾内科, 重庆 400010, Email: wanziming-001@163.com

【摘要】 近年来, 超声引导下经皮腔内血管成形术(percutaneous transluminal angioplasty, PTA)已广泛用于血液透析血管通路狭窄或闭塞病变的治疗。然而, 目前尚缺乏针对该技术的临床操作指南或专家共识。因此, 如何进一步规范该项技术的临床操作, 确保其临床诊疗效果和安全性, 成为了当前血液透析血管通路界医师亟待解决的问题。中国血液透析血管通路超声介入治疗共识专家组经过广泛的实践调研、文献分析及深入的临床讨论, 制定了《中国血液透析血管通路超声介入治疗专家共识(2024 年版)》。本共识涵盖术前评估、超声诊断流程、介入治疗标准、手术操作细则及并发症应对策略等多个关键环节, 旨在为临床医师提供实操指导, 以提升治疗效果, 降低并发症风险, 从而改善患者生活质量。此共识的推广, 期待能够促进超声介入技术在动静脉血管通路治疗中的规范应用与推广。

【关键词】 肾透析; 血管成形术; 超声检查, 介入性; 血管通路; 专家共识

Expert consensus on ultrasound interventional therapy for hemodialysis vascular access in China (2024)

Chinese consensus expert group on ultrasound interventional therapy for hemodialysis vascular access

Corresponding author: Wan Ziming, Department of Nephrology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China, Email: wanziming-001@163.com

【Abstract】 In recent years, ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty (PTA) has been widely used for the treatment of stenotic or occlusive lesions in hemodialysis vascular access. However, there is currently a dearth of clinical guidelines or expert consensus for this technology. Therefore, it becomes an urgent problem in the field of hemodialysis vascular access how to further standardize the clinical procedures of ultrasound-guided PTA to ensure its efficacy and safety in clinical diagnosis and treatment. For this purpose, Chinese consensus expert group on ultrasound interventional therapy for hemodialysis vascular access has formulated this "Expert consensus on ultrasound interventional therapy for hemodialysis vascular access in China (2024)". The present consensus encompasses several key aspects, including preoperative assessment, ultrasound diagnostic procedures, interventional treatment standards, surgical operating procedures, and strategies for managing complications. It aims to provide practical guidance for clinicians to improve treatment outcomes, mitigate the risk of complications, and enhance patients' quality of life. The promotion of this consensus is expected to facilitate the standardized application and popularization of ultrasound interventional techniques in the treatment of arteriovenous dialysis access.

【Key words】 Renal dialysis; Angioplasty; Ultrasonography, interventional; Vascular access; Expert consensus

自体动静脉内瘘(arteriovenous fistula, AVF)和移植动静脉内瘘(arteriovenous graft, AVG)是目前终末期肾病

(end-stage renal disease, ESRD)患者在血液透析(hemodialysis, HD)时主要的长期透析通路。对于动静脉透析通路中出现

DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20240513-00510

收稿日期 2024-05-13 本文编辑 杨克魁

引用本文: 中国血液透析血管通路超声介入治疗共识专家组. 中国血液透析血管通路超声介入治疗专家共识(2024 年版)[J]. 中华肾脏病杂志, 2024, 40(11): 918-930. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20240513-00510.



的狭窄或闭塞性病变,经皮腔内血管成形术(percutaneous transluminal angioplasty, PTA)被视作一线治疗方式。此手术可在数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)或超声引导下进行。与 DSA 相比,超声引导具有经济便捷、不需使用造影剂、无辐射伤害等优点,在临床上得到了广泛应用。超声技术不仅能展现血管的二维结构,还可以实时观察彩色血流并测量关键参数,为评估血管功能和治疗效果提供依据。特别对于闭塞性病变的评估和开通,超声具有不可替代的独特优势。随着超声在透析通路诊疗中的深入应用,如何进一步规范超声引导下动静脉透析通路诊疗操作,确保其安全性和有效性,也成为了当前亟待解决的问题。本共识旨在为临床医师提供超声引导下 PTA 操作的规范性指导,为医疗卫生管理人员进行质量控制提供参考,推动超声技术在动静脉透析通路中的广泛应用和普及。

一、人员资质建议

推荐意见

1. 鉴于动静脉透析通路的诊疗具有学科交叉特点,超声引导下动静脉透析通路诊疗工作的从业者,可以是肾内科、血管外科、影像介入科(包括放射科或超声科)等具有专业资质的医师。

国内关于从事透析通路诊疗工作的医师专业背景分布,目前尚缺乏系统的统计资料。从实际情况来看,我国从事透析通路诊疗工作的医师以肾内科和血管外科医师为主,同时泌尿外科、骨科、普通外科以及影像介入科等的医师也有积极参与;全球范围内,该领域从业者的专业背景与我国相似。透析预后和实践模式研究(Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study, DOPPS)^[1]的数据显示,不同国家的通路手术医师专业来源呈现多样化特点,如意大利以肾内科医师为主,占 85%;而日本则相对均衡,涉及肾内科(29%)、血管外科(29%)、泌尿外科(28%)和普通外科(14%)等多个专业;在德国、西班牙和加拿大,血管外科医师占比高达 81%~92%;美国血管外科医师占 61%,普通外科医师占 31%。这种多学科医师的共同参与,对透析通路技术的深入发展、普及推广以及学科的整体进步起到了关键的推动作用。

推荐意见

2. 从事透析通路诊疗工作的医师应具备一定的 ESRD 及相关并发症、合并症的诊治能力,应熟练掌握超声技术用于外周血管操作,应具备透析通路开放性手术与介入操作基础。建议根据从业者基础专业不同,进行针对性的学习和培训,以提升其专业素养和综合能力。

鉴于 ESRD 患者常并发多种严重并发症、合并症,如心功能衰竭、恶性心律失常、严重的代谢性酸中毒、高钾

血症等,从事透析通路诊疗工作的医师应具备较全面的 ESRD 及相关并发症、合并症的诊治能力,以迅速识别并有效处理各种紧急状况,保障患者生命安全;此外,应熟练掌握血管超声基本原理和操作规范,能够准确识别血管超声图像,运用超声引导进行介入治疗;同时,还应掌握透析通路开放手术与介入手术的基本操作技能。专家组一致认为,不同专业的医师在各自领域拥有优势的同时,也可能存在其他方面的不足。为了更好地处理透析通路的相关问题并提供最佳的诊疗服务,医师们应针对自身的不足进行必要的补充学习和培训,不断提升个人专业素养和综合能力。

二、手术环境建议

推荐意见

3. 手术室应合理规划布局,严格遵循卫生标准,以确保手术环境的安全性。手术室既可由医院统一规划设置,也可根据实际需要,独立设立在透析中心或专科病房内部。(1)分区管理:手术室布局应遵循流程科学、洁污分明、标识明确的原则,因地制宜,合理分区,设置合理的人流、物流通道。区分洁净区、准洁净区、非洁净区,并进行明确标识。(2)卫生标准:对于常规介入手术,手术室应满足《医院消毒卫生标准》(GB15982-2012)中规定的 II 类环境。对于需要切开的 AVG 手术建议在 I 类环境中进行。

手术室的卫生标准必须严格按照《医院消毒卫生标准》(GB15982-2012)^[2]执行。动静脉透析通路常规介入手术,可以在 II 类环境中进行。对于需要切开的 AVG 手术应配置空气清洁设备,确保达到 I 类环境标准。为确保手术室的空气质量,洁净手术室应参照《医院洁净手术部建筑技术规范》(GB50333-2013)^[3]的要求进行空气净化。非洁净手术室则应在通风系统中安装空气消毒装置,如循环风紫外线空气消毒器、静电吸附式空气消毒器或带有空气净化消毒装置的集中空调通风系统。在使用这些消毒装置时,应严格遵循说明书和国家规范要求,进行空气消毒和微生物监测,以确保手术室的空气质量符合卫生标准。

三、动静脉透析通路超声监测

血管通路的定期监测对于及时发现狭窄并干预,降低血栓发生率,提高血管通路的通畅率具有重要意义。明确血管通路监测的具体方法和监测时机,有助于对通路问题的精准诊断和及时处理。

推荐意见

4. 推荐采用联合物理检查(包括视诊、触诊及听诊)与超声检查,对动静脉透析通路进行定期监测。

单纯依赖透析过程中的常规指标评估血管通路功能存在局限性。比如存在透析再循环的情况下,即使存在狭窄,泵控血流量、动脉压和静脉压等参数仍可保持在正常范围。鉴于此,专家组建议将物理检查(包括视诊、触诊及听诊)与超声检查相结合,作为动静脉透析通路定期监测的常规方法。物理检查可以发现大部分血管通路病变^[4-7],超声检查能够进一步验证病变部位,明确病变性质,为制定治疗方案提供依据^[8-12]。

推荐意见

5. 若患者的动静脉透析通路出现以下临床表现:如血流量降低、静脉压异常升高、高再循环率、透析充分性下降、穿刺点止血时间延长、血管通路体征变化、穿刺困难,建议进行超声检查详细评估。

临床表现^[5, 13-15]具体包括:(1)血流量降低:透析泵控血流量低于 200 ml/min;(2)静脉压异常升高:静脉压 $\geq$ 200 mmHg,或透析期间动态静脉压持续 $\geq$ 160 mmHg;(3)高再循环率:再循环率 $\geq$ 15%;(4)透析充分性下降:透析充分性指标(Kt/V)不明原因下降超过 0.2;(5)穿刺点止血时间延长:透析结束后,穿刺点的压迫止血时间显著延长(超过 20 min),并排除凝血功能及抗凝剂影响;(6)血管通路体征变化:如震颤明显减弱或消失,搏动异常增强;举臂试验阳性、搏动增强试验阴性等。(7)穿刺困难:由静脉充盈不良导致的穿刺难度增加。

推荐意见

6. 建议动静脉透析通路每 3 个月进行一次全面的监测,并建立监测档案,对通路功能进行持续、动态地分析与评估。

关于血管通路监测的频次,目前尚未形成统一意见。专家组建议,可每 3 个月进行一次血管通路的全面评估(包括物理检查和超声检查)^[16-17],记录检查结果(包括物理检查结果和超声结果),建立监测档案。有条件的透析中心可建立血管通路评估与监测数据库,对透析通路进行动态信息化管理。

四、术前评估与准备

术前评估是提高动静脉透析通路手术成功率的重要因素,涉及对患者情况全面而细致的了解,遵循医疗规范,并充分注意患者的个体差异,以保障手术的顺利进行和术后透析通路的通畅^[18]。

推荐意见

7. 建议术前全面了解患者的基础疾病、透析情况、血管通路史等,并结合体格检查、实验室检查及影像学检查综合制定治疗方案。

1. **基础疾病及透析状况评估:**术前全面评估患者的原发病、合并症及既往病史,如糖尿病、高血压、自身免疫性疾病、周围血管疾病、血液系统疾病、肿瘤以及特殊用药史等。应详尽了解透析治疗过程中的关键指标,包括透析血流量、静脉压、透析充分性等,是否存在穿刺困难、止血时间延长、透析相关低血压及透析肢体疼痛等情况。

2. **透析通路史调查:**术前应详细询问患者的透析通路建立和使用情况,包括透析通路建立的时间、类型、使用情况、失功原因以及相关手术史。对于疑难或失败的透析通路病例,应与相关医师紧密沟通,深入分析失败原因,为后续手术提供参考。此外,对于有中心静脉置管史的患者,应评估是否存在中心静脉狭窄,必要时进行术前 DSA 或 CT 血管造影检查。

3. **全面的体格检查:**应对患者的整体状况及生命体征进行全面评估。严重的高血压、低血压患者,建议控制血压后再进行手术。需关注患者的体位、水肿程度、活动耐力等,以判断心脏储备功能。注意双侧肢体对比,检查内瘘肢体是否有红肿、破溃、色素沉着等。按流入道动脉-吻合口-流出道静脉的顺序触诊内瘘张力、搏动和震颤。观察患者是否有置管瘢痕、颈静脉怒张、胸壁静脉曲张以及手臂和颜面部肿胀等提示静脉回流受阻的情况。

4. **必要的辅助检查:**针对透析患者可能存在严重的水、电解质、酸碱平衡紊乱,凝血功能异常,贫血,低蛋白血症和心脏疾病等问题,术前检查应包括但不限于血常规、电解质、血气分析、凝血功能、肝功能、心电图等。

5. **抗凝、抗血小板药物的使用:**抗凝、抗血小板药物一般术前无需停用或调整剂量。术中肝素用量,需根据患者凝血功能检查和出血风险进行调整。目前尚缺乏明确证据支持术后使用抗凝或抗血小板药物。

五、术前超声评估

1. 评估顺序:

推荐意见

8. 自体 AVF 超声评估顺序:沿内瘘血流方向,依次评估流入道动脉、吻合口、瘘静脉至头静脉弓汇入锁骨下静脉处或贵要静脉汇入腋静脉全程血管情况。

9. AVG 超声评估顺序:沿内瘘血流方向,依次评估流入道动脉、动脉吻合口、移植物全段、静脉吻合口、自体流出道静脉至头静脉弓汇入锁骨下静脉处或贵要静脉汇入腋静脉全程血管情况。

沿血流方向进行超声评估已成为业界广泛认可并采纳的方法。例如,在前臂内瘘的评估中,流入道动脉的评估应从肱动脉开始。瘘静脉评估除涵盖头静脉、贵要静脉、副头静脉以及肘正中静脉外,还需包括穿静脉、头静脉弓和腋静脉,以全面把握整体血管情况。

2. 评估内容:

推荐意见

10. 动静脉透析通路超声评估内容包括血流量、阻力指数(resistance index, RI)、血管形态与结构(包括管径、内中膜厚度、钙化情况、血管走行与深度)、狭窄部位(包括管径、长度和收缩期峰值流速比(peak systolic velocity ratio, PSVR)、血栓情况(包括部位、性质及血栓量等)。

肱动脉或锁骨下动脉血流量可用以反映上肢内瘘血流量,常用测量位置为肘关节以上 3~5 cm 走行平直的肱动脉处^[19]。若遇尺桡动脉高分叉,血流量计算应为尺、桡动脉血流量总和,或选择测量近端肱动脉或锁骨下动脉血流量。RI 是反映下游血管狭窄的敏感指标。计算公式为 $RI = (PSV - EDV) / PSV$,其中 PSV 为收缩期峰值速度,EDV 为舒张末期速度。在评估流入道动脉时,应关注血管管径、血管走行、内膜厚度、管壁钙化、狭窄或血栓等情况。吻合口评估包括动脉近心端近吻合口、吻合口、动脉远心端近吻合口以及漂移段静脉。在评估瘘静脉或人工血管时,除了关注血管走行、可穿刺长度、血管张力和距离皮肤的深度外,还应检查狭窄的部位、长度、类型;对于血栓,需明确具体部位、血栓量和性质(如新鲜、陈旧、混合血栓以及是否伴随钙化)。

3. 血管狭窄超声表现、评估指标:

推荐意见

11. 以下指标提示血管狭窄:(1)血流量:在全身血流动力学稳定的情况下,自体 AVF 自然血流量 <500 ml/min,AVG 自然血流量 <600 ml/min。(2)血管内径:静脉局部血管内径 ≤ 1.7 mm 或长段血管内径 ≤ 2.0 mm,长度 ≥ 20 mm;动脉血管内径 ≤ 2.0 mm;静脉局部血管内径在 1.8~2.0 mm 之间或动脉血管内径在 2.0~2.5 mm 之间者需要结合患者临床症状、异常体征和能否有效 HD 来综合判断。(3)RI:RI >0.5 。(4)PSVR:PSVR >4 。

血流量是衡量内瘘通畅性的关键指标,当全身血流动力学保持稳定时,自体 AVF 的血流量 <500 ml/min,AVG 的血流量 <600 ml/min,可作为内瘘发生狭窄的重要参考指标^[20]。然而,在血流动力学不稳定时(如严重低血压),即便内瘘血管没有狭窄,也可能血流量偏低。此外,血流量正常但内瘘存在狭窄的情况并不少见。因此,血流量不能作为判断狭窄的唯一指标,应结合全面的物理检查以及内瘘使用状况进行综合考量。

当前,对内瘘血管狭窄干预的管径标准尚未形成统一观点。多数报道仍沿用内径小于邻近正常血管管径 50% 作为狭窄干预的标准,但动静脉内瘘是病理性扩张增生血管,难以界定其“正常管径”,单纯以狭窄率超过 50% 作为诊断依据,可能会使手术指征过于宽泛。为了更精确地指导临床实践,专家组建议当静脉局部血管内

径 ≤ 1.7 mm 或长段血管内径 ≤ 2.0 mm,长度 ≥ 20 mm;动脉内径 ≤ 2.0 mm 时,发生血栓事件的风险会显著增加,应积极考虑进行手术干预^[21-24]。对于静脉局部血管内径在 1.8~2.0 mm 之间,动脉内径在 2.0~2.5 mm 之间者,治疗决策应综合考虑患者的具体临床症状、异常体征以及 HD 的实际效果。

目前关于 RI 的干预标准尚未形成统一意见,有专家建议,肱动脉 RI >0.5 ,可作为上肢 AVF 狭窄干预的参考指标^[22]。需要特别注意的是,动脉或静脉的异常迂曲可能会导致 RI 的测值偏高。另外,RI 只能反映测量部位下游血管阻力的情况,对于测量部位上游的血管狭窄(例如锁骨下动脉狭窄)则无法反映。因此,在利用 RI 进行评估时,必须综合考虑血管的整体状况。PSVR 通过测量血管狭窄部位和近心端无分支 2 cm 处血管的收缩期峰值流速,计算比值获得,PSVR >4 提示存在狭窄。然而,在吻合口及其附近区域(特别是瘘静脉靠近吻合口 3 cm 内),由于血流呈射流状态,流速测量并不准确,不建议使用 PSVR 作为判断狭窄或计算狭窄率的依据。

六、PTA 干预指征与时机

当前,全球范围内关于动静脉透析通路的干预标准仍存在差异^[5,14-15,25-27],多数专家认为应根据物理检查、影像学检查以及透析使用状况综合判断。

1. 干预指征:

推荐意见

12. 若超声评估显示自体 AVF 或 AVG 存在一个或多个部位的狭窄、闭塞或血栓,且患者出现以下任意一条或多条指征,建议考虑进行 PTA 干预:(1)物理检查异常:内瘘震颤明显减弱或消失,搏动异常增强;举臂试验、搏动增强试验异常。(2)血流量异常:透析时的泵控血流量持续低于 200 ml/min。(3)静脉压显著升高:静脉压 ≥ 200 mmHg,或透析期间动态静脉压持续 ≥ 160 mmHg。(4)透析再循环率:再循环率 $\geq 15\%$ 。(5)透析充分性下降:Kt/V 无明确原因下降超过 0.2。(6)止血时间延长:透析治疗结束后,穿刺点的压迫止血所需时间明显延长(超过 20 min),并排除凝血功能及抗凝剂影响。(7)穿刺难度增加:因静脉充盈不良而导致的穿刺操作难度增加。

2. 干预时机:

推荐意见

13. 符合 PTA 指征的按限期手术管理,在患者生命体征稳定且无手术禁忌证的情况下,尽量在一个透析间期内完成 PTA 手术。

鉴于维持性 HD 患者治疗需求的特殊性,符合 PTA 指征的通路手术应作为限期手术管理。尽量在一个透析间期内完成手术,以减少中心静脉置管,降低因透析延误而

带来的风险。需要强调的是,尽管迅速恢复透析通路功能至关重要,仍需注意手术安全性,特别是在患者生命体征不稳定或存在严重并发症(如急性左心衰竭、严重高钾血症等)时,应优先治疗患者的紧急病情。

七、PTA 手术流程

(一) 麻醉方式

推荐意见

14. 推荐采用超声引导下臂丛神经阻滞麻醉作为 PTA 手术的首选麻醉方式。

球囊扩张时,狭窄处血管内膜的撕裂会引发剧烈的疼痛^[28]。PTA 手术常用的麻醉方式包括:局部浸润麻醉、超声引导下的臂丛神经阻滞麻醉(肌间沟臂丛、锁骨上臂丛、腋路臂丛)、静脉镇静联合局部麻醉和全身麻醉。臂丛神经阻滞麻醉效果确切,产生的类交感神经阻断效应能显著扩张动静脉。对于多段或者长段病变,臂丛神经阻滞麻醉通过精准阻断神经传导,能以最小麻醉药物用量达到满意的镇痛效果^[29],而局部浸润麻醉和臂丛神经阻滞麻醉镇痛效果虽然相当,但注射后可能导致血管局部组织水肿,压迫血管,导丝通过困难。因此,建议在导丝顺利通过病变后再进行局部浸润麻醉。静脉镇静联合局部麻醉和全身麻醉虽然效果显著,但是对患者的身体状况要求较为严苛,且存在呼吸抑制的风险^[30-32]。

(二) 入路选择

推荐意见

15. 瘘静脉入路和动脉远心端入路是自体 AVF 行 PTA 手术最常用的入路方式。人工血管入路和自体静脉入路是 AVG 行 PTA 手术最常用的入路方式。超声可视化极大拓展了手术入路选择,必要时可采用多入路策略。

超声辅助下动静脉透析通路入路的选择具有很高的灵活性和多样性。除常用的瘘静脉、动脉远心端、人工血管等标准 PTA 手术入路外,瘘静脉属支、肱动脉,甚至血栓形成后的血管也可作为备选入路。瘘静脉位置浅表、管径大、易于穿刺与止血,常作为首选的入路^[33]。但该入路导丝需逆血流通,在静脉瓣狭窄或慢性闭塞性病变的开通中可能会较难通过。若吻合口角度较为锐利或附近血管存在狭窄,选择该入路通过吻合口进入动脉近心端的操作难度增加。动脉远心端入路导丝导管更容易通过吻合口,分别处理静脉和动脉病变,避免了逆向通过静脉瓣的问题。但远心端动脉往往较细,穿刺困难,且存在术后闭塞风险。AVG 行 PTA 手术中人工血管与自体静脉管径较粗易于穿刺,但处理多处狭窄时可能需要翻转鞘或双向入路。术者应根据实际情况灵活选择入路,甚至可以采用多入路策略以确保手术的高效与安全。

(三) 手术过程

1. 穿刺:

推荐意见

16. 建议在超声引导下进行穿刺,采用平面外穿刺与平面内穿刺相结合的方式以确保穿刺的准确性与安全性。

精准穿刺可减少血管损伤。超声可实时、动态显示血管结构和穿刺针的位置,提高穿刺的精准性和安全性,专家组推荐在超声引导下进行穿刺操作^[34]。根据血管、穿刺针与超声探头长轴的相互关系可分平面内(in-plane)穿刺和平面外(out-of-plane)穿刺^[35]。平面内穿刺指穿刺针及血管长轴与探头长轴一致,在超声图像上可以看到穿刺针及血管的长轴。当目标血管的管径较细时,因部分容积伪像导致难以识别穿刺针偏移。平面外穿刺指穿刺针及血管与探头长轴垂直,能够精确地定位目标。缺点是在超声图像上穿刺针表现为一个高回声的点,不易区分针尖与针体,需要针尖跟随超声探头同步移动。初始阶段建议采用平面外穿刺,引导穿刺针至目标血管正前方并刺破血管前壁进入管腔。见回血后旋转探头改为平面内引导,确保穿刺针顺利进入血管。随后跟进穿刺引导导丝,完成血管鞘组置入。

2. 肝素化:

推荐意见

17. 在动静脉透析通路 PTA 手术中,肝素初始剂量的建议范围为 2 000 ~ 3 000 IU,但应综合考虑患者的具体状况及手术时长进行适当的调整。

术中肝素用量应根据患者的体重、手术时间等因素进行个性化调整,通常肝素初始剂量为 50 ~ 100 IU/kg。考虑到尿毒症患者对肝素的清除能力降低,容易导致药物在体内积累,专家组建议肝素的初始剂量为 2 000 ~ 3 000 IU。如果手术时间较长,可能需要持续或间断地追加肝素以保持适当的抗凝状态。

3. 导丝通过病变:

推荐意见

18. 建议充分利用超声探头实时多角度扫查的优势,结合超声设备所提供的多种显像模式了解病变细节、显示病变开口与通道形态,辅助导丝通过。

超声能够为手术提供实时的影像引导,在关键的导丝操作环节,有助于确保操作的准确性与安全性。通过调整超声探头的角度和位置,可获取病变区域的多维度影像,有助于深入剖析病变的形态学特征、判断空间位置、毗邻组织结构。充分利用超声设备所提供的超声二维成像、彩色多普勒等多种显像模式,了解病变细节,为导丝的精确引导提供可视化支持。

4. 球囊扩张:

推荐意见

19. 非顺应性高压球囊是动静脉透析通路 PTA 手术的首选; 顽固性狭窄病变可选用超高压球囊或切割球囊。

非顺应性高压球囊具备良好的综合性能和治疗效果, 是目前动静脉透析通路 PTA 手术的首选^[36]。多项研究证实, 对于高压球囊仍然无法解决的顽固性狭窄病变可选用超高压球囊或切割球囊^[37-40]。这两种特殊球囊可能通过性欠佳, 可通过入路选择予以解决。部分研究表明药物涂层球囊在术后 6 个月的通畅率优于普通高压球囊, 但较其他球囊而言, 长期通畅率尚未显示明显优势^[41-45]。不同研究之间的通畅性结局差异很大, 其应用价值有待进一步研究。

推荐意见

20. 球囊直径应比狭窄相邻的正常血管内径大 1 ~ 2 mm; 狭窄段与邻近正常血管内径相差大或血栓性病变, 可逐级扩张; 球囊长度不宜超过病变长度过多, 以防损伤正常血管。

球囊直径的选择仍存在争议, 专家组建议在动静脉透析通路 PTA 手术中, 球囊直径的选择应比狭窄相邻的正常血管内径大 1 ~ 2 mm。如果在此基础上扩张后血管弹性回缩超过 50%, 可以根据具体情况适当选择更大的球囊进行扩张。狭窄段内径与邻近正常血管内径相差大, 可逐级扩张(先使用较小直径的球囊预扩张, 逐步增加球囊的直径)。血栓性病变因血管壁水肿, 不易提供正常管径作为参考, 也可采用逐级扩张的方式。球囊长度可根据狭窄长度进行选择, 不宜超过病变长度过多。

推荐意见

21. 多部位病变, 可采取逆血流方向的扩张顺序, 优先解除流出道狭窄; 单次球囊扩张的持续时间一般控制在 30 ~ 60 s。

对于存在多处狭窄或血栓性病变的血管, 按照逆血流方向扩张, 即先处理流出道狭窄, 可释放腔内压力, 防止后续扩张中血管撕裂而导致出血加重。单次扩张持续时间不易过长, 一般为 30 ~ 60 s^[46-47]。扩张次数目前尚无定论。

5. 术后止血:

推荐意见

22. 对于 ≤6F 的血管鞘, 可直接压迫止血, 也可荷包缝合或 8 字缝合; 对于 ≥8F 的血管鞘, 建议使用荷包缝合或 8 字缝合。

若术中使用的血管鞘组规格 ≤6F, 专家组推荐直接采用压迫止血^[48], 具体操作方法参照透析后穿刺点压迫方法。当使用的血管鞘规格 ≥8F 时, 建议在穿刺部位采用皮肤荷包缝合或 8 字缝合进行处理。缝合可于数小时后视情况予以拆线。此外, 若血管鞘皮下路径较长, 应注意准确判断血管鞘进入血管的位置。

6. 术后护理:

推荐意见

23. 建议术后进行穿刺护理规划, 告知术后注意事项。

术后应进行合理穿刺规划, 如无严重并发症可立即在非扩张区域进行穿刺透析。建议术后 2 ~ 4 周内不要在原病变区域进行穿刺。除术后当天透析需根据手术时间、血管破裂情况等综合选择抗凝方式外, 后续透析不影响抗凝方式选择。

(四) 手术成功标准

推荐意见

24. 手术成功标准分为技术成功标准和临床成功标准^[20, 23, 49]: 技术成功标准: 自体 AVF 血流量 ≥500 ml/min, AVG 血流量 ≥600 ml/min; RI < 0.5; 病变部位残余狭窄率 < 30%, PSVR < 2。临床成功标准: 可扪及内瘘震颤恢复或明显增强; 术后连续 2 次透析顺利, 泵控血流量 ≥200 ml/min。

PTA 手术成功后, 可扪及内瘘震颤恢复或显著增强, 搏动感消失。超声下可见病变部位狭窄解除。血流量、RI 和 PSVR 建议在血管鞘拔除后再评估。此外, 考虑到血管水肿、痉挛、多部位病变等会掩盖真实情况, 一般在术后 24 h 再进行一次超声评估更为准确。

八、并发症识别及处理

1. 穿刺部位血肿: 常表现为局部疼痛、肿胀及皮下瘀血。发生在瘘静脉的穿刺部位血肿还可表现为血肿远心端内瘘静脉搏动增强、震颤减弱。超声表现: 血管周围低回声区或无回声区, 可位于血管前方、后方或环绕血管。局部血管可明显受压(注意与穿刺前对比)。处理策略: (1) 小血肿可局部压迫、冰敷, 待其自行吸收; (2) 持续活动性出血或管腔明显受压、内瘘张力过高甚至血流瘀滞时, 可换部位重新穿刺血管, 使用球囊在血管内部压迫止血并对管腔塑形; (3) 较大血肿合并明显疼痛或对周围组织产生严重压迫, 可考虑外科手术清除。

2. 血管痉挛: 常由腔内器械刺激血管壁, 或血管本身对刺激敏感所致, 以动脉痉挛更为常见。超声表现: 与术前相比, 血管管径局部或长段变细, 成串珠状或细丝状, 血流变慢甚至中断。处理策略: (1) 轻度血管痉挛无需特殊处理, 可自行缓解; (2) 严重血管痉挛影响血流量, 继发血栓可能性大, 术中可使用罂粟碱 30 mg 或者硝酸甘油

100 ~ 300 μg (低血压患者慎用) 稀释后局部血管内注入解痉。也可在低压力 (通常 1 ~ 2 atm) 下用球囊扩张痉挛段血管。需警惕痉挛反复出现或邻近部位血管继发痉挛, 可能需要多次处理。

3. 血管夹层: 常由操作不当、血管自身病变重以及闭塞病变难以清晰辨别血管壁等因素引起, 可导致血管腔狭窄甚至血栓形成。超声表现: 二维超声短轴可发现血管壁分层, 长轴见管腔内带状组织分隔管腔, 彩色多普勒血流成像可见同一根血管内出现双层血流信号。处理策略: (1) 应立即将导丝退回至血管真腔内, 重新调整导丝通过; (2) 可使用球囊在低压力下贴住夹层, 3 min 后再次超声评估; (3) 严重的血管夹层可导致假腔内血流淤积压迫真腔, 可采用球囊撕开内膜使得真腔和假腔相通恢复真腔血流; (4) 必要时置入支架。

4. 血管破裂: 常因导丝及导管刺破血管壁、球囊选择过大等引起, 表现为血管走行区域局部迅速肿胀, 向周围扩散。超声表现: 血管内膜线连续性中断, 周围新出现低回声或者无回声区。活动性出血时, 彩色多普勒血流成像显示有彩色血流信号进入。处理对策: (1) 术中发现导丝或导管位于血管外时, 应立即回撤导丝、导管至血管腔内。若超声未发现有血流信号向血管外扩散, 可继续操作寻找真腔; (2) 若破口较大持续出血, 应压迫上游动脉降低内瘘压力, 并配合球囊在低压力下压迫破口, 每 3 ~ 5 分钟超声评估一次, 可重复进行; (3) 需要尽快解除下游血管狭窄以降低内瘘压力; (4) 若反复压迫无效, 可考虑置入覆膜支架或外科手术修补。

5. 假性动脉瘤: 是血管破裂后血液被周围纤维组织包裹而形成的搏动性囊性血肿, 无血管壁内、中、外膜三层结构。超声表现: (1) 血管旁无回声包块且局部管壁结构消失; (2) 血管与包块间有分流口, 其内可探及双向血流, 瘤体内红蓝相间的血流信号 (即“阴阳图”); (3) 由于血流在瘤体与载瘤血管之间来回流动, 形成特征性的“来回型”血流频谱。处理策略: (1) 及时诊断并迅速压迫, 多数假性动脉瘤可闭合; (2) 可联合血管内球囊压迫及皮肤表面外部压迫。每 3 ~ 5 分钟超声评估瘤腔内血流及血栓形成情况, 若无血流信号且瘤腔被血栓完全填充, 则压迫成功, 可重复 3 ~ 4 次。 (3) 若单纯压迫失败, 可在超声引导下注射凝血酶或外用冻干人纤维蛋白黏合剂^[50], 适用于破口小、瘤颈长、瘤体不大的情况。注射时需小心避免药物进入动脉导致动脉栓塞。 (4) 覆膜支架和外科手术可用于处理压迫或封堵失败的病例。

6. 急性血栓形成: 常因血管内膜损伤、球囊阻断时间过长、抗凝不充分等引起。当血栓堵塞下游瘘静脉时, 可导致血管张力增高, 内瘘搏动增强, 震颤减弱。若堵塞上游动脉, 整个内瘘的搏动和震颤均会减弱。超声表现: 血管腔内新出现低回声, 可附着在血管壁上, 呈不规则团块

或片状。处理对策: (1) 少量血栓可不予以特殊处理; (2) 血栓量较大时, 可使用大口径导管或血管鞘, 结合手法挤压、局部溶栓药物等进行抽吸; (3) 全身溶栓效果不佳, 不推荐使用; (4) 在存在血管破裂的情况下, 局部持续灌注溶栓应极为谨慎, 避免血液和溶栓药物外渗; (5) 必要时可考虑手术切开取栓。

7. 球囊破裂: 常见于扩张压力超过爆破压或处理严重钙化血管时。球囊破裂的主要表现为压力泵注入盐水后球囊内压力不增、球囊充盈不均或压力不稳定, 且回抽时可见血液。若发生横向断裂, 超声图像会显示球囊分为两段。处理对策: (1) 将破裂球囊缓慢拖至血管鞘口, 轻柔拖拉尝试直接经鞘拔出; (2) 若拔出困难常提示球囊可能横向破裂, 断端呈伞状结构, 切勿暴力拖拉。可通过介入方法^[51]或外科手术取出断裂球囊。

8. 导丝、导管断裂: 常因导丝或导管的反复过度塑形、打结、过度牵拉以及操控不当引起。超声可见导丝或导管断端残留在血管内。处理对策: (1) 立即阻断血流, 防止断裂导丝或导管漂移; (2) 可使用鹅颈圈套器抓捕或者腔静脉滤器抓捕器圈套导丝或导管断端; (3) 在实施抓捕时, 务必避免暴力操作, 以防断端划伤或刺破血管; (4) 若介入抓捕困难, 则采用外科手术更为安全。

九、动静脉透析通路血栓治疗

超声技术不依赖造影剂即可显示血栓、血管壁和周围组织解剖结构, 在治疗血栓、闭塞性病变中具有优势。

推荐意见

25. 动静脉透析通路血栓形成可采用药物溶栓、机械抽吸取栓、开放手术取栓等方式或多种方式联合应用进行治疗。

药物溶栓对于新鲜血栓 (常指 72 h 内) 尤为有效, 能够实现血栓的完全溶解或部分减容, 为后续的介入手术创造有利条件^[52-53]。目前临床上常用的溶栓药物包括阿替普酶、尿激酶等。相较于全身药物溶栓, 局部药物溶栓成功率更高。溶栓方式包括留置针溶栓和导管溶栓^[54-57]。溶栓药物的剂量、使用时长, 目前尚无统一标准。溶栓时需注意是否存在溶栓禁忌, 如活动性出血、药物过敏等, 密切关注可能出现的并发症, 如出血事件、血栓脱落等。机械抽吸取栓在多项研究中被证实安全有效^[58-61], 但价格高昂, 限制了其在临床上的广泛应用。机械抽吸取栓装置种类繁多, 包括 Fogarty 取栓导管、Cleaner XT 血栓旋切系统、Angiojet 血栓清除系统以及大腔导管吸栓等^[62]。这些装置通过直接拖拽、高速水流冲击或高速旋转碎栓等方式, 配合术中溶栓药物和导管抽吸, 能够达到高效的血栓清除目的。开放手术取栓适用

于绝大部分血栓形成病例,尤其适用于血栓量较大的情况,其优势在于血栓脱落的风险较低、溶栓药物的使用少;对于合并较大动脉瘤者还可同期行瘤重塑、修补。在临床实践中,血栓治疗通常需要灵活运用多种方式联合治疗。

推荐意见

26. 治疗动静脉透析通路血栓时,应重视操作导致的血栓脱落及其相关并发症。

在治疗动静脉透析通路血栓时,存在血栓脱落、远端栓塞、症状性肺栓塞的潜在风险。因此,在治疗方案的选择和应用中应综合考虑血栓量、血栓部位、血栓形成的时间等因素。对于血栓量少、血栓形成时间短的病例,安全性较好。对于血栓量较大的病例,则应尽量清除大部分血栓后再予以恢复血流。对于累及某些特定部位的血栓,如累及长段流入道动脉的血栓、AVG 动脉吻合口附近血栓等,即使血栓量少仍有血栓脱落、远端栓塞的风险,治疗过程中应特别注意。

推荐意见

27. 血栓清除后应对潜在的解剖学狭窄进行有效的处理。

动静脉透析通路血栓形成的标准化治疗应涵盖两个核心环节:首先是血栓的清除,以恢复血管的通畅性;其次是对狭窄部位的处理,以消除血栓形成的病理基础。尽管少数血栓病例可能由非狭窄性因素触发,如严重低血压或外部压迫等,但大量研究表明血管狭窄是血栓形成的主要原因。因此,在血栓清除后必须对狭窄部位进行有效处理,可根据情况采取一期或二期序贯治疗的方式。对于血栓量少的病例,通过单次手术便能达到理想的治疗效果。而对于血栓量大、再通后附壁血栓多或血管壁存在明显水肿的病例,可采取一期手术清除大部分血栓,解除全部或部分狭窄;术后辅以溶栓、抗凝等治疗,根据超声复查结果,必要时可行二期手术彻底解除狭窄。另外血栓后的血管壁水肿、炎症,以及机械取栓、球囊扩张等操作导致的血管壁损伤是血栓形成的高危因素,应避免手术时间过长。

推荐意见

28. 对于慢性闭塞性病变,可根据患者的具体通路使用情况和超声评估结果制定开通方案。

对于慢性闭塞性病变,PTA 手术成功率和通畅率依然令人满意。治疗前应首先了解该内瘘的使用细节,包括内瘘使用起止时间、使用过程中的状况和相关手术经历等;然后,对病变部位进行仔细的超声评估,明确是否存在介入通过路径。

十、超声技术在其他通路手术中的应用

推荐意见

29. 以下情形可考虑置入支架,并推荐使用覆膜支架:球囊扩张后的回缩超过 50%、狭窄连续两次在短期内复发、术中出现严重夹层或假性动脉瘤等状况。鉴于超声引导下置入支架的临床数据尚不充分,故选择超声作为引导方式时应保持谨慎态度。

PTA 是目前动静脉透析通路狭窄的主要治疗手段,但内膜增生常导致反复狭窄^[63-64]。当球囊扩张后狭窄部位明显回缩,尝试更大球囊仍然无法改善,回缩程度超过血管管径 50%,或者 PTA 术后连续两次短期内(3 个月内)复发可以考虑置入支架。术中出现严重夹层、假性动脉瘤等,使用球囊贴合、凝血酶或纤维蛋白黏合剂注射等治疗方法失败,也可考虑使用支架封堵。与单纯 PTA 相比,裸金属支架没有显示出明显优势^[65-67]。在多项随机对照临床试验中,覆膜支架显示出比 PTA 更优的通畅率^[68-70],但需考虑支架对内瘘穿刺的影响。尽管有超声引导下置入支架的初步应用报道,但目前临床证据仍不充足,因此选择超声作为引导方式置入支架需保持谨慎态度。

推荐意见

30. 推荐采用超声引导下球囊辅助成熟技术(balloon angioplasty maturation, BAM)作为动静脉内瘘成熟不良的一线治疗方法。

动静脉内瘘成熟不良的发生率较高,约 25%~70%^[71-72]。狭窄或血栓导致的内瘘成熟不良的主要治疗手段包括 BAM 和外科手术治疗。外科手术具有较高的通畅率,但会消耗血管资源。多项研究显示,BAM 在治疗内瘘成熟不良方面的技术成熟且临床效果显著^[73]。BAM 可在超声引导下或 DSA 下进行,其操作步骤与动静脉内瘘狭窄的 PTA 治疗相似。未成熟的内瘘静脉动脉化不充分,血管壁较薄,球囊扩张时更易发生血管破裂导致周围血肿或假性动脉瘤形成。因此,需谨慎选择球囊尺寸,必要时可逐级扩张,并制定应对血管破裂的预案。对于部分血管条件差且预计单次治疗无法成熟的患者,可考虑分次治疗,以确保安全性。

推荐意见

31. 推荐首选 PTA 作为头静脉弓狭窄(cephalic arch stenosis, CAS)的初始治疗,可在 DSA 或超声引导下进行。CAS 的支架置入术不建议在超声引导下进行。

CAS 患病率为 4%~64%^[74-75],PTA 被推荐为一线治疗方法^[5,76],但 6 个月和 12 个月的初级通畅率仅分别为 23.3% 和 9.5%^[77]。手术可在 DSA 或超声引导下进行,超声在检测血管破裂导致的血管周围血肿或假性动脉瘤形成方面具有更高的敏感性。由于头静脉弓汇入锁骨下静

脉段位置较深且走行扭曲,对超声手法和设备要求较高,常需结合物理检查进行判断。此外,导丝进入锁骨下静脉后超声难以跟踪,这增加了手术潜在风险。当球囊扩张后,头静脉弓明显弹性回缩、静脉破裂或病变在3个月内复发时应考虑支架置入或开放手术^[5]。多数学者主张CAS治疗中使用覆膜支架^[78],但由于该部位放置支架精准度要求高,因此不推荐在超声引导下进行。

推荐意见

32. 对于引起透析通路相关性肢端缺血综合征或高输出量心力衰竭的高流量内瘘,推荐采用超声引导下的动静脉透析通路限流手术以降低内瘘血流量。

因高流量引起的透析通路相关肢端缺血综合征、高输出量心力衰竭,其主要的治疗手段之一为限流手术。超声辅助下进行精准限流已逐渐成为首选方法^[79-81]。有研究采用超声引导下留置针配合缝线在皮下打结的方式实现了无切口限流术,降低了感染的风险^[82]。超声能实时引导手术过程、测量血流量或血管内径,为限流手术提供量化评估。

附录1 超声仪器调节

动静脉透析通路超声仪器的调节主要分为三部分:二维(B-mode)、彩色多普勒血流成像(color Doppler flow imaging, CDFI)、频谱多普勒成像(pulsed-wave Doppler imaging, PWI)。超声仪器有一系列预设条件,但多数情况下需要调节或优化仪器以提高图像质量,提供更准确的血管信息。探头频率越高,图像分辨力越高,但声波穿透力越弱。探头选择的基本原则为:在保证超声穿透力的前提下,尽量选用频率较高的探头,以提高成像质量。

一、二维调节

1. **增益(gain)**:包括总增益及时间增益补偿(time gain compensation, TGC)。前者指整幅二维图像的亮度。图像整体偏暗或偏亮时,应调节总增益。后者也称为灵敏度时间控制(sensitivity time control, STC),对图像上不同深度的亮度调节。当某一深度的图像显示偏暗或过亮时,可以调整相应深度的TGC按钮。

2. **深度(depth)**:深度是指超声图像显示范围。在血管通路超声检查中,由于目标血管通常位于20 mm以内,因此一般可将屏幕显示的深度设置在30~35 mm,这样既能确保目标血管清晰可见,又能保留足够的显示范围。

3. **焦点(focus)**:包括位置调节与数目调节。焦点的位置常设置在与观察目标同一水平。焦点数目则根据目标大小而定,原则上聚焦范围要稍微超过观察目标。焦点数目一般以1~2个为佳。聚焦范围越大,帧频(frame rate)就越低,损失图像时间分辨力。有些设备具有全域

动态聚焦功能,无焦点,系统自动全程聚焦,不需要操作者调节焦点。

4. **频率(frequency)**:原则上,在满足深度要求的前提下,应尽量选用高频率进行血管观察。临床外周通路血管评估及介入中,可选用15~18 MHz频率,特别是对特定病变(如隔膜样狭窄、极低回声的内膜或血栓等)的二维显示更为清晰。由于高频探头显示深度和流速测量受限,在实际应用中需要根据具体情况灵活选择探头频率,以达到最佳的成像效果。

二、彩色多普勒血流成像的调节

1. **彩色增益**:彩色多普勒血流成像增益的调节是为了调节血流信号的灵敏度。增益过大,图像被杂乱的彩色斑点掩盖,血流信号溢出管腔;增益过小,容易导致靠血管壁处低速血流信号丢失。根据需要调节彩色增益,确保血管彩色血流信号能够完整充填血管且不溢出管腔为宜。

2. **脉冲重复频率(pulse repetition frequency, PRF)**:也称彩色标尺,用来改变血流速度或者频率的显示范围。速度标尺越大,可测量的血流速度值越大,反之越小。当血管内血流信号缺失时应降低PRF,使低速血流显像;当血管内出现花色血流信号可提高PRF,使彩色纯净。

3. **取样框的调节**:取样框越小,帧频越快;取样框越大,可显示的血流信息越多,但帧频越慢。临床根据需求调节取样框。

取样框的角度偏转:在线阵探头上,该调节能改变电子声束的入射方向,从而改变声束与血流方向之间的夹角。通常通过旋转“steer”旋钮或偏转“oblique”按键实现。正确的取样框角度应使平行四边形取样框长对角线与血流偏转方向一致。然而,声束偏转会增加多普勒信号的衰减,因此偏转角度不宜过大,否则将会出现血流信号充盈欠佳。超声仪取样框最大偏转角度一般是20°~30°。

取样框角度:一般在不影响血管形态的情况下加压一侧探头减少声束与血管夹角,同时偏转取样框,使得声束与目标血管夹角≤60°。

三、频谱多普勒成像的调节

1. **频谱增益**:频谱增益控制多普勒频谱的亮度。增益过高可能导致频谱的测量值偏大,增益过低可能导致测量值偏小。最佳增益是恰好显示出清晰的波形,而没有多余的背景回声(一般背景为黑色为宜)。

2. **取样容积(sampling volume, SV)**:SV(也叫取样门)过大,取得血管内更多的血流信号,同时非层流运动干扰信号增多,显示频谱较宽;SV过小,所包含的红细胞速度分布范围减小,频谱过窄。因此在测量流速时,由于主要关注最高流速,一般SV大小为血管1/3为宜,且放置于血管中部;当进行血流量测量时,SV应包络全部管腔,

同时保证计算血流量所用参数为时间平均流速。

3. 角度校正: 由于血流方向与超声声束之间通常存在角度差异,直接测量到的频移信息转化而成的速度并非血管内血流的实际速度。通过角度校正,可以减少这种角度差异带来的误差,使测量得到的血流速度更接近真实值。一般角度线尽量与血管壁或与血流方向一致,且角度 $\leq 60^\circ$ 。

4. 基线: 频谱底部的横线称为基线,代表血流速度为 0。基线一般显示在频谱波形的底部,也可利用一键优化,机器可快速自动调整基线,从而更好地避免混叠。

5. 频谱标尺(scale): 与彩色标尺同理,测量低速血流采用较低的速度范围,测量高速血流则采取较高的速度范围。标尺过高,则频谱低矮,不利于对频谱形态细节的观察;标尺过低,则频谱过高甚至出现反转,频谱混叠不利于血流方向的判断和流速的准确测量。适当的调节应使频谱占据显示范围的 1/2 ~ 2/3 为佳。流速的量程与取样深度和频率有关,流速超过量程时,可通过调整取样深度或降低频率的方法改善。

利益冲突 所有作者均声明无利益冲突

中国血液透析血管通路超声介入治疗共识专家组

专家组组长: 万梓鸣(重庆医科大学附属第一医院肾内科)、胡波(暨南大学附属第一医院血管通路中心)、蒋华(浙江大学医学院附属第一医院肾内科)、冯剑(浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科)、何凡(华中科技大学同济医学院附属同济医院肾内科)、崔天蕾(四川大学华西医院肾内科)

专家组秘书: 陈凌(重庆医科大学附属第一医院肾内科)

专家组成员(按姓名汉语拼音字母表顺序排序): 陈波(重庆医科大学附属第一医院超声科)、陈凌(重庆医科大学附属第一医院肾内科)、冯剑(浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科)、冯仲林(广东省人民医院肾内科)、高盼(华中科技大学协和医院肾内科)、高永财(宁夏回族自治区人民医院肾内科)、葛红军(江苏省江阴市中医院超声科)、何凡(华中科技大学同济医学院附属同济医院肾内科)、何小泉(广州中医药大学第一附属医院肾内科)、胡波(暨南大学附属第一医院血管通路中心)、黄小妹(武汉市中心医院肾内科)、霍冬梅(广西医科大学附属第一医院肾内科)、崔天蕾(四川大学华西医院肾内科)、蒋华(浙江大学医学院附属第一医院肾内科)、孔祥雷(山东第一医科大学第一附属医院肾内科)、赖其权(重庆医科大学附属第一医院肾内科)、李国梁(西藏自治区人民医院肾内科)、李晓军(大连医科大学附属第二医院肾内科)、李昕(上海交通大学附属上海市第九人民医院肾内科)、刘炳岩(北京协和医院肾内科)、卢永新(云南省玉溪市人民医院肾内科)、栾弘(青岛大学附属医院肾内科)、

沈波(复旦大学附属中山医院肾内科)、史珂慧(西安交通大学附属第一医院肾内科)、涂波(重庆医科大学附属第一医院超声科)、万林(自贡市第一人民医院肾内科)、万梓鸣(重庆医科大学附属第一医院肾内科)、王宁宁(青海省人民医院血液净化中心)、王颖(北京协和医院肾内科)、王尊松(山东第一医科大学第一附属医院肾内科)、吴限(南京医科大学附属第二医院肾内科)、肖乐(广东省人民医院血管外科)、谢树钦(重庆医科大学附属第二医院肾内科)、徐晨(北京朝阳医院)、徐勇(中南大学湘雅三医院肾内科)、杨杰(陆军特色医学中心肾内科)、杨筱燕(昆明医科大学附属第二医院血液净化中心)、尹娜(陆军军医大学第一临床医学院肾内科)、尤燕舞(广西壮族自治区人民医院肾内科)、于俊超(云南省昆明市第一人民医院肾内科)、于洋(四川大学华西医院肾内科)、袁亮(安徽医科大学附属第二医院肾内科)、张峰(中山大学附属第六医院超声科)、张宏(山东省日照市人民医院血液净化中心)、张昆(上海同济医院肾内科)、张全超(陆军军医大学第二临床医学院肾内科)、张正荣(普洱市人民医院肾内科)、赵娟(甘肃省人民医院肾内科)、赵文波(中山大学附属第三医院肾内科)、郑扬清(浙江省肿瘤医院台州院区介入与微创外科)、周颖(南昌医科大学附属第一医院肾内科)

主要执笔专家: 万梓鸣(重庆医科大学附属第一医院肾内科)、陈波(重庆医科大学附属第一医院超声科)

共同执笔专家: 涂波(重庆医科大学附属第一医院超声科)、赵文波(中山大学附属第三医院肾内科)、高盼(华中科技大学协和医院肾内科)、孔祥雷(山东第一医科大学第一附属医院肾内科)、刘炳岩(北京协和医院肾内科)、史珂慧(西安交通大学附属第一医院肾内科)、张峰(中山大学附属第六医院超声科)、尤燕舞(广西壮族自治区人民医院肾内科)、谢树钦(重庆医科大学附属第二医院肾内科)

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB15982-2012 医院消毒卫生标准[S]. 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2012.
- [3] 中国卫生经济学会医疗卫生建筑专业委员会. GB50333-2013 医院洁净手术部建筑技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Salman L, Beathard G. Interventional nephrology: physical examination as a tool for surveillance for the hemodialysis arteriovenous access[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2013, 8(7): 1220-1227. DOI: 10.2215/CJN.00740113.
- [7] Tessitore N, Bedogna V, Verlato G, et al. Clinical access assessment[J]. J Vasc Access, 2014, 15 Suppl 7: S20-S27. DOI: 10.5301/jva.5000242.
- [8] Bandyk DF. Interpretation of duplex ultrasound dialysis access testing[J]. Semin Vasc Surg, 2013, 26(2-3): 120-126. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2013.12.001.
- [9] Henry ML. Routine surveillance in vascular access for hemodialysis[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2006, 32(5): 545-548. DOI: 10.1016/j.ejvs.2006.05.003.
- [10] Mudoni A, Caccetta F, Caroppo M, et al. Echo color Doppler ultrasound: a valuable diagnostic tool in the assessment of arteriovenous fistula in hemodialysis patients[J]. J Vasc Access, 2016, 17(5): 446-452. DOI: 10.5301/jva.5000588.
- [11] Roca-Tey R, Ibeas J, Moreno T, et al. Dialysis arteriovenous access monitoring and surveillance according to the 2017 Spanish guidelines[J]. J Vasc Access, 2018, 19(5): 422-429. DOI: 10.1177/1129729818761307.
- [12] Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access[J]. Nephrol Dial Transplant, 2004, 19(8): 1956-1963. DOI: 10.1093/ndt/gfh244.
- [13] AIUM practice parameter for the performance of vascular ultrasound examinations for postoperative assessment of hemodialysis access[J]. J Ultrasound Med, 2020, 39(5): E39-E48. DOI: 10.1002/jum.15262.
- [14] American College of Radiology (ACR), (SRU) SoRiU, American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM). AIUM practice guideline for the performance of a vascular ultrasound examination for postoperative assessment of dialysis access[J]. J Ultrasound Med, 2014, 33(7): 1321-1332. DOI: 10.7863/ultra.33.7.1321.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] Nasr R, Chilimuri S. Preoperative evaluation in patients with end-stage renal disease and chronic kidney disease [J]. Health Serv Insights, 2017, 10: 1178632917713020. DOI: 10.1177/1178632917713020.
- [19] Pietura R, Janczarek M, Zaluska W, et al. Colour Doppler ultrasound assessment of well-functioning mature arteriovenous fistulas for haemodialysis access[J]. Eur J Radiol, 2005, 55(1): 113-119. DOI: 10.1016/j.ejrad.2004.09.010.
- [20] Vascular Access Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access[J]. Am J Kidney Dis, 2006, 48 Suppl 1: S248-S273. DOI: 10.1053/j.ajkd.2006.04.040.
- [21] Gu H, Wan Z, Lai QQ, et al. Efficacy of ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty for arteriovenous fistula stenosis or occlusion at juxta-anastomosis: a 3-year follow-up cohort study[J]. J Vasc Surg, 2021, 74(1): 217-224. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.11.041.
- [22] Ishii T, Suzuki Y, Nakayama T, et al. Duplex ultrasound for the prediction of vascular events associated with arteriovenous fistulas in hemodialysis patients[J]. J Vasc Access, 2016, 17(6): 499-505. DOI: 10.5301/jva.5000595.
- [23] 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.
- [24] 黄小妹, 王银, 肖伟, 等. 超声监测下不同的狭窄阈值对人工血管动静脉内瘘通畅率影响[J]. 中国血液净化, 2018, 17(6): 397-400. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2018.06.009.
- [25] 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.
- [26] Harduin LO, Barroso TA, Guerra JB, et al. Guidelines on vascular access for hemodialysis from the Brazilian Society of Angiology and Vascular Surgery[J]. J Vasc Bras, 2023, 22: e20230052. DOI: 10.1590/1677-5449.202300522.
- [27] 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.
- [28] Muromiya Y, Nagai K, Yokota N, et al. Factors associated with pain during vascular access intervention therapy[J]. J Vasc Access, 2015, 16 Suppl 10: S43-S45. DOI: 10.5301/jva.5000425.
- [29] Chiba E, Hamamoto K, Nagashima M, et al. Efficacy of ultrasound-guided axillary brachial plexus block for analgesia during percutaneous transluminal angioplasty for dialysis access[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2016, 39(10): 1407-1412. DOI: 10.1007/s00270-016-1409-z.
- [30] Aksu R, Bicer C. Addition of dexmedetomidine to bupivacaine in supraclavicular brachial plexus block[J]. Clin Invest Med, 2017, 40(3): E111-E116. DOI: 10.25011/cim.v40i3.28390.
- [31] Huang SM, Hsu H, Hii IH, et al. Sedoanalgesia with intravenous midazolam and fentanyl for angioplasty of dysfunctional arteriovenous access: a retrospective single-center analysis[J]. J Vasc Access, 2023, 24(4): 715-721. DOI: 10.1177/11297298211050174.
- [32] Zhang L, Pang R, Zhang L. Effect of different volumes of 0.375% ropivacaine on diaphragmatic paralysis by supraclavicular brachial plexus block under ultrasound guidance[J]. Ann Palliat Med, 2020, 9(6): 3993-4001. DOI: 10.21037/apm-20-1955.
- [33] 张丽红, 詹申, 肖光辉, 等. 超声引导下自体动静脉内瘘狭窄腔内治疗入路建立策略的初步研究[J]. 临床肾脏病杂志, 2021, 21(11): 881-886. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2021.11.001.

- [34] Lamperti M, Biasucci DG, Disma N, et al. European Society of Anaesthesiology guidelines on peri-operative use of ultrasound-guided for vascular access (PERSEUS vascular access)[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2020, 37(5): 344-376. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001180.
- [35] Stone MB, Moon C, Sutijono D, et al. Needle tip visualization during ultrasound-guided vascular access: short-axis vs long-axis approach[J]. *Am J Emerg Med*, 2010, 28(3): 343-347. DOI: 10.1016/j.ajem.2008.11.022.
- [36] 崔锦钢, 田涛, 管浩, 等. 非顺应球囊高压处理半顺应球囊不能扩张的冠状动脉病变的临床应用[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2020, 28(12): 685-689. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2020.12.005.
- [37] Murakami M, Furushima D, Hamamoto S, et al. Comparison of peripheral cutting balloon angioplasty with conventional balloon angioplasty for recurrent hemodialysis vascular access stenosis: a prospective randomized controlled trial[J]. *J Vasc Access*, 2023: 11297298231209489. DOI: 10.1177/11297298231209489.
- [38] Saleh HM, Gabr AK, Tawfik MM, et al. Prospective, randomized study of cutting balloon angioplasty versus conventional balloon angioplasty for the treatment of hemodialysis access stenoses[J]. *J Vasc Surg*, 2014, 60(3): 735-740. DOI: 10.1016/j.jvs.2014.04.002.
- [39] Trerotola SO, Kwak A, Clark TW, et al. Prospective study of balloon inflation pressures and other technical aspects of hemodialysis access angioplasty[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2005, 16(12): 1613-1618. DOI: 10.1097/01.RVI.0000183588.57568.36.
- [40] Wu CC, Lin MC, Pu SY, et al. Comparison of cutting balloon versus high-pressure balloon angioplasty for resistant venous stenoses of native hemodialysis fistulas[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2008, 19(6): 877-883. DOI: 10.1016/j.jvir.2008.02.016.
- [41] Liao MT, Chen MK, Hsieh MY, et al. Drug-coated balloon versus conventional balloon angioplasty of hemodialysis arteriovenous fistula or graft: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *PLoS One*, 2020, 15(4): e0231463. DOI: 10.1371/journal.pone.0231463.
- [42] Liu C, Wolfers M, Awan BZ, et al. Drug-coated balloon versus plain balloon angioplasty for hemodialysis dysfunction: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(23): e022060. DOI: 10.1161/JAHA.121.022060.
- [43] 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.
- [44] Sachdeva B, Abreo K. Drug-coated balloon angioplasty for hemodialysis fistula maintenance[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2018, 13(8): 1140-1141. DOI: 10.2215/CJN.07360618.
- [45] Yildiz I. The efficacy of paclitaxel drug-eluting balloon angioplasty versus standard balloon angioplasty in stenosis of native hemodialysis arteriovenous fistulas: an analysis of clinical success, primary patency and risk factors for recurrent dysfunction[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2019, 42(5): 685-692. DOI: 10.1007/s00270-019-02171-3.
- [46] 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.
- [47] 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.
- [48] Lai Q, Zhang H, Chen B, et al. A simple tourniquet technique for bleeding control after percutaneous hemodialysis fistula and graft interventions[J]. *BMC Nephrol*, 2020, 21(1): 112. DOI: 10.1186/s12882-020-01784-y.
- [49] Granata A, Maccarrone R, Di Lullo L, et al. Feasibility of routine ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty in the treatment of native arteriovenous fistula dysfunction[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(5): 739-743. DOI: 10.1177/1129729820943076.
- [50] Gao X, Xiong Y, Wan Z. A patient with femoral artery pseudoaneurysm treated with ultrasound-guided injection of an exogenous lyophilized human fibrin sealant [J]. *Hemodial Int*, 2022, 26(4): E44-E47. DOI: 10.1111/hdi.13040.
- [51] Chen B, Tu B, Lai Q, et al. A new method of percutaneous retrieval of circumferentially ruptured balloons from arteriovenous dialysis access[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34(11): 2035-2038. DOI: 10.1016/j.jvir.2023.07.027.
- [52] Hsieh MY, Lin L, Chen TY, et al. Timely thrombectomy can improve patency of hemodialysis arteriovenous fistulas [J]. *J Vasc Surg*, 2018, 67(4): 1217-1226. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.08.072.
- [53] Koraen-Smith L, Krasun M, Bottai M, et al. Haemodialysis access thrombosis: outcomes after surgical thrombectomy versus catheter-directed thrombolytic infusion[J]. *J Vasc Access*, 2018, 19(6): 535-541. DOI: 10.1177/1129729818761277.
- [54] Ates OF, Taydas O. Modified lyse and wait technique for the treatment of dialysis fistula thrombosis: Percutaneous thrombolytic therapy with a 27-G dental needle[J]. *Semin Dial*, 2022, 35(6): 522-527. DOI: 10.1111/sdi.13047.
- [55] Lundström UH, Welander G, Carrero JJ, et al. Surgical versus endovascular intervention for vascular access thrombosis: a nationwide observational cohort study[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2022, 37(9): 1742-1750. DOI: 10.1093/ndt/gfac036.
- [56] Maleux G, De Coster B, Laenen A, et al. Percutaneous rheolytic thrombectomy of thrombosed autogenous dialysis fistulas: technical results, clinical outcome, and factors influencing patency[J]. *J Endovasc Ther*, 2015, 22(1): 80-86. DOI: 10.1177/1526602814566378.
- [57] Zhou Y, Li W, Chen B, et al. Clinical outcomes of indwelling needle-delivered urokinase thrombolysis in the treatment of thrombosed arteriovenous grafts[J]. *J Vasc Access*, 2023: 11297298231191368. DOI: 10.1177/11297298231191368.
- [58] Drouven JW, de Bruin C, van Roon AM, et al. Outcomes after endovascular mechanical thrombectomy in occluded vascular access used for dialysis purposes[J]. *Catheter*

- Cardiovasc Interv, 2020, 95(4): 758-764. DOI: 10.1002/ccd.28730.
- [59] Fonseca AV, Toledo Barros MG, Baptista-Silva JC, et al. Interventions for thrombosed haemodialysis arteriovenous fistulas and grafts[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2024, 2(2): CD013293. DOI: 10.1002/14651858.CD013293.pub2.
- [60] Kasirajan K, Gray B, Beavers FP, et al. Rheolytic thrombectomy in the management of acute and subacute limb-threatening ischemia[J]. J Vasc Interv Radiol, 2001, 12(4): 413-421. DOI: 10.1016/s1051-0443(07)61878-8.
- [61] Yang CC, Yang CW, Wen SC, et al. Comparisons of clinical outcomes for thrombectomy devices with different mechanisms in hemodialysis arteriovenous fistulas[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2012, 80(6): 1035-1041. DOI: 10.1002/ccd.24408.
- [62] 张岚, 杨硕菲. 血透通路血栓形成腔内治疗的现状和挑战[J]. 中华血管外科杂志, 2022, 7(4): 225-228. DOI: 10.3760/cma.j.cn101411-20221127-00105.
- [63] Nikol S, Huehns TY, Höfling B. Molecular biology and post-angioplasty restenosis[J]. Atherosclerosis, 1996, 123(1-2): 17-31. DOI: 10.1016/0021-9150(96)05807-8.
- [64] Roy-Chaudhury P, Sukhatme VP, Cheung AK. Hemodialysis vascular access dysfunction: a cellular and molecular viewpoint[J]. J Am Soc Nephrol, 2006, 17(4): 1112-1127. DOI: 10.1681/ASN.2005050615.
- [65] Hatakeyama S, Toikawa T, Okamoto A, et al. Efficacy of SMART stent placement for salvage angioplasty in hemodialysis patients with recurrent vascular access stenosis[J]. Int J Nephrol, 2011, 2011: 464735. DOI: 10.4061/2011/464735.
- [66] Vesely TM, Amin MZ, Pilgram T. Use of stents and stent grafts to salvage angioplasty failures in patients with hemodialysis grafts[J]. Semin Dial, 2008, 21(1): 100-104. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2007.00326.x.
- [67] Vogel PM, Parise C. Comparison of SMART stent placement for arteriovenous graft salvage versus successful graft PTA[J]. J Vasc Interv Radiol, 2005, 16(12): 1619-1626. DOI: 10.1097/01.RVI.0000179792.23867.01.
- [68] Dolmatch B, Waheed U, Balamuthusamy S, et al. Prospective, multicenter clinical study of the covered vascular covered stent in the treatment of stenosis at the graft-vein anastomosis of dysfunctional hemodialysis access grafts[J]. J Vasc Interv Radiol, 2022, 33(5): 479-488.e3. DOI: 10.1016/j.jvir.2022.02.008.
- [69] 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.
- [70] 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.
- [71] 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.
- [72] Wish JB, Moe SM. Moving beyond the assumed: improving fistula success rates[J]. J Am Soc Nephrol, 2017, 28(10): 2827-2829. DOI: 10.1681/ASN.2017060663.
- [73] Kanchanasuttirak P, Pitaksantayothin W, Saengprakai W, et al. Systematic review and meta-analysis: efficacy and safety of balloon angioplasty in salvaging non-matured arteriovenous fistulas[J]. J Vasc Access, 2023, 24(6): 1244-1252. DOI: 10.1177/11297298221085440.
- [74] 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.
- [75] 田然, 谭正力, 陈欣, 等. 血液透析通路头静脉弓狭窄病变特点及其治疗的研究[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2021, 13(4): 346-349. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2021.04.015.
- [76] 中国医院协会血液净化中心分会血管通路工作组. 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.
- [77] D'cruz RT, Leong SW, Syn N, et al. Endovascular treatment of cephalic arch stenosis in brachiocephalic arteriovenous fistulas: a systematic review and meta-analysis[J]. J Vasc Access, 2019, 20(4): 345-355. DOI: 10.1177/1129729818814466.
- [78] Beathard GA, Jennings WC, Wasse H, et al. ASDIN white paper: management of cephalic arch stenosis endorsed by the American Society of Diagnostic and Interventional Nephrology[J]. J Vasc Access, 2023, 24(3): 358-369. DOI: 10.1177/11297298211033519.
- [79] Basile C, Lomonte C, Vernaglione L, et al. The relationship between the flow of arteriovenous fistula and cardiac output in haemodialysis patients[J]. Nephrol Dial Transplant, 2008, 23(1): 282-287. DOI: 10.1093/ndt/gfm549.
- [80] Miller GA, Goel N, Friedman A, et al. The MILLER banding procedure is an effective method for treating dialysis-associated steal syndrome[J]. Kidney Int, 2010, 77(4): 359-366. DOI: 10.1038/ki.2009.461.
- [81] 赖艳红, 杨涛, 王玉柱. 血液透析通路引起的肢体远端缺血征的诊治研究进展[J]. 中华肾脏病杂志, 2017, 33(1): 73-76. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-7097.2017.01.015.
- [82] Wang Y, Li J, Liu W, et al. An ultrasound-guided no incision banding method for the treatment of arteriovenous fistula high-flow in hemodialysis[J]. Ren Fail, 2023, 45(1): 2222853. DOI: 10.1080/0886022X.2023.2222853.