

动静脉内瘘超声引导经皮腔内血管成形术规范化操作流程 专家共识(第1版)

中国医院协会血液净化中心分会血管通路专业组

【摘要】狭窄、闭塞是动静脉内瘘最常见的并发症,经皮腔内血管成形术是该并发症的一线治疗方法。近年来,超声引导经皮腔内血管成形术在我国逐渐开展,但目前各医院治疗理念与技术操作不统一,有些医生细节掌握不到位、器材应用欠规范,因此治疗效果欠理想,手术相关并发症发生率较高;与此同时,尚有很多医院有开展此技术的需求。鉴于此,本专家共识由中国医院协会血液净化中心分会血管通路专业组组成编写委员会,结合循证医学证据及临床实践经验,系统介绍了动静脉内瘘超声引导经皮腔内血管成形术的规范化操作流程。希望在本共识指导下,我国动静脉内瘘超声引导经皮腔内血管成形术能够进一步普及、规范并提高,造福广大血液透析患者。

【关键词】动静脉内瘘;经皮腔内血管成形术;超声

中图分类号:R318.16 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1671-4091.2024.12.001

Expert consensus on standardized operating procedures of ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty of arteriovenous access *The Working Group on Vascular Access Blood Purification Center Branch of Chinese Hospital Association*

Corresponding author: WANG Yu-zhu, Email: wyz4417@126.com

【Abstract】Stenosis and occlusion are common complications of arteriovenous access, and percutaneous transluminal angioplasty is the first-line treatment for these complication. In recent years, ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty is gradually being developed in China. However, there is currently a lack of uniformity in treatment concepts and technical operations among various units. Some doctors may not grasp the details properly, or use equipment in a standardized way, which may result in unsatisfactory treatment outcomes and a higher incidence of procedure-related complications. Meanwhile, there are still many units in need of adopting this technology. Given these issues, this expert consensus compiled by the Vascular Access Expert Committee of the Blood Purification Center Branch of the Chinese Hospital Association, combined evidence-based medicine and clinical practice experience, systematically introduced the standardized operation procedures for ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty of arteriovenous access. The aim of this consensus is to promote, standardize, and improve the performance of ultrasound-guided arteriovenous access percutaneous transluminal angioplasty, benefiting hemodialysis patients in our country.

【Key words】Arteriovenous access; Percutaneous transluminal angioplasty; Ultrasound

第1章 共识的适用人群及制定方法

本共识的适用人群为终末期肾病合并动静脉内瘘狭窄、闭塞的人群。

证据评价:本共识推荐意见采用建议强度和证据质量等级相结合的方法,分级标准见表1。

推荐意见采用专家一致性原则,组织德尔菲法

调查和多轮讨论达成对推荐意见的共识。参与投票的专家若超过2/3同意该条推荐意见,则达成共识。对于未达成共识的推荐意见,根据专家意见进行修改后再次进行专家投票,直到达成共识。达成共识的推荐意见交由外部评审专家组进行独立评审。工作组记录评审结果,并根据这些结果,修改完善推荐意见的内容。工作组在征得共识编写委员会2/3成员同意的情况下,可对推荐意见存在的重要问题进行修订和完善。

本共识经批准、发布和发表后,将按计划传播、

表1 推荐强度分级

推荐强度的分级	强度	用词
1级	强	“推荐… 应该”
2级	弱	“建议… 可以”

作者单位:中国医院协会血液净化中心分会

通讯作者:王玉柱 100080 北京,北京市海淀区医院(北京大学第三医院海淀区区)肾内科 Email:wyz4417@126.com

实施、评价和定期更新。临床医师应用时应考虑患者个体化需求,并评估这些建议的适当性。

第2章 推荐意见

动静脉内瘘包括自体动静脉内瘘(arteriovenous fistula, AVF)和移植物动静脉内瘘(arteriovenous graft, AVG),是目前首选的永久性血管通路。狭窄、闭塞是其最常见的并发症,严重影响患者透析效果及生命质量。多个国家指南及专家共识^[1-4]均推荐经皮腔内血管成形术(percutaneous transluminal angioplasty, PTA)可以作为该并发症的一线治疗。传统PTA在放射引导下进行,需特殊设备及场地,所需对比剂使患者面临过敏及残余肾功能损害风险,治疗过程中患者受X线辐射,推广与普及受一定限制。由于动静脉内瘘绝大多数位于外周,位置表浅,超声下其组织结构与介入器材回声对比良好,为动静脉内瘘并发症超声引导PTA(以下简称“超声PTA”)提供了可行性。近年来,我国超声PTA越来越多应用于动静脉内瘘狭窄、闭塞的处理。但目前各医院治疗理念与技术操作不统一,有些医生细节掌握不到位、器材应用欠规范,因此治疗效果欠理想,手术相关并发症发生率也较高;与此同时,尚有很多医院有开展此技术的需求。鉴于此,我国从事血液净化血管通路领域的专家牵头组织总结临床实践经验,并参考国内外多个组织和学会的指南或共识及文献,经充分准备并反复讨论,起草了本共识。本共识尤其注重操作实践及操作流程规范性,以期最大限度保证操作有效性及安全性,在内容上尽量系统全面,包括动静脉内瘘超声PTA场地设备及资质要求、PTA指征、手术前评估、超声操作技巧、导丝及球囊的种类和特点、PTA操作流程及技术要点、治疗终点确定、围手术期并发症处理、档案建立等,旨在为我国动静脉内瘘超声PTA的规范化开展提供参考。

1 环境、设备及人员资质

我们推荐超声PTA环境应该参照国家标准的医院消毒卫生标准和消毒管理要求,超声设备应该满足进行血管检查的基本条件,人员需经过相关培训并具备一定工作经验。

实践要点1.1:我们推荐超声PTA环境应该至少符合医院消毒卫生标准(GB15982-2012),II类环境标准,并按照标准强化消毒管理,手术间及无菌物品库房调节湿度为50%~60%,温度18~22℃。

实践要点1.2:我们推荐应用于超声PTA的超声设备应该同时具备二级灰阶模式、彩色及频谱多普勒模式,并应该配备高频线阵探头。

实践要点1.3:我们建议超声PTA手术者应满足:①执业范围为内科、外科、儿科或其他与开展外周超声介入诊疗技术相适应的临床专业;②有3年以上相关临床专业诊疗工作经验,具有主治医师及以上专业技术职务任职资格;③经过相关系统培训。

PTA为腔内微创操作,近年来有多项研究显示动静脉内瘘超声PTA可以作为门诊操作^[5,6],鉴于尚有AVG相关操作,为避免感染,参考医院消毒标准,超声PTA环境应该至少符合医院消毒卫生标准(GB15982-2012),II类环境标准,并按照标准强化消毒管理^[7]。

超声引导下血管穿刺的国际循证建议^[8]中指出高频探头具有更高的图像分辨率,适用于表浅血管,而动静脉内瘘绝大多数位置比较表浅,进行超声PTA需要对动静脉内瘘结构进行观察、测量及综合评估,以便能够清晰显示血管结构并进行血流参数测定^[9]。因此,超声设备应该同时具备二级灰阶模式、彩色及频谱多普勒模式(预置血流量测量模块)并配备高频线阵探头。

超声PTA手术是一项高度专业化的介入治疗技术,需要操作者具备扎实的医学基础知识和丰富的临床经验,以及独立处理复杂病例的能力。因此需要操作者从事外周超声介入诊疗相关工作,在相关领域接受系统的培训,掌握手术操作的标准化流程和技术要点,以确保操作者能够在临床实践中安全、有效地实施手术^[10]。

2 动静脉内瘘超声PTA指征

我们推荐进行动静脉内瘘超声PTA手术前应个体化评估适应证及禁忌证,以避免不必要的操作及风险。

实践要点2.1:我们推荐超声PTA的适应证为局部狭窄率超过附近正常血管管径的50%并伴以下情况:内瘘自然血流量下降(AVF<500 ml/min,AVG<600 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;内瘘物理检查异常等。

实践要点2.2:我们建议超声PTA的相对禁忌证为:心力衰竭、低血压或血流动力学不稳定;合并感染或内瘘局部皮肤溃烂;严重凝血功能异常或有明显出血倾向;内瘘外科手术后30天内;存在需要治疗的中心静脉病变;严重钙化病变;患者不能配合;合并其他严重临床疾病不适宜行PTA。

狭窄可能引起动静脉内瘘成熟不良或功能障碍,导致血液透析充分性下降、血栓形成甚至血管通路废弃。理论上对于狭窄干预应有助于改善血管通

路预后,但有研究显示对于不伴有临床症状的狭窄预防性血管成形术并无额外获益。费森尤斯北美医疗中心的1项观察性研究($n=35\ 716$)对比了行或不进行PTA对于预防AVF/AVG功能不良的影响,AVF患者以血管通路血流量 $<400\text{ ml/min}$ 或变化 $>30\%$,AVG患者以血管通路血流量 $<600\text{ ml/min}$ 为干预指征,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% $CI:0.98\sim 1.15$)、血栓形成率(0.86%比0.03%;归因危险增加0.83%,95% $CI:0.56\sim 1.12$)方面均未见差异^[11]。在另1项RCT中($n=58$),AVF患者以出现临床监测及物理检查异常为干预指征,即观察组出现亚临床狭窄(狭窄 $>50\%$,但血管通路血流量 $>500\text{ ml/min}$ 伴物理检查异常或血管通路血流量 $<900\text{ ml/min}$ 伴静态静脉压升高时给予预防性干预),对照组出现功能不良(临床异常或血管通路血流量 $<400\text{ ml/min}$)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%, $P<0.05$)^[12]。2组间中心静脉导管使用及导管相关并发症未见差异。对于AVG患者:有RCT($n=64$)研究对比了预防性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 ≥ 0.4 的患者随机分为2组:1组进行预防性PTA,1组当出现AVG功能不良或血栓形成时给予干预,随访3.5年,结果显示2组死亡率分别为19%和13%,AVG废弃率均为44%,且2组废弃时间无差异。干预组血栓形成率低于对照组(44%比72%),2组其他事件方面未见差异^[13]。Chan KE等($n=35\ 716$)^[11]应用费森尤斯北美医疗中心的数据进行的观察性研究中,对于AVG,随访1年,比较预先PTA干预是否有益,结果显示:主要终点事件:累积通畅率未见差别(51.7/100通路年比52.7/100通路年; $HR=0.95$,95% $CI:0.86\sim 1.05$);血栓形成率未见差别。因此本专家组借鉴美国国家肾脏基金会(National Kidney Foundation, NKF)制订的肾脏病预后质量指南K/DOQI(Kidney Disease Outcome Quality Initiative)及其他证据^[2,14-19],并结合我国相关文献^[1],不建议对不伴有血流动力学异常的狭窄进行干预。

动静脉内瘘超声PTA没有绝对禁忌证,由于扩张后往往伴随回心血量增加,因此心力衰竭、低血压或血流动力学不稳暂不适宜行PTA手术;合并感染或内瘘皮肤溃烂可能导致感染播散及皮肤愈合不良;严重凝血异常或明显出血倾向将增加PTA过程中血管破裂等并发症发生风险;严重钙化病变超声

显示不清;合并的中心静脉病变应该在放射引导下进行;内瘘外科手术30天内行PTA治疗可能导致外科切口破裂。

3 动静脉内瘘超声PTA手术前评估

我们推荐动静脉内瘘超声PTA前患者应该接受全面系统的评估,包括病史询问、物理检查及影像学检查,排查可能存在的合并症类型及严重程度。

实践要点3.1:我们推荐通过病史询问、物理检查对患者进行手术前评估。

实践要点3.2:我们推荐手术前对患者进行透析效率评估。

实践要点3.3:我们推荐必要的影像学检查如超声、CT三维血管成像或血管造影对内瘘进行手术前评估。

动静脉内瘘超声PTA前对患者全面系统的评估有助于提高手术的成功率,节约手术时间,并降低局部及全身并发症风险。

患者评估:包括询问病史及物理检查。手术前了解患者血管通路建立及维护病史(包括既往PTA史及具体方案,通畅时间等)、相关症状以及血管通路使用情况(如血流量、静脉压等),同时要了解患者其他症状,尤其是心血管系统症状。血管通路建立及维护病史的了解有助于选择合适的手术方案及合适的手术器械。动静脉内瘘PTA有可能伴随内瘘流量的增加、回心血量增加,因此需要对心血管系统进行评估^[20]。物理检查指通过视诊、触诊、听诊、搏动增强试验、举臂试验等进行初步判断。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^[21-23]。

透析效率评估:透析再循环率升高($>10\%$)且导致透析不充分者^[24]需要警惕是否与血管通路功能不良相关。

影像学评估:利用超声、CT三维血管成像或血管造影对内瘘进行评估,可分为流入道(供血动脉、吻合口、吻合口至动脉穿刺区上游)、瘘体(动脉穿刺区至静脉穿刺区)、流出道(广义流出道指静脉穿刺区下游至右心房)三部分,由于中心静脉有其特殊的解剖学特征和流体力学特征,所以本共识所指的流出道不包括中心静脉。超声、CT三维血管成像、血管造影是目前广泛用于动静脉内瘘评估的影像检查^[25]。

4 超声操作技巧

实践要点4.1:动静脉内瘘超声PTA的超声操作者可以为手术者兼任,也可以为独立的超声操作者,我们推荐应该选择手术者熟悉的模式。

实践要点4.2:我们建议超声操作者具备动静脉

脉内瘘超声PTA相关的超声知识技能。

实践要点4.3:我们建议超声操作者具备动静脉内瘘超声PTA相关的超声操作技巧。

动静脉内瘘超声PTA的超声操作者有2种,可酌情选择。第1种手术者兼任超声操作者:即手术医生同时为超声的操作者,其需要一手控制超声探头,另一手控制介入器材,优点是超声监视和介入操作之间的配合度较好。另1种为独立的超声操作者:即由专门的人员负责超声操作,优点是手术医生可以双手进行介入操作,但需要2人良好的配合。

超声操作者应具备动静脉内瘘超声PTA相关的超声知识技能,以便在手术前、手术后评估及手术中实时引导、手术后并发症识别及处理中进行快速判断。具体如下:①了解血管通路的基本结构以及血流动力学特点。②了解超声显像的基本原理,熟练掌握超声仪器的基本操作和调整,可以进行相关的测量和计算。③熟悉血管通路常见组织结构、病变以及介入器材在超声中的显像特征,能够识别超声中的常见伪像(比如部分容积效应、混响伪像、镜面伪像、侧方失落效应等)。④经过一定的超声介入训练,做到超声操作、图像识读、器材操作、进程判定的协调统一。

超声操作者应具备一定的超声操作技巧^[26]。具体如下:①选择合适的血管超声模式,调节合适的频率、深度、焦点和增益,尽可能清晰地显示血管通路结构,尤其是靶病变结构。②治疗操作开始前应对血管通路进行完整的超声评估,尤其需对靶病变进行仔细观察,包括二维超声(纵切面与横切面)与彩色多普勒超声,了解病变内径、迂曲度、内壁崎岖度、有无瓣状阻隔等。③PTA手术中超声主要采用血管纵切面扫查,尽可能使目标血管及其周围血管更多地进入扫查平面。除了从血管正上方进行扫查,可灵活地平移探头进行偏离直径平面的扫查以及从血管侧方进行纵切面扫查,以获得对介入操作最有利的图像。④在介入操作时,超声实时引导操控导丝、球囊导管等器材到达或通过相应结构,手术中器材行进时,应随时调整超声切面,一方面显示目前血管结构,一方面寻找器材回声,分析两者的关系,进行介入操作。⑤手术中灵活运用多普勒超声协助判定复杂特殊情况。彩色多普勒可以协助判定血流是否瘀滞或加速、扭曲血管的走行、狭窄的开口等,脉冲多普勒可以通过血流速度测定鉴别低速血流和血栓、协助狭窄判别。⑥评估PTA疗效时需要进行超声内瘘血流量测定,测量时选择走行较直、显像清晰的部位,显示血管的最大切面,尽可能减小超声

入射方向与血管走行之间的角度,取样容积基本涵盖整个血管腔,多普勒角度应小于 60° 且尽可能小,精确测量血管内径,采用平均流速进行血流量计算。

5 导丝的种类与特点

实践要点5.1:我们建议使用扭矩传递、支撑力、柔顺性、跟踪性、触觉反馈等描述导引导丝的性能。

实践要点5.2:我们建议动静脉内瘘超声PTA手术者熟悉导引导丝的种类与特点,便于手术中选择合适的导引导丝。

导丝是一大类医疗器械的统称,包括微导丝、导引导丝、肾动脉导丝和造影导丝等,本节导丝指导引导丝。

5.1 导丝的常用性能参数

5.1.1 扭矩传递 从导丝近端到导丝尖端传递扭矩的能力。

5.1.2 支撑力 垂直于导丝用力使导丝发生弯曲的力。

5.1.3 柔顺性 导丝顺应自然血管弯曲程度变化的能力。

5.1.4 跟踪性 导丝体部随着头端的弯曲而弯曲的能力。

5.1.5 触觉反馈 从导丝近端感受导丝尖端接触物体及对物体性状的反馈。

5.1.6 通过性 导丝通过病变部位的能力。

5.2 导丝的种类与特点

导丝外径习惯上以英寸(inch, in)计,动静脉内瘘超声PTA常用的导引导丝外径为0.018 in及0.035 in。①根据导引导丝头端塑形段的初始形态,分为“J”型头端导丝、直型头端导丝、成角头端导丝。②根据导引导丝涂层结构的有无,分为无涂层导丝、亲水涂层导丝、疏水涂层导丝。③根据导引导丝的支撑力强度,分为普通导丝、加硬导丝、超硬导丝。

超声PTA手术中导丝顺利到达靶血管并通过病变是实施血管成形的必要前提。导丝的结构设计、材料不同,性能各异,手术者需要熟悉导丝的结构设计及材料有助于掌握不同类型导丝的性能、种类,进而可根据病变特点酌情选择合适的导丝^[27]。

6 球囊的种类与特点

实践要点6.1:我们建议使用跟踪性、通过性、柔顺性、顺应性、锚定性、回抱性、抗刺破性等描述球囊的属性。

实践要点6.2:我们推荐动静脉内瘘超声PTA手术者应熟悉球囊的种类与特点以便于选择合适的球囊。

在开展PTA时,球囊的选择决定了靶病变治疗

的结局,了解球囊种类和特点,根据不同的病变应用合适的球囊是PTA治疗成功的关键。

6.1 球囊的属性

6.1.1 球囊的基本概念描述 ①标称压/命名压:指充盈球囊到标签标识的直径所需要的压力。②额定爆破压:99%的球囊在此压力下充盈不会破裂,可信区间95%。③平均爆破压:按统计学原理50%的球囊会破裂的压力。

6.1.2 跟踪性 指球囊跟踪导丝推行的能力,跟踪性越好,通过迂曲病变能力越强。

6.1.3 通过性 指球囊通过病变的能力,与球囊尖端外廓的设计、长度,以及导丝与球囊推送杆的匹配有关。

6.1.4 柔顺性 指球囊充盈后的形变能力,柔顺性越好,球囊在扩张充盈后的形变能力越强。

6.1.5 顺应性 指球囊在充盈过程中随着充盈压力增加,球囊外径变化的比例改变属性。通常用于动静脉内瘘超声PTA的球囊包括半顺应性、非顺应性、超强非顺应性的球囊。

6.1.6 锚定性 指球囊充盈时,静态固定于目标区域的能力。锚定性差,在扩张时容易出现“挤西瓜子效应”。

6.1.7 回抱性 指球囊泄压后回复至未扩张时形态的能力。

6.1.8 抗刺破性 指球囊在坚硬病变处充盈时抗破裂的能力,与球囊材质及工艺有关。

6.2 球囊的种类与特点

6.2.1 传统球囊 动静脉内瘘PTA时,通常需要较高的球囊充盈压力来纠正靶病变^[28],所以传统球囊建议选择非顺应性(高压球囊)、超强非顺应性球囊(超高压球囊)来治疗,一般认为爆破压大于20 atm为高压球囊,大于30 atm为超高压球囊。对于直段病变,首选非顺应性高的球囊,如果是抵抗性狭窄,适合选用超强非顺应性球囊。对于迂曲病变、转弯病变,首选柔顺性、跟踪性好的球囊,便于球囊推送至靶病变,减少球囊充盈时对非病变段血管的损伤。对于闭塞性病变,首选通过性好的球囊,一般建议先用小尺寸球囊预扩张,避免血管撕裂。对于钙化病变、支架相关病变,首选抗刺破性高的球囊。对于长段病变,首选锚定性好的球囊。对于串联性病变,球囊需要反复进出导管鞘,建议考虑球囊的回抱性或者增加导管鞘尺寸。

6.2.2 特殊球囊 近年来,一些特殊球囊,如药物涂层球囊、压力聚焦型球囊、约束型球囊、冷冻球囊、冲击波球囊等陆续出现,旨在改善外周血管狭窄预

扩张的效果,提高手术即刻成功率,提供更好的远期预后^[29-35]。①压力聚焦型球囊:如切割球囊、双导丝/三导丝球囊、棘突球囊、定向刻痕球囊、锯齿球囊等。通过球囊表面部件,增加球囊表面局部压强达到均等、定向撕裂内膜的目的,减少偏心性撕裂,达到更好的远期通畅率。②约束型球囊:在球囊的外表面加了一层约束性结构,球囊在约束下可控、均匀和微创的扩张。③药物涂层球囊:球囊表面附着紫杉醇/雷帕霉素等药物,在球囊扩张时药物与内膜细胞接触并附着,从而抑制内膜增生。目前大部分药物涂层球囊治疗前需做血管扩张准备。④其他特殊球囊:高压刻痕药涂球囊、三通造影导管球囊也为动静脉内瘘超声PTA提供了更多的选择。

7 动静脉内瘘超声PTA操作流程及技术要点

实践要点7.1:我们建议动静脉内瘘超声PTA手术前完善必要的实验室检查、内瘘的超声扫描及物理检查,针对病变进行器材及用物准备,并完善手术相关核查。

实践要点7.2:我们建议动静脉内瘘超声PTA消毒范围保障足够的操作空间。

实践要点7.3:我们推荐动静脉内瘘超声PTA麻醉方式应该选择局部浸润麻醉或区域神经阻滞或者两者组合,应该超声实时引导下进行。

实践要点7.4:我们建议动静脉内瘘超声PTA入路建立依据狭窄的部位及局部解剖学特点确定,可以全程超声实时引导。

实践要点7.5:我们建议动静脉内瘘超声PTA手术中可以给予普通肝素抗凝。

实践要点7.6:我们建议动静脉内瘘超声PTA手术中可以依据不同病变部位、性质选择合适的导丝及手术技巧,以顺利通过病变。

实践要点7.7:我们建议动静脉内瘘超声PTA手术中可以选择传统球囊或特殊球囊进行血管成形术。

实践要点7.8:我们建议进行效果评估时,尽可能保留导丝。

实践要点7.9:我们建议拔除导管鞘时进行缝合止血。

超声PTA手术前结合视诊、触诊、听诊及举臂试验、搏动增强试验等对动静脉内瘘再次进行物理检查(同手术前评估部分);完善实验室检查包括:血常规、肝肾功能、电解质、凝血功能、手术前传染性疾病预防筛查(如乙型病毒性肝炎、丙型病毒性肝炎、梅毒、艾滋病等)及内瘘超声扫描^[13]。手术前需要对器材及用物进行准备,如必备器材包括彩色多普勒超声仪、无菌超声保护套、导丝、球囊、与球囊匹配的导管鞘

套装以及球囊扩张压力泵;选用器材包括血管内造影导管等。此外还需要完善手术相关核查,包括对患者身份、手术部位、手术方式、知情同意书、静脉通道建立、手术前传染性疾病预防筛查等内容。

超声PTA前对患者拟手术部位进行常规消毒。专家讨论建议消毒范围:上肢通常自指端至手术侧肢体前胸壁正中线;铺无菌巾建立无菌屏障,以保障足够的操作空间。

超声PTA通常手术时间短、创伤小、手术并发症相对少,因此采用简单、起效快、手术中麻醉平稳充分、恢复迅速、残余作用少的麻醉方式更为适宜,轻中度镇静镇痛是理想的麻醉方案。在各种麻醉方式中,局部浸润麻醉和区域神经阻滞或者两者组合是较好的选择。建议超声实时引导进行^[36]。对于疑难病例或特殊人群如儿童、精神异常无法配合者,可以选择全身麻醉,但麻醉前需要充分评估风险与获益。

超声PTA手术中入路选择需要依据狭窄的部位及局部解剖学特点,可以选择正向、逆向或双向,原则上选择方便操作、利于病变通过、易于穿刺、治疗结束后拔出顺利的入路。常见的入路部位包括:回流静脉、远端桡动脉、吻合口、肱动脉。在保证可以顺利通过病变的前提下,优选回流静脉穿刺区作为入路;对于复杂病变如合并流入动脉“足跟”病变者可考虑动脉入路、吻合口入路或多入路联合^[37]。专家讨论建议选择好入路部位后可以在超声实时引导下穿刺并采用改良Seldinger技术置入导管鞘,置入过程建议全程超声实时引导。

超声PTA手术中抗凝建议选择普通肝素,可以根据患者情况制定个体化抗凝方案。

导丝顺利到达靶血管并通过病变是实施PTA的前提。不同部位、不同性质的病变有不同的通过技巧。对于回流静脉而言,其病变性质包括增生性、钙化性、瓣膜及隔膜等。增生性病变大部分存在渐变的过渡,此时正确选择通过方向、持续随机扭控导丝,使导丝头端旋转前进可便于通过。对于较轻的钙化病变,通过病变时,需要超声精准定位病变切面并精准操控导丝方能通过病变。对于严重钙化病变导丝通过困难时,建议选择放射引导。瓣膜病变顺血流方向容易通过,反复尝试仍然无法通过时可应用穿刺针直接穿刺通过病变。隔膜病变可应用穿刺针直接穿刺通过。任何性质的病变都可导致闭塞,开通闭塞病变时,需要超声实时引导正确的方向,利用导管鞘、导管或球囊等为导丝提供足够的支撑,可选用扭矩传递好、穿越性强、并触觉反馈良好的慢性完全性闭塞病变(chronic total occlusion, CTO)

导丝,扭控开通病变。也可尝试穿刺针锐性开通或内膜下技术。对于吻合口区域(包括吻合口、“足跟”、“足尖”)病变:不同吻合方式、吻合口形态,导丝通过的难度有所不同,以端侧吻合的“足跟”病变难度最大,需要超声精准定位病变切面,可选用柔顺性、跟踪性较好的导丝精准扭控通过病变部位。具体可尝试以下方法:导丝导管配合、导丝成襻技术、远端动脉阻挡等,此外还可尝试直接穿刺吻合口→足跟→动脉、联合肘部动脉建立双入路(经肘部动脉的穿刺针进入导丝,通过“足跟”病变后导丝由静脉入路导管鞘穿出体外)、穿刺吻合口远端动脉等^[34]。

超声PTA球囊扩张血管成形中可应用传统球囊(高压球囊、超高压球囊)及特殊球囊。球囊直径需根据束臂后与狭窄血管相邻的正常血管的内径来决定,建议选择大于正常血管内径20%~30%的球囊(通常直径为4 mm~7 mm)^[1, 37, 38],可根据患者既往治疗情况及术者经验酌情调整,应用切割球囊或治疗动脉病变时谨慎选择球囊直径;球囊长度可根据病变长度进行选择,如应用药物涂层球囊需充分覆盖血管损伤部位并建议超出5 mm。研究显示对于病变长度>2 cm者,切割球囊作为一线治疗可提高其手术后初级通畅^[29, 30]。近期多项研究^[31-33]提示药物涂层球囊在AVF狭窄的治疗中显示出良好的应用前景。目前证据显示:对于采用高压球囊PTA治疗达到技术成功但快速出现再狭窄的患者,应用药物涂层球囊可能会有更多获益^[39]。目前研究缺乏超过2年随访数据,需要继续关注长期效果。

对于完全闭塞病变、迂曲或C型跨越吻合口等病变可选用支撑力较强的导丝引导球囊到达病变。使用压力泵加压时,需观察狭窄变化以控制扩张速度,直至球囊切迹完全消失。参照球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,建议狭窄切迹消失后球囊贴壁时间维持30~60秒。当存在多处狭窄时需综合考虑狭窄、血管损伤程度及球囊通过性等因素确定狭窄处理先后顺序。选择药物涂层球囊时大多数需要给予充分的预扩张^[40, 41],再进行药物涂层球囊贴壁,贴壁维持至少120~180秒^[42, 43]。

PTA结束后保留导丝,将球囊导管撤回导管鞘内,结合物理检查及超声检查血管内径、肱动脉血流量、阻力指数进行效果评估。

评估到达治疗终点对于入路部位点压迫止血及缝合止血均可,专家讨论建议缝合止血;超声扫描确定导管鞘血管入口,8字缝合或荷包缝合皮下隧道,再次超声检查确认局部无出血迹象后给予适度加压

包扎。

8 治疗终点确定

我们建议动静脉内瘘超声PTA治疗终点建立在治疗目标是否实现及手术中并发症是否妥善处理。

实践要点8.1:我们推荐动静脉内瘘超声PTA治疗目标应该解剖学标准、临床标准和血流动力学标准3个方面均达标。

实践要点8.2:我们推荐动静脉内瘘超声PTA并发症,包括操作相关并发症及全身并发症,均应给予妥善处理。

实践要点8.3:我们建议动静脉内瘘超声PTA需要达到治疗目标,同时妥善处理相关并发症。

治疗目标主要在手术前通过全面评估内瘘情况来确定,手术中可根据实际情况再次明确和修正治疗目标。治疗目标既包括明确主要病变,也包括针对该病变计划达到的治疗目标。多部位病变中,特别要注意明确主要病变,不要遗漏。一般情况下,PTA的治疗目标要在解剖学标准、临床标准和血流动力学标准3个方面均达标^[41]。解剖学标准要求治疗后主要病变的残余狭窄 $<30\%$ 。因为有研究发现任何程度的残余狭窄都预示着更低的手术后初级通畅率^[38,41]。临床标准要求手术前异常的体格检查消失或明显改善,内瘘可触及持续、柔和的震颤,伴有轻柔、可压迫的搏动。血流动力学标准要求手术前异常的血流动力学指标恢复正常,比如处方血流量、动脉压、静脉压指标恢复正常。但这些指标在手术中无法获取,可考虑使用超声测量的血流动力学参数代替,如肱动脉血流量较手术前明显提升或达到正常(AVF >500 ml/min, AVG >600 ml/min),肱动脉阻力指数较手术前明显下降等。

弹性回缩,即病变可以被球囊完全扩张但短时间内复发,严重影响PTA治疗效果。弹性回缩对治疗目标的判定造成了很大困难。考虑到大多数弹性回缩发生在球囊扩张后的5分钟内^[45],因此在手术中评估各项参数时可在球囊扩张结束5分钟后进行。

手术中并发症既包括全身并发症,也包括操作相关并发症。全身并发症包括严重心律失常、急性心力衰竭等威胁手术安全的并发症以及患者的明显不适感等。操作相关并发症包括器械缺陷、血管损伤、穿刺点出血、感染风险等。进行PTA操作时,既要追求治疗目标的实现,也要兼顾并发症的预防和应对,但应以保障患者安全为前提条件。如果存在操作相关并发症,应在妥善处理后再终结手术。

当出现以下几种情况时可能预示着PTA失败,要考虑其他方案:①严重的血管破裂,球囊低压反复贴合

无效;②严重的血管内膜损伤反复球囊扩张无改善。

9 手术中并发症及处理

我们建议妥善处理手术中并发症。

实践要点9.1:我们建议依据血管损伤程度采取相应措施处理动静脉内瘘超声PTA过程中血管损伤。

实践要点9.2:我们建议对于动静脉内瘘PTA手术中血栓可以采取多种措施进行处理以尽快恢复血流,并追加抗凝药物。

实践要点9.3:我们建议准确判断动静脉内瘘PTA手术中痉挛,痉挛严重者可采用局部按摩、短时阻断下游血管、应用扩血管药物等措施予以纠正。

手术中并发症如不能及时发现并进行恰当处理可能影响治疗效果,严重时可能导致通路废弃。

9.1 血管损伤

PTA会造成血管内膜断裂、血管壁撕裂等病理状况,多数不会导致有意义的临床表现,但严重时会出现血肿或假性动脉瘤形成。根据严重程度,血肿被分为3级^[38]:1级损伤,特点是病变稳定、非进展性且不影响通路血流。可表现为皮下瘀斑、轻度疼痛,一般无需特殊处理。2级损伤,特点是稳定,但影响血管通路血流量,主要是撕裂的内膜或损伤的血管壁成分进入血管腔内,阻挡了通路血流。一般球囊低压贴合2~3分钟可恢复管腔血流,在球囊低压贴合时应控制内瘘流量。3级损伤,血肿大且持续进展,伴有搏动。一旦发生可先使用球囊低压贴合阻断血流,若重复多次无效,则需考虑支架植入或外科修复。需要注意的是PTA操作撤出球囊时应保留导丝,在确认不需要进一步干预后才能撤出导丝,以保留处理血管损伤等并发症的机会。

9.2 血栓形成

PTA手术中并发血栓形成并不常见,多因手术时间过长引起。此外,手术中血管损伤、抗凝剂量不足、高凝状态、血流阻断时间过长等也是相关因素^[46]。血栓多见于球囊扩张后血管损伤部位及入路建立部位,有时与损伤的内膜难以区分。PTA手术中出现血栓应尽快恢复血流,并追加抗凝药物。可采取多种措施处理形成的血栓,如尿激酶溶栓、重复球囊扩张碎栓、Fogarty导管取栓或活检钳清除血栓等。PTA操作时间较长时,每小时应追加抗凝剂。

9.3 血管痉挛

血管痉挛多因手术中紧张、疼痛、高渗对比剂、介入器械刺激或寒冷环境引起,常常需要与狭窄相鉴别。血管痉挛在手术前并不存在,当怀疑血管痉挛时,可与手术前评估的血管情况进行对照。血管痉挛多不需要处理,若严重的血管痉挛影响血流,可

以采取轻柔按摩、阻断下游血管使上游痉挛血管充盈、应用扩血管药物(罂粟碱 30 mg 或硝酸甘油 100 μ g 静脉注射)等措施。

10 手术后处理

实践要点 10.1: 我们建议对动静脉内瘘超声 PTA 手术后常见并发症采取必要预防措施。

实践要点 10.2: 我们建议动静脉内瘘超声 PTA 手术后可以进行定期主动随访。

10.1 手术后并发症预防

PTA 手术后近期并发症包括血栓形成、迟发出血、入路部位感染、肢体远端缺血、肿胀手等, 远期并发症主要指狭窄复发或因 PTA 后血流动力学改变而导致的新发狭窄。专家讨论建议对于相关并发症预防如下:

血栓形成的预防主要在于: ①手术中妥善处理血管外血肿、血管夹层、内膜下血肿、内膜隆起、血管痉挛等并发症, 避免手术后出现内瘘低血流量; ②对血栓形成高风险的病例进行手术后抗凝; ③对入路部位进行压迫止血时, 注意合适的力度和时间, 谨防局部血肿形成或压迫过度; ④手术后监测血压, 避免低血压。

迟发出血不常见, 主要见于对 PTA 手术中血管破裂处置不当, 使手术后局部再次出血。预防的措施主要在于: ①识别迟发出血的高风险病例, 比如手术中血管破口较大者、血管破裂部位压力较高者、破裂血管周围组织疏松且粘连少者、凝血功能差者, 手术中对出血部位进行妥善处理, 必要时植入覆膜支架; ②尽可能避免血管破裂部位血管内压急剧升高, 比如下游血管压迫、严重高血压等; ③避免过度抗凝。入路部位也可能发生迟发出血, 应结合鞘管直径、凝血功能、血管内压、局部粘连等情况合理压迫止血。

入路部位感染的预防在于: ①避免在已经感染部位置鞘; ②严格的术野消毒和无菌操作; ③避免局部血肿; ④手术后妥善包扎穿刺点; ⑤及时拆除缝线。

肢体远端缺血和肿胀手的预防主要在于手术前评估, 识别潜在的征象, 帮助决定手术指征以及具体术式。

10.2 手术后抗凝

专家讨论建议对于单一短段狭窄病变, 如 PTA 后血流恢复良好, 手术后一般无需抗凝。下列情况可酌情抗凝: ①多发和/或长段病变的 PTA, 扩张造成的内膜损伤面积较大; ②由于血管痉挛、狭窄回弹、扩张不完全等因素导致的血流量低下; ③高凝状态; ④使用药物涂层球囊进行 PTA。

抗凝方案尚无统一标准, 可考虑使用低分子肝

素 50 IU/(kg·d) 皮下注射 1~7 天。

10.3 手术后随访

手术后随访的时间间隔可以参考中国医院协会血液净化中心分会《中国血液透析用血管通路专家共识(第2版)》^[1]有关血管通路监测的内容, 可以考虑根据患者的实际情况和医疗组的工作习惯制定随访计划。一般而言, 随访间隔不建议超出 6 个月。

随访内容通常包括: ①近期的透析状况和内瘘使用状况; ②内瘘物理检查; ③内瘘超声检查; ④内瘘自然血流量测定; ⑤必要时进行 CTA、血管造影、上肢指肱指数、指端动脉压及外周血氧饱和度等检查。

11 PTA 档案建立

我们建议对每一个动静脉内瘘 PTA 患者可以建立 PTA 档案。

实践要点 11.1: 我们建议动静脉内瘘 PTA 档案需要包括完整的手术记录。

实践要点 11.2: 我们建议动静脉内瘘 PTA 档案需要包括人口学资料、通路史、主要用药及手术后随访资料等。

完善的血管通路档案不但包括对本次手术的完整记录, 还包括评估、随访等信息, 是重要的临床和科研资料。

手术记录除了时间、地点、医生等基本医疗文书信息, 至少应包括通路信息, 如血管通路类型、位置; 手术前评估内容, 如主要病变的位置、病变特征(有无内膜增生、瓣膜增生、钙化等)、内径、流量等; 麻醉方式; 手术信息, 如入路、球囊品牌型号、病变充分扩张时的压力、压力维持时间、最高压力、扩张总次数、扩张后主要病变的改善情况等; 手术中特殊情况。手术中用到的切割球囊、药物涂层球囊等特殊器械应予以记录。

血管通路档案还应包括人口学资料、通路史、本次手术的指征、主要病变的各种参数及影像资料、主要用药及手术后随访资料等。

12 小结

狭窄/闭塞是动静脉内瘘最常见的并发症, 严重影响患者透析效果及生活质量。PTA 有效、微创、可重复, 是动静脉内瘘狭窄/闭塞的一线治疗方式。PTA 指征把握、器械的选择与应用、规范化的操作流程及关键细节的关注对于该技术的成功至关重要。本共识系统介绍了动静脉内瘘超声 PTA 的指征、器械选择、操作流程及技术细节等, 为我国动静脉内瘘超声 PTA 的规范开展提供了初步依据。

局限性: 目前有关动静脉内瘘超声 PTA 的临床与循证实践有限。本共识以国际上最近发布的相关

指南及相关文献作为参考,并广泛听取我国血管通路专家的临床经验及意见。未来需要更多的临床研究促进我国动静脉内瘘超声PTA的规范化开展。本共识将依据未来发表的相关研究定期更新。

致谢:本共识制定过程中,王玉柱[北京市海淀医院(北京大学第三医院海淀院区)]团队负责前言、动静脉内瘘超声PTA环境、设备及人员资质、规范化操作流程及技术要点;刘宗旸(贵州医科大学附属医院)团队负责球囊的种类及特点;王沛(郑州大学第一附属医院)团队负责治疗终点确定、手术中并发症及处理、PTA档案建立等;张丽红(河北医科大学第一医院)团队负责导丝的种类及特点;何强(四川省人民医院)团队负责PTA指征及手术前评估;陆明晰(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)团队负责超声操作技巧及手术后处理。所有专家在起草本共识工作中态度严谨,精益求精。初稿形成后,经中国医院协会血液净化中心分会血管通路专业组全体成员认真讨论,最终成稿。在此特别感谢所有专家的辛苦付出!

主要执笔者:王玉柱[北京市海淀医院(北京大学第三医院海淀院区)],刘宗旸(贵州医科大学附属医院),王沛(郑州大学第一附属医院),张丽红(河北医科大学第一医院),何强(四川省人民医院),陆明晰(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)。

参与讨论专家(按姓氏笔划排序):于洋(四川大学华西医院),万梓鸣(重庆医科大学附属第一医院),马志刚[香港中文大学(深圳)第二附属医院/深圳市龙岗区人民医院],王宇飞(郑州大学第一附属医院),王章华(生命线医生集团),王尊松[山东第一医科大学附属第一医院(山东省千佛山医院)],邓菲(四川省人民医院),叶红(南京医科大学第二附属医院),叶建华(宁夏医科大学总医院),叶智明(广东省人民医院),史应进(内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院),白亚飞(海南省人民医院),司马重阳(贵州医科大学附属医院),刘书馨(大连理工大学附属中心医院),刘杨东(深圳大学附属华南医院),刘炳岩(中国医学科学院北京协和医院),刘斌(昆明市第一人民医院),孙健(青岛市市立医院),杨冰(北京大学人民医院),何凡(华中科技大学同济医学院附属同济医院),迟雁青(河北医科大学第三医院),张丽红[北京市海淀医院(北京大学第三医院海淀院区)],张岚(上海交通大学医学院附属仁济医院),张宏涛(河南省人民医院),张瑞斌(山东第一医科大学附属中心医院),张巍(长治医学院附属和济医院),陈友明(福建省立医院),陈冬平(上海中医药大学附属曙光医院),陈花

(山西白求恩医院),郁正亚(首都医科大学附属北京同仁医院),依力夏提·依麻木(新疆维吾尔自治区人民医院),胡波(暨南大学附属第一医院),钟爱民(江西省人民医院),段志强(西部战区空军医院),施娅雪(上海中医药大学附属龙华医院),姜国涛(哈尔滨医科大学附属第四医院),徐元恺(浙江大学医学院附属浙江医院),徐勇(中南大学湘雅三医院),高弼虎(大连大学附属中山医院),蒋华(浙江大学医学院附属第一医院),傅麒宁(重庆医科大学附属第一医院),焦军东(哈尔滨医科大学附属第二医院),詹申[北京市海淀医院(北京大学第三医院海淀院区)],鄢艳(南昌大学第一附属医院),廖丹(绵阳市中心医院),熊飞(武汉市第一医院),樊雪强(中日友好医院)。

利益冲突声明:本文作者无相关利益冲突。

参考文献

- [1] 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(06): 365-381.
- [2] 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.
- [3] Jaffer O, Gibbs P, Gibson M, et al. A UK expert consensus approach for managing symptomatic arteriovenous fistula (AVF) stenosis in haemodialysis patients[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021, 44(11): 1736-1746.
- [4] 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.
- [5] Gorin DR, Perrino L, Potter DM et al. Ultrasound-guided angioplasty of autogenous arteriovenous fistulas in the office setting[J]. J Vasc Surg, 2012, 55(6): 1701-1705.
- [6] Aurshina A, Ascher E, Hingorani A et al. A novel technique for duplex-guided office-based interventions for patients with acute arteriovenous fistula occlusion[J]. J Vasc Surg, 2018, 67(3): 857-859.
- [7] 李春海, 孟红, 苏涛, 等. 建立CT介入手术室和规范化工作流程专家共识[J]. 中国介入影像与治疗学, 2022, 19(06): 321-324.
- [8] Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access[J]. Intensive Care Med, 2012, 38(7): 1105-1117.
- [9] Voiculescu AS, Hentschel DM. Point-of-care vascular ultrasound: Of fistulas and flows[J]. Adv Chronic Kidney Dis, 2021, 28(3): 227-235.
- [10] 外周血管介入诊疗技术管理规范[J]. 中国医药科学, 2012, 2(14): 6-8.
- [11] Chan KE, Pfleiderer 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.
- [12] 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.

- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Ravani P, Quinn RR, Oliver MJ, et al. Pre-emptive correction for haemodialysis arteriovenous access stenosis[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 2016(1): Cd010709.
- [16] 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.
- [17] Tessitore N, Mansueto G, Bedogna V, et al. A prospective controlled trial on effect of percutaneous transluminal angioplasty on functioning arteriovenous fistulae survival[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2003, 14(6):1623-1627.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] Richarz S, Isaak A, Aschwanden M et al. Pre-procedure imaging planning for dialysis access in patients with end-stage renal disease using ultrasound and upper extremity computed tomography angiography: a narrative review[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2023, 13(1):122-132.
- [26] AIUM practice parameter for the performance of vascular ultrasound for postoperative assessment of hemodialysis access, 2024 revision[J]. *J Ultrasound Med*, 2024, 43(11):E39-E49.
- [27] 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)一导丝概述及导丝通过病变技巧[J]. *临床肾脏病杂志*, 2020, 20(07): 527-531.
- [28] 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.
- [29] 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): 1840-6.
- [30] 詹申, 赵彬, 张丽红, 等. 切割球囊治疗血管通路相关性狭窄的疗效分析[J]. *中国血液净化*, 2022, 21(08): 603-607.
- [31] Zhao Y, Wang P, Wang Y, et al. Drug-coated balloon angioplasty for dysfunctional arteriovenous hemodialysis fistulae: a randomized controlled trial[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2024, 19(3): 336-344.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] Depietro DM, Trerotola SO. Choosing the right treatment for the right lesion, part I: a narrative review of the role of plain balloon angioplasty in dialysis access maintenance[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2023, 13(1): 212-232.
- [35] DePietro DM, Trerotola SO. Choosing the right treatment for the right lesion, Part II: a narrative review of drug-coated balloon angioplasty and its evolving role in dialysis access maintenance[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2023, 13(1): 233-259.
- [36] 詹申, 张丽红, 王玉柱. 超声引导动静脉内瘘经皮血管成形术(三)一麻醉技巧[J]. *临床肾脏病杂志*, 2022, 22(01):1-4.
- [37] 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.
- [38] 刘炳岩, 吴世新. 介入肾脏病学[Z]. 北京:科学出版社, 2016.
- [39] Kitrou P, Katsanos K, Georgopoulou GA, et al. Drug-coated balloons for the dysfunctional vascular access: An evidence-based road map to treatment and the existing obstacles[J]. *Semin Intervent Radiol*, 2022, 39(1): 56-65.
- [40] Bonaventura K, Schwefer M, Yusof AKM, et al. Systematic scoring balloon lesion preparation for drug-coated balloon angioplasty in clinical routine: Results of the PASSWORD observational study[J]. *Adv Ther*, 2020, 37(5): 2210-2223.
- [41] Beathard GA. Endovascular intervention for the treatment of stenosis in the arteriovenous access[DB/OL]. (2024-4-7). <https://www.uptodate.cn/contents/endovascular-intervention-for-the-treatment-of-stenosis-in-the-arteriovenous-access>.
- [42] Roy-Chaudhury P, Saad TF, Trerotola S. Drug-coated balloons and dialysis vascular access: is there light at the end of the tunnel[J]. *Kidney Int*, 2021, 100(2): 278-280.
- [43] Luo C, Liang M, Liu Y, et al. Paclitaxel coated balloon versus conventional balloon angioplasty in dysfunctional dialysis arteriovenous fistula: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Ren Fail*, 2022, 44(1): 155-170.
- [44] Lilly RZ, Carlton D, Barker J, et al. Predictors of arteriovenous graft patency after radiologic intervention in hemodialysis patients[J]. *Am J Kidney Dis*, 2001, 37(5): 945-953.
- [45] Rajan DK, Sidhu A, Noel-Lamy M, et al. Elastic recoil after balloon angioplasty in hemodialysis accesses: Does it actually occur and is it clinically relevant? [J]. *Radiology*, 2016, 279(3): 961-967.
- [46] 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.

(收稿日期:2024-05-27)

(本文编辑:李超)