

新建自体动静脉内瘘围手术期管理专家共识

北京围手术期医学研究会肾脏病与血液净化分会专家共识工作组

【摘要】自体动静脉内瘘(autogenous arteriovenous fistula, AVF)是血液透析(hemodialysis, HD)患者的首选血管通路,新建立AVF要在手术前做好评估和规划、手术中操作细致入微、手术后密切监测和指导锻炼,整个过程需要医患沟通与配合,对患者的健康教育从规划HD治疗即开始实施,北京围手术期医学研究会肾脏病与血液净化分会专家共识工作组结合国内外相关指南共识、循证医学证据及专家组成员多年的临床实践经验,制定本共识,为AVF围手术期管理提出推荐建议。

【关键词】血液透析;自体动静脉内瘘;围手术期;共识

中图分类号: R318.16 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-4091.2023.12.001

Perioperative management of new-built autogenous arteriovenous fistula: a consensus of Chinese experts Expert Consensus Work Group of Nephrology and Blood Purification, Beijing Perioperative Medicine Study Society, Beijing 100035, China

Corresponding Author: ZHANG Dong-liang, Email: zdlycy@163.com

【Abstract】 Autogenous arteriovenous fistula (AVF) is the first choice for vascular access in hemodialysis patients. Detailed evaluation and planning for a new AVF before the surgery, meticulous manipulation during surgery, and close monitoring and exercise guidance after the surgery must be carried out. These processes need mutual interaction and collaboration between doctors and patients. Healthcare education should begin before the use of AVF for hemodialysis. The Expert Consensus Work Group of Nephrology and Blood Purification, Beijing Perioperative Medicine Study Society based on the guidelines, consensus and evidence-based medical data from China and foreign countries and combined with the clinical experiences of the members in this group proposes this consensus to provide suggestions and comments about the perioperative management of AVF.

【Key words】 Hemodialysis; Autogenous arteriovenous fistula; Perioperation; Consensus

中国目前已成为全球慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)和维持性透析患者数最多的国家,统计显示2022年底透析人数约为100万,且仍处于增长时期,未来一段时间内透析患者数量仍会大幅增加。血液透析(hemodialysis, HD)作为目前应用最广泛的肾脏替代治疗模式,需要有效的血管通路作为技术实施的前提。自体动静脉内瘘(autogenous arteriovenous fistula, AVF)是首选的长期血管通路,如何提高新建AVF手术的成功率和长期通畅率一直是肾脏病与血液净化工作者努力实现的目标。为指导新建AVF围手术期管理工作,北京围手术期医学研究会工作组结合国内外最新指南、共识及临床实践经验,制定本共识。

1 新建AVF手术前准备

1.1 手术前管理及患者转诊时机

AVF手术前管理是一个连续性、个体化、多学科

作者单位:北京围手术期医学研究会肾脏病与血液净化分会

通讯作者:张东亮 100035 北京,首都医科大学附属北京积水潭医院肾内科 Email:zdlycy@163.com

协作的管理模式,团队包括但不限于肾内科医生、血液净化科医生、血管通路医生、影像学医生及相关护理人员^[1]。

1.1.1 终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)管理

建议估算的肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR) <30 ml/(min · 1.73m²)的患者,应尽早转诊至肾内科^[2,3],并纳入ESRD管理体系。根据患者的原发病、性别、年龄、预后、回归社会的需求、经济情况等,制定个体化的诊疗计划,包括药物治疗、肾脏替代治疗(肾移植、腹膜透析和HD治疗)宣教、心理辅导、护理指导等^[4,5]。患者家属及其家庭护理人员应参与到诊疗计划中^[6]。及时转诊有利于患者与专科医生建立信任关系,选择合适的治疗模式,方便医生追踪患者情况,以便于准备行HD治疗的患者在合适的时机建立AVF,减少

不必要的中心静脉导管的使用^[3]。

1.1.2 血管通路知识宣教

计划选择HD作为肾脏替代治疗的患者,最晚应在 $\text{eGFR} < 15 \text{ ml}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 时转诊至可以建立HD血管通路的医生处^[7],接受有关血管通路的知识宣教,同时进行血管通路的相关评估。需要注意的是,虽然CKD临床分期主要根据eGFR值,但对CKD患者的整体评估更为重要,部分患者虽然eGFR数值较高,但如果ESRD相关临床表现突出或重要器官受累可能预后不好时,也应该考虑“提前”建立AVF。

1.1.3 血管通路评估

建议根据每位患者的具体情况,制定个体化的血管通路建立和使用计划,包括本次手术的计划、AVF建立后可能出现的问题与处理方法以及对未来血管通路的使用规划^[1]。

1.1.4 血管保护

对于计划选择HD作为肾脏替代治疗的患者,应尽量保护外周动脉、静脉及中心静脉,并对患者开展血管保护方面的宣教,包括:①告知患者前臂血管保护的意义,如有可能佩戴血管通路建立提示手环;②适当时机建立AVF,避免计划外开始HD治疗时被迫进行中心静脉置管^[8];③避免上肢静脉放置留置针,如需穿刺静脉或放置留置针输液,可选用足背或手背部静脉;④不建议在上肢放置经外周静脉穿刺置入中心静脉导管(peripherally inserted central venous catheters, PICC)输液,需要留置PICC时,可选用股静脉^[9];⑤需要进行动脉介入治疗时,尽量避免采用桡动脉作为入路,建议采用股动脉作为介入治疗入路^[10]。

推荐意见 1: $\text{eGFR} < 30 \text{ ml}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 的患者转诊至肾内科进行全面评估与宣教。

1.2 自体动静脉内瘘的建立时机

建议进入HD治疗前的3~6个月建立AVF^[11],以便在AVF无法成熟时,有足够的时间进行干预,确保患者在需要开始HD治疗时,有稳定和可供使用的血管通路。

不建议单独把eGFR作为进入HD的指标,具体建立AVF的时机应综合考虑患者的年龄、原发病、临床症状、是否存在其他系统并发症(心力衰竭、高钾血症、肺水肿、贫血、营养不良等)、血管条件等因素后,个体化制定。

推荐意见 2: 进入HD治疗前的3~6个月建立AVF, $\text{eGFR} < 15 \text{ ml}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 或综合考虑可能于3~6个月内开始HD治疗时,应尽快建立AVF。

1.3 病史

血管通路相关病史,会对建立血管通路的时机、血管通路类型的选择手术部位的选择及手术后重点关注事项等产生影响,建议手术前应详细询问患者病史。

1.3.1 人口学资料

女性患者AVF平均成熟时间明显长于男性患者,AVF成型手术后需要手术促成熟的比例更高^[12]。这可能与女性上肢血管普遍比男性细有关。

老年患者往往伴随着更多的基础病,血管条件相对较差,预期寿命相对偏短,AVF建立失败率高且成熟时间长,AVF建立后部分患者成熟困难,较易出现血管通路相关的肢体缺血综合征,老年患者,特别是高龄患者建立AVF一直存在争议。专家组认为对于生活质量好、预期寿命较长的老年患者,年龄不能作为AVF建立的限制因素^[13],而是要为老年患者提供更好的手术前教育、更周全的手术计划、更精细的内瘘制作技术以及更细致的手术后护理及观察^[14]。对于年轻患者,预期寿命长,应更加注重外周血管资源的合理规划和利用。年轻患者血管弹性好,AVF手术中和手术后应更加关注血管痉挛的防治。

1.3.2 原发病及伴随疾病

1.3.2.1 糖尿病 随着疾病谱的变迁,糖尿病肾病已成为透析患者的首要病因。研究表明糖尿病患者的AVF成熟时间延长^[15],原发和继发通畅度降低^[16]。这可能与糖基化终末产物蓄积、动脉钙化、动脉粥样硬化、氧化应激等多种糖尿病相关的病理因素有关^[17,18]。专家组建议对于存在糖尿病的CKD患者,AVF建立时间可适当提前。

1.3.2.2 冠心病及心力衰竭 冠状动脉病变患者可能伴随有心排量受损,造成血压偏低。低舒张压已被证明可显著降低AVF的通畅性^[19,20]。如左心室射血分数低于30%时,新建立AVF会加重心脏负担,加重心力衰竭,故不建议重度心力衰竭的患者新建AVF。

1.3.2.3 肥胖 肥胖通常伴随皮下脂肪层增厚和浅表静脉深度增加,造成AVF手术的难度增加、AVF不易成熟以及穿刺困难。静脉浅表化手术可以解决AVF过深无法穿刺的问题^[21,22],但手术创口大,需要更长的愈合时间。对于肥胖患者,应综合总体通路规划选择合适的血管通路形式。

1.3.2.4 恶性肿瘤 对于肿瘤相关疾病的患者,要综合考虑患者的预期寿命与建立AVF的获益。对于一般情况稳定,预期寿命大于1年的患者,仍建议建立AVF。另外,一些肿瘤相关的治疗,会对外周浅表

静脉及中心静脉造成损伤,如乳腺恶性肿瘤根治手术及放化疗等^[23],手术前应充分评估。

1.3.2.5 神经系统疾病 存在精神或神经系统疾病,但病情稳定、能配合手术及AVF穿刺的患者,仍建议建立AVF。如果患者无法配合手术及后续AVF穿刺进行HD治疗,应谨慎建立AVF。欲建立AVF的肢体功能完全丧失者,如果血管条件良好,可以综合评估后建立AVF。神经肌肉电刺激促进AVF成熟在一定程度上解决了手术后AVF侧肢体锻炼的问题^[24]。

1.3.2.6 皮肤疾病 AVF部位的皮肤疾病,可能会造成AVF感染风险增高及无法穿刺。如果在预计建立AVF部位存在皮肤疾病,建议提前干预治疗。如皮肤疾病无法完全控制或治愈,建议重新评估手术部位。

1.3.3 影响建立AVF所需血管的相关病史

1.3.3.1 动脉 长期的钙磷代谢紊乱、动脉粥样硬化、糖尿病病史均提示存在全身动脉病变的可能。动脉穿刺史,如以桡动脉为入路的介入治疗、动脉血气检查采血等,会造成吻合口及供血动脉病变。CKD 5期患者由于存在的钙磷代谢紊乱,外周动脉中层钙化更为常见,动脉中层钙化会影响AVF手术中吻合及止血、手术后血栓形成、手术后成熟过程中血管重塑扩张受限等。部分患者也会因动脉内膜的粥样硬化病变出现以上情况,导致AVF建立失败或不能成熟。

1.3.3.2 静脉 外周静脉反复的静脉穿刺、输液用留置针、PICC等均会造成静脉内膜损伤、狭窄、甚至闭塞。拟建立AVF同侧的颈胸部中心静脉置管史,包括HD用的导管、PICC等,起搏器置入史,胸、颈部手术史、外伤史等均会因回流静脉损伤而造成AVF建立失败或手术后并发症。

推荐建议3:病史采集是新建AVF手术前评估的重要内容,女性、老年、肥胖、糖尿病、动脉硬化、恶性肿瘤、精神神经性疾病、皮肤病、经动静脉操作史均是AVF不成功的危险因素。

1.4 物理检查

1.4.1 血管物理检查

通过物理检查了解动脉、静脉情况,是建立血管通路的基础^[25]。血管检查需要在一个可以让患者放松的环境中进行,寒冷的环境会导致血管收缩,可造成对血管内径、血流、充盈度的低估。手术前血管物理检查主要包括静脉系统和动脉系统。

1.4.1.1 动脉系统物理检查 欲建立AVF的供血动脉应该能够提供充足的血流量,并且手术后不影

响肢体末端的血供。检查要点是了解供血动脉搏动强度、比较双上肢动脉压差、进行Allen试验^[26]。

外周动脉搏动征:沿血管走行按压并比较两侧肱动脉、桡动脉和尺动脉。判断这些动脉的搏动是正常、减弱还是消失。如搏动减弱或消失,提示供血动脉血流量不足。

双侧血压测量:分别测量双侧上肢肱动脉血压。双侧血压差小于10 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)为正常,10~20 mmHg为临界,大于20 mmHg为异常,提示血压偏低侧肢体动脉供血不足,在没有纠正近心端的动脉狭窄之前,不应在动脉压明显降低侧肢体建立AVF。

Allen试验:检查者嘱患者伸出手,手掌向上,同时压闭桡动脉与尺动脉,嘱患者反复握拳,使手掌颜色发白,先放松尺动脉观察手掌颜色恢复情况;全部放开桡、尺动脉,重复以上步骤至手掌颜色发白,先放松桡动脉观察手掌颜色恢复情况;松开尺/桡动脉后手掌颜色由苍白变粉红的时间 ≥ 5 秒为阳性,反之为阴性。Allen试验检查结果阳性,提示尺/桡动脉对肢体末端的供血较差,此时建立AVF会增加手术后肢体缺血发生的风险。

1.4.1.2 静脉系统物理检查 AVF成熟以及后期穿刺便利性与静脉的选择息息相关,静脉的个体差异较大,手术前应仔细评估。

上肢静脉检查时,可使用止血带捆扎于上臂中段,嘱患者反复握拳使远心端静脉充盈,检查前臂头静脉的粗细、走行、连续性 & 分支情况,如有必要应同时检查前臂贵要静脉;通过触摸和按压了解血管弹性、距皮肤深度、走行方向、侧支等。应选择位置相对表浅、易于穿刺、相对较粗、走行自然平直、粗细均匀、无明显狭窄、侧支较少、弹性较好、可延续至肘部以上的静脉建立AVF。还应查看双侧上肢是否存在不对称的水肿,上肢及颈胸部浅表静脉是否存在静脉充盈或怒张,双上肢浅表静脉分布是否一致。

1.4.2 颈胸部物理检查

除了必须的心、肺查体外,还应查看颈部与胸部皮肤有无手术或外伤疤痕、是否留置导管、心脏起搏器等。

推荐建议4:物理检查对AVF手术预判至关重要,目前没有任何其他检查手段可以替代物理检查,手术前必须仔细全面的进行物理检查,尤其是血管的物理检查。

1.5 辅助检查

1.5.1 手术前常规检查

手术前应完善血常规、电解质、凝血功能、肾功

能、肝功能、感染筛查等实验室检查,完善心电图及心脏彩超。不建议美国纽约心脏病学会(New York Heart Association, NYHA)分级3级以上的严重心力衰竭或血红蛋白浓度小于60 g/L的患者行AVF手术;如患者血钾高于6.0 mmol/L,建议纠正高钾血症后再行AVF手术;如果有静脉麻醉需求,建议完善肺功能检查。

1.5.2 血管超声

血管超声检查可以直观的了解血管情况及血管间毗邻情况,相比物理检查,血管超声能提供更多解剖和功能方面的细节信息^[27],特别是对于物理检查不满意者,手术前血管超声检查可以提供更多的手术前评估信息^[28,29]。为充分了解患者情况并保证检查结果对手术的辅助作用,建议手术者与血管超声医师一起进行手术前血管评估,记录手术部位、血管内径及特殊的解剖变异等,并在皮肤上做好手术前标记^[30]。

1.5.2.1 超声检查准备 超声检查室温度适中,耦合剂冬天须适当加热。患者一般取坐位,充分暴露上肢,肢体放松。在检查浅表静脉时,可应用较多耦合剂,尽量减少探头压力对血管的影响。

1.5.2.2 动脉系统超声检查 以建立AVF部位为重点,对上肢动脉(桡动脉、尺动脉、肱动脉、腋动脉)进行逐一扫描。判断是否存在狭窄、钙化、闭塞及解剖变异,如:桡/尺动脉缺如、桡/尺动脉起始位置异常、走行位置异常等。测量手术部位动脉内径和流速。应注意AVF供血动脉近心端情况,如果存在狭窄,可造成动脉下游AVF吻合口处血供欠佳,导致成熟不良。因此,AVF侧肢体动脉的超声评估应注意系统性、完整性。

1.5.2.3 静脉系统超声检查 自腕部开始,对上肢浅静脉(头静脉、贵要静脉、正中静脉、穿支静脉等)进行逐一扫描。由于静脉血流速相对较缓,多普勒血流信号较弱,对静脉横切面进行逐段加压可反映静脉的通畅情况,观察加压时管腔是否可压闭,间接反映静脉通畅情况,了解有无静脉血栓。适宜的静脉应走行相对平直、位置浅表、无明显较多分支、管腔内径一致、全程通畅。

拟新建AVF的回流静脉应作为检查的重点,进行静脉走行、内径、深度以及扩张能力等测定及评价。注意不要以静脉走行的内径最大处作为测量值,静脉最小内径值往往决定该静脉能否作为AVF回流静脉的依据。测量前臂静脉内径时,在肘横纹下2 cm处系止血带,嘱患者握拳后测量静脉充盈内径,松开止血带后再次测量静脉基础内径,以反映静脉血管

的可扩张能力^[31,32]。上臂静脉可在上臂中上部结扎止血带后进行测定。

1.5.3 血管造影

血管造影可反映血管走行全貌以及血管与周边结构的关系,是对物理检查及血管超声检查的补充。但造影用对比剂很可能对CKD患者残余肾功能造成影响,故不作为常规手术前检查。必须应用对比剂进行血管造影时,应评估其对残余肾功能的影响,并向患者说明,造影时避免使用大剂量、高渗对比剂,结合患者心肾功能进行水化^[33],必要时通过透析清除对比剂。

1.5.3.1 中心静脉造影 对于既往有颈部静脉置管史^[34]、PICC植入术、胸颈部手术史,并伴有双侧上肢不等粗、胸壁静脉曲张、单侧面部或胸部水肿症状的患者,应高度怀疑存在中心静脉狭窄可能,建议完善中心静脉造影,以确定是否存在中心静脉狭窄。中心静脉狭窄同侧建立AVF,可能会引起AVF侧肢体肿胀、内瘘建立失败^[35]。虽然中心静脉狭窄、闭塞可以通过血管成形术、支架植入术来治疗,但复发率很高^[36]。建议在有其他可供建立AVF的部位时,尽量避免在中心静脉狭窄侧建立AVF。

1.5.3.2 动脉造影 动脉搏动减弱或消失、双侧上肢血压差大于20 mmHg均提示动脉供血不足,动脉供血不足与AVF成熟不良及早期AVF血栓相关^[37],对于怀疑动脉存在狭窄或梗阻的患者,可完善前臂动脉造影检查,以确定病变部位及程度。动脉狭窄病变可通过血管成形术及支架植入治疗。

推荐建议5:新建AVF手术前除了完善常规辅助检查外,手术者还应当参与完成血管超声检查。

1.6 AVF手术部位及方式

推荐建议6:AVF手术部位的选择总原则为先上肢后下肢;先远心端后近心端;先非惯用侧后惯用侧;优先选择无同侧颈胸部中心静脉置管侧肢体。

选择内瘘类型及建立部位时,建议综合考虑患者的性别、年龄、并发症、自身血管条件、经济情况、家庭照护条件、医疗条件及所在透析中心的穿刺习惯等诸多因素。绝大多数AVF手术部位为上肢,上肢AVF手术部位及方式的选择见表1^[38-41]。对于上肢血管耗竭的患者,可考虑建立下肢AVF,但因为临床应用极少,本共识暂不做论述。

1.7 手术前AVF侧肢体锻炼

对血管条件差、无法建立AVF的患者,建议在预计手术前4周就开始手术侧上肢的锻炼^[42]。研究表明握哑铃等张收缩或肘下止血带束臂后握力运动可以增加前臂桡动脉、前臂头静脉内径,使部分原本无

表1 前臂AVF部位及手术方式

血管	解剖特点	手术方式	手术后特点	推荐意见
头静脉	行走于手部的背侧和前臂桡侧,是建立AVF最常用的静脉。建议用于建立AVF的头静脉束臂后内径≥2.0 mm。	前臂头静脉-桡动脉原位AVF: ①腕部桡骨小头上区域。 ②鼻烟窝区域。	具有切口小、手部缺血发生率低、AVF血流量好、可穿刺距离长等优点。鼻烟窝处是上肢可以建立AVF的最远端,穿刺距离更长,但该处静脉、动脉内径小,动脉血流量低,手术失败的风险及手术后内瘘无法成熟的发生率较高 ^[38] ,不建议作为常规内瘘建立部位。	首选
贵要静脉	行走于前臂及上臂的尺侧,前臂贵要静脉走行较浅,是建立前臂转位AVF常用静脉。上臂贵要静脉一般距皮较深,透析用穿刺针一般很难触及,不常规用于建立AVF。	前臂贵要静脉-尺动脉原位AVF: 在前臂桡动脉及头静脉不理想时,可采用此部位建立AVF。	贵要静脉行走于前臂尺侧(内侧),存在穿刺不便、HD治疗中不便观察等问题。	不建议
正中静脉	在肘部,沟通头静脉与贵要静脉,可分为正中静脉头支及正中静脉贵要支,可用于建立高位动静脉内瘘。该部位解剖学变异较多,手术前需详细了解有无变异或缺如。	正中静脉头支-肱动脉AVF:是上臂高位AVF中常用建立的方式,手术前评估时应注意上臂头静脉深度,避免因上臂头静脉位置过深影响手术后穿刺使用。	具有血流量好,穿刺距离相对较长的优点。手术后上臂头静脉迂曲及血流剪切力引导致的头静脉弓狭窄相对较为常见。	高位AVF 首选
穿支静脉	肘窝前头静脉或正中静脉可能发出一支连接深静脉的分支,即为穿支静脉,该部位解剖学变异较多,如果该部位静脉有足够的内径及长度,可用于建立穿支静脉AVF。	穿支静脉-肱动脉AVF:建立时应尽量减少静脉属支的离断,以保证肘部静脉的稳定性。	具有不破坏肘部静脉的稳定性,手术后头静脉迂曲发生率低于正中静脉头支-肱动脉AVF的优点。但应注意正中静脉贵要支对于AVF血流的分流。手术中可对正中静脉贵要支进行限流,以保证上臂头静脉充足的供血。	可尝试
桡动脉	桡动脉行走于前臂桡侧,是建立前臂自体动静脉内瘘的首选动脉。一般情况下,建立腕部桡动脉-头静脉内瘘时,要求桡动脉内径大于等于1.5 mm ^[39,40] ,如患者较为年轻,低于此标准也可尝试建立内瘘。	前臂贵要静脉-桡动脉转位AVF: 前臂头静脉条件欠佳,但桡动脉血管条件尚可的时候,可采用此种术式。贵要静脉与桡动脉距离较远,需游离长段静脉并建立皮下隧道,应避免贵要静脉扭曲,手术相对复杂。	具有血流量好,穿刺距离长等优点。	可尝试
尺动脉	尺动脉行走于前臂尺侧,一般为前臂优势动脉,通常内径大于桡动脉。在建立前臂自体动静脉内瘘时,如桡动脉不理想,可考虑建立头静脉转位尺动脉内瘘。尺动脉内瘘建立后手部缺血风险较桡动脉内瘘高,手术前应仔细评估。	前臂头静脉-尺动脉转位AVF: 前臂桡动脉欠佳,但头静脉血管条件较好时,可采用此方式建立AVF。头静脉与尺动脉距离较远,需建立皮下隧道,手术相对复杂。	具有血流量好,穿刺距离长等优点。发生缺血风险较高,需关注。	可尝试
肱动脉	一般于桡骨颈水平分为桡动脉及尺动脉 ^[41] ,分叉部位存在个体变异,是建立上臂高位自体动静脉内瘘、穿支静脉内瘘及前臂转位内瘘选取的吻合动脉。	①前臂头静脉-肱动脉U形AVF: 当前臂动脉血管条件欠佳,但静脉血管条件好时,可采用该种术式。该术式需要游离长段静脉,并在前臂建立U形皮下隧道。 ②前臂贵要静脉-肱动脉U形AVF: 同①。 ③上臂贵要静脉-肱动脉内瘘:上臂贵要静脉位于上臂内侧,且一般位置较深,AVF建立后多无法直接供穿刺使用,需要将上臂贵要静脉浅表化。	易发生穿刺距离不足问题。 手术创口大,手术后可供穿刺距离短,一般不作为常规建立AVF的部位。	不建议

注:AVF:动静脉内瘘; HD:血液透析。

法建立前臂AVF的患者,有机会建立前臂AVF,并增加AVF的成功率^[43,44]。

推荐建议7:鼓励患者AVF手术4周前进行手术侧上肢功能锻炼,增加血管内径和血流,以提高手术成功率。

1.8 手术前抗感染治疗

AVF为甲类切口,不推荐常规手术前使用抗生素预防感染。对于预计手术时间长(>3小时)、手术创伤较大者(如转位内瘘、浅表化等)可以考虑手术前1小时内使用抗生素预防感染,建议使用一代

或二代头孢类抗生素。

推荐建议8:不建议AVF手术前常规使用抗生素。

2 AVF手术中操作及注意事项

由于手术者接受的培训不同、临床经验各异、AVF手术方式不同,具体手术方法在诸多文献中也均有介绍,本共识不再对AVF具体手术过程做过多描述,基于专家组成员经验,仅就手术操作的注意事项提出建议。

2.1 麻醉方式选择

可基于手术者经验和患者特征进行选择。有报道称区域阻滞麻醉可使静脉扩张,从而提高AVF手术成功率,有利于AVF成熟,但仍缺乏大样本的研究,目前没有强有力的证据证明区域阻滞与局部麻醉在患者体验和AVF成熟度等方面有差异^[45,46]。由于患者eGFR较低,全身麻醉对患者的管理难度较高、风险较大,临床较少使用。对于不能配合的患者,经麻醉医师全面评估后,可以选择静脉麻醉。

推荐建议9:新建AVF手术首选局部麻醉。

2.2 AVF的吻合方式

AVF吻合包括端端吻合、端侧吻合、侧侧吻合3种方式。端端吻合采用离断的动脉近心端与离断的静脉近心端吻合,优点是不发生窃血现象,动脉血直接供应静脉,缺点是离断了相应供血动脉,破坏了动脉连续性,如果是优势动脉则远端肢体可能缺血,如果发生血栓,往往会导致动脉内长段血栓,给AVF重建增加了难度。端侧吻合及侧侧吻合术式均保证了供血动脉的连续性,但侧侧吻合术式中远端静脉可能会因静脉高压导致肢端肿胀。综合考虑各种血管吻合方式的优缺点,推荐应用端侧吻合方式建立AVF。

推荐建议10:新建AVF首选端侧吻合。

2.3 目标静脉处理要点

2.3.1 静脉游离长度

静脉游离长度要与目标动脉的距离相适应,AVF建立后不应因过长的静脉产生迂曲扭转,也不应因静脉过短而产生牵拉。

2.3.2 结扎静脉属支

建议结扎术野范围内的所有静脉属支,避免分支静脉导致的血液分流,分流会影响内瘘成熟。汇入静脉主干的属支在AVF建立后可能会因内瘘血流压力,导致肢体远端肿胀。这些静脉属支结扎时与静脉主干相近的残端保留约1~2 mm,距主干过近会造成主干静脉血管狭窄,过远可能会局部形成血液湍流。

2.3.3 静脉外膜

在不影响手术缝合的前提下,对静脉周围外膜

及滋养组织不建议过度剥离。有研究证实静脉周围组织的过度剥离可能与远期内瘘狭窄相关^[47,48]。

2.3.4 血管腔内冲洗及扩张

在血管吻合前,对目标静脉的液压扩张有助于缓解手术后血管痉挛,增加手术后即刻成功率。液压扩张可采用手术中肘下结扎止血带后,肝素生理盐水经目标静脉远端注入的方式进行。

2.3.5 静脉转位

转位AVF因静脉处于建立的皮下隧道内,一旦出现皮下隧道内出血,处理较为棘手,因此,对于转位AVF静脉更应注意其属支的结扎,并做肝素生理盐水预冲,观察有无出血部位,及时处理出血的属支静脉。静脉置入皮下隧道时,避免对血管的过度牵拉,确保静脉走行无扭曲成角。皮下隧道不易过深,以免组织压迫静脉,影响AVF成熟。

2.3.6 静脉瓣

静脉瓣普遍存在静脉血管汇合处,在动脉血切应力作用下,静脉瓣是造成AVF内膜增生狭窄、节段性瘤样扩张、血栓形成的重要部位,近吻合口区域的静脉瓣应进行损毁,可通过切开修剪或机械扩张的方法,将瓣环的连续性破坏,以减少AVF失败率和提高远期通畅率。

推荐建议11:作为AVF回流通道,静脉血管吻合前处理尤为重要,游离适当长度的静脉、结扎不必要的属支、肝素盐水冲洗和扩张血管、去除影响静脉扩张的各种因素,以提高AVF手术成功率和远期通畅率。

2.4 目标动脉处理要点

游离目标动脉时,应尽量减少牵拉刺激,以减少手术后动脉痉挛。动脉切口约6~10 mm。做好动脉切口后应松开动脉近心端和远心端血管夹,观察动脉血流情况,如果经动脉切口出血流速过慢,血管吻合前应对动脉近心端进行手术中超声探查,必要时行腔内球囊扩张治疗后再行吻合^[49,50]。

推荐建议12:AVF手术中对动脉进行评估,必要时进行介入治疗。

2.5 动脉-静脉吻合的进针方向

ESRD患者通常存在不同程度的血管钙化,血管吻合时为避免动脉血管分层,建议血管缝合针从动脉内膜穿入、动脉外膜穿出,静脉由外膜进入、内膜穿出的外翻缝合方式。

推荐建议13:AVF手术宜采用间断或连续外翻缝合,动脉侧为内膜进针、外膜出针。

2.6 吻合后血管痉挛

吻合后如出现静脉局部搏动明显,除外静脉周围组织束缚后,考虑静脉血管痉挛;吻合动脉颜色苍

白或纤细,考虑供血动脉痉挛。缓解手术中血管痉挛的方法包括局部轻压按摩血管、温热生理盐水(约45℃)浸泡血管、罂粟碱注射等。

推荐建议14:吻合完成开放血管阻断夹后如果没有震颤,应考虑血管痉挛并及时处理。

3 AVF手术后管理

3.1 手术后监测及宣教

3.1.1 AVF手术后血管监测

AVF手术完成时即可向患者进行术侧肢体监测和保护事项,教会患者进行自我监测非常重要。

AVF建立后4小时内,建议每小时监测血管通畅情况1次,同时观察手术局部出血情况。此后,每天至少监测1次。监测方法包括触诊和听诊:功能良好的AVF应可以在吻合口处及静脉走行处扪及明显震颤,向近心端逐渐减弱;听诊可闻及收缩期与舒张期并存的双期、低调、持续的杂音,杂音强度以吻合口最强,向近心端逐渐减弱^[51]。触诊震颤减弱、消失、或出现搏动,听诊杂音减弱、消失、或出现高调杂音,多提示AVF血管出现狭窄或闭塞,应尽快查明原因,对症处理,必要时行二期手术。

推荐建议15:AVF手术成功后应教会患者自我监测血管通畅情况。

3.1.2 透析安排及抗凝剂

AVF手术当天,不建议安排HD治疗。手术后第二天需要进行HD治疗时,如手术口无明显渗血,可常规给予抗凝剂透析。对于建立有皮下隧道的自体静脉转位AVF及手术口有较明显渗血的患者,建议手术后2日内采用无肝素透析,透析后深静脉导管的封管液应采用低浓度肝素溶液(5~8 mg/ml),或采用10%氯化钠或4%枸橼酸封闭深静脉导管。

推荐建议16:AVF手术当天一般不进行HD治疗。

3.1.3 手术后换药及拆线

无感染征象伤口建议每2天换药1次,每次换药时,均应关注AVF血管震颤情况,手术口愈合情况:有无红肿、渗血、渗液,以及手术侧肢体有无肿胀、肢体末端有无疼痛、苍白、麻木等。伤口愈合良好,可于手术后14天拆线,根据伤口愈合情况可适当延长拆线时长。

推荐建议17:AVF手术后14天可拆线,注意定期换药和观察伤口情况。

3.1.4 手术后锻炼

手术后即刻就可以鼓励患者手术侧肢体行轻握拳活动,适当的肢体活动有助于缓解血管痉挛。手术侧肢体在手术后避免长时间下垂,避免手术侧肢体受压、负重、血管穿刺操作、测量肱动脉血压等,这

些均可能造成AVF血管压迫闭塞的情况发生。

内瘘手术口拆线后,鼓励患者开始手术侧肢体锻炼。研究表明手术后手术侧肢体进行等张及等长锻炼都是安全的,肘下止血带束臂后进行等张及等长锻炼会取得更好的效果,这在老年患者中同样有效^[52,53]。等张锻炼及等长锻炼均有助于增加内瘘动脉、静脉的血流量及管径,促进内瘘成熟^[54],等长锻炼在增加内瘘静脉内径、促进内瘘成熟方面优于等张锻炼^[55]。等张锻炼:以手术侧手臂前伸、手握哑铃(0.5~3.0 kg)、掌心向上、进行肘部向上屈曲活动;等长锻炼:手术侧手臂固定时手握网球、握力圈、或其他类似物品,进行握力锻炼。进行以上锻炼同时,可于AVF吻合口上方>15 cm处以绷带环绕上臂加压,或患者另一侧手掌握紧肘部以上加压,连续屈曲10下为1组、每次4~5组、每天3~4次、连续4周,注意每次完成1组锻炼后应松开压迫的绷带或手掌,以恢复浅表静脉的血流。1月后随访时,根据血管成熟程度给予后续锻炼指导。

建议制定锻炼计划,指导并规范患者锻炼动作,有利于提高锻炼效果及患者依从性^[56]。

推荐建议18:AVF手术后内瘘侧肢体适当锻炼有利于肢体循环改善及AVF血管成熟,应为患者制定锻炼计划并督促完成。

3.1.5 物理康复治疗

3.1.5.1 神经肌肉电刺激 神经肌肉电刺激在一定程度上解决了患肢功能不良者手术后AVF侧肢体锻炼的问题,是前臂等长锻炼的一种替代方法,可运用于运动受限的患者,包括:上肢不能执行手部锻炼,或无法理解和执行等长运动的患者,以促进患者的内瘘成熟^[24]。

3.1.5.2 远红外线照射治疗 远红外线是一种不可见的电磁波,其波长比可见光的波长更长,在5.6~1000.0 μm ^[57]。研究表明远红外线照射治疗可以抑制炎症、抑制内膜增生、减少氧化应激、改善内皮功能、增加内瘘血流量、促进内瘘成熟^[58,59]。

推荐建议19:AVF手术后可根据患者情况选择适宜物理康复治疗。

3.2 手术后常见并发症的识别及治疗

3.2.1 手术口出血

主要发生在AVF建立早期,以手术口轻微渗血常见,主要与AVF手术创伤、ESRD患者凝血功能障碍、手术后抗凝药物使用有关,可加强换药,适当加压,动态观察,大多可自行停止。

对于切口活动性出血、手术口部位皮下血肿且逐渐增大、局部压迫症状明显者,应重新打开切口,

积极寻找出血部位并予处理。

3.2.2 手术侧肢体肿胀

AVF手术后局限于手术部位的轻度水肿,大多数为手术创伤所致,手术后鼓励患者抬高术侧肢体,增加手部活动,一般在手术后3~7天内缓解。

AVF建立后1个月水肿不缓解,以手术侧整个肢体肿胀为临床表现,伴有上肢及胸壁静脉曲张,既往有中心静脉损伤病史的(心脏起搏器、PICC置入、透析导管、胸颈部手术等),应高度怀疑中心静脉狭窄可能,建议完善中心静脉CT血管成像检查后处置。

3.2.3 血管痉挛

相对年轻的患者更容易出现AVF手术后血管痉挛,常表现为手术结束时新建AVF血管杂音或震颤消失。当患者出现上述现象时,应嘱患者加强肢体远端活动,予局部热敷、在患者能耐受的程度上局部按摩、肌肉注射罂粟碱等方式缓解。

3.2.4 血栓形成

AVF建立后,如持续触诊无震颤、听诊无血管杂音,血管超声提示无血流信号,应考虑血栓形成。新建AVF的血栓形成多与供血动脉过细、动脉持续痉挛、静脉狭窄、手术缝合技巧等因素有关。应重新评估AVF血管情况,必要时重建AVF。

3.2.5 通路相关的肢体缺血综合征

AVF建立后,因局部血流动力学发生变化,血流不经过毛细血管床而直接进入静脉,造成远端肢体供血减少,血流量不足,出现缺血性改变的一组临床症状综合征,主要表现为肢端发凉、苍白、麻木、疼痛等症状,严重者可导致肢体远端溃疡甚至坏死。

根据通路相关的肢体缺血综合征分级^[60],对于无明显临床症状和仅表现为肢端发凉、发绀、麻木等轻度缺血症状的,鼓励患者手部活动、注意保暖,使用改善循环类药物,多可自行缓解或耐受。保守治疗不能缓解且症状严重者,可根据发病机制(AVF高流量、动脉狭窄性病变、远端动脉病变等)采取不同的手术治疗^[61]。手术治疗方式主要包括:静脉分支结扎术^[62]、经腔内血管成形术^[63]、限流术(如条带捆扎法、MILLER法^[64]及内痿皱褶^[65]等)、近端血管重建-远端动脉结扎术^[66]、远端桡动脉结扎术^[67]、流入道动脉近端化^[68]、流入动脉远端化^[69]。对于已出现远端肢体溃疡、坏死,和/或经上述治疗症状不缓解的患者,建议结扎内痿。

推荐建议20:AVF手术后常见并发症包括出血、血栓、肢体肿胀、肢体缺血综合征,手术者及血管通路团队应早期发现、及时干预。

4 总结

血管通路作为HD患者的“生命线”,是保障HD治疗有效开展的前提,AVF作为HD血管通路的首选,对AVF围手术期管理要求较高,包括手术前评估和手术规划、手术中麻醉和手术技巧、手术后并发症处理和功能锻炼等,包括对患者的健康教育、自我管理指导、随访等,包括血管通路团队协作与配合等。新建AVF围手术期管理体系的建立、有效运行以及持续质量改进,必然会造福HD患者、增加AVF比率、提高透析充分性、减少并发症、节约医疗花费,本共识所提推荐建议供大家参考。

作者贡献:北京围手术期医学研究会肾脏病与血液净化分会专家共识工作组:工作组组长:张东亮(首都医科大学附属北京积水潭医院);执笔专家:杨涛(北京市中关村医院),何聪爽(北京市中关村医院),付晨(首都医科大学附属北京积水潭医院);核心成员(按姓氏笔画排序):于续芳(北京市房山区第一医院),马迎春(中国康复研究中心,北京博爱医院),王磊(北京市昌平区医院),王铠(民航总医院),邓英辉(首都医科大学宣武医院),甘良英(北京大学人民医院),田其生(周口市中心医院),白亚玲(河北医科大学第四医院),刘莱莱(北京市回民医院),杜兆鹏(北京大学医院),张国娟(首都医科大学附属北京同仁医院),张莹(首都医科大学附属北京积水潭医院),张丽红(河北医科大学第一医院),陈育青(北京大学第一医院),罗洋(首都医科大学附属北京世纪坛医院),岳红丽(首都医科大学附属北京天坛医院),金立欣(北京航天总医院),赵景新(北京市昌平区中西医结合医院),赵海丹(北京大学首钢医院),贾岚(天津医科大学第二医院),徐明成(北京市西城区展览路医院),高艳均(首都医科大学附属北京积水潭医院),曹志国(首都医科大学附属北京积水潭医院),彭彦平(首都医科大学附属北京康复医院)。

利益冲突声明:本文作者无相关利益冲突。

参考文献

- [1] Lok CE, Davidson I. Optimal choice of dialysis access for chronic kidney disease patients: developing a life plan for dialysis access[J]. Semin Nephrol, 2012, 32(6):530-537.
- [2] Nakamura S, Nakata H, Yoshihara F, et al. Effect of early nephrology referral on the initiation of hemodialysis and survival in patients with chronic kidney disease and cardiovascular diseases[J]. Circ J, 2007, 71:511-516.
- [3] Chesser AM, Baker LR. Temporary vascular access for the first dialysis is common, undesirable and usually

- avoidable[J]. Clin Nephrol, 1999, 51:228-232.
- [4] Yokoyama Y, Yamazaki S, Hasegawa T, et al. Impact of early referral to nephrologist on mental health among hemodialysis patients: a Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study- (DOPPS) [J]. Nephron Clin Pract, 2009, 113(3):c191.
 - [5] Lorenzo V, Martn M, Rufifino M, et al. Predialysis nephrologic care and a functioning arteriovenous fistula at entry are associated with better survival in incident hemodialysis patients: an observational cohort study[J]. Am J Kidney Dis, 2004, 43(6): 999-1007.
 - [6] Lacson EJ, Wang W, DeVries C, et al. Effect of a nationwide predialysis educational program on modality choice, vascular access, and patient outcomes[J]. Am J Kidney Dis, 2011, 58(2):235-242.
 - [7] Kazutaka K, Seiji O, Izumi A, 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
 - [8] Schillinger F, Schillinger D, Montagnac R, et al. Post catheterisation vein stenosis in haemodialysis: comparative angiographic study of 50 subclavian and 50 internal jugular accesses[J]. Nephrol Dial Transplant, 1991, 6(10):722-724.
 - [9] El Ters M, Scheers GJ, Taler SJ, et al. Association between prior peripherally inserted central catheters and lack of functioning arteriovenous fistulas: a case-control study in hemodialysis patients[J]. Am J Kidney Dis, 2012, 60(4):601-608.
 - [10] Rashid M, Kwok CS, Pancholy S, et al. Radial artery occlusion after transradial interventions: a systematic review and meta-analysis[J]. J Am Heart Assoc, 2016, 5(1):e002686.
 - [11] Fukuzaki H, Nakata J, Nojiri S, et al. Outpatient clinic specific for end-stage renal disease improves patient survival rate after initiating dialysis[J]. Sci Rep, 2023, 13(1):5991.
 - [12] Dunn J, Herscu G, Woo K. Factors influencing maturation time of native arteriovenous fistulas[J]. Ann Vasc Surg, 2015, 29:704-707.
 - [13] Lok CE, Oliver MJ, Su J, et al. Arteriovenous fistula outcomes in the era of the elderly dialysis population [J]. Kidney Int, 2005, 67: 2462-2469.
 - [14] 涂天琪, 涂晓文. 老年血液透析患者血管通路的建立选择与维护[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2018, 19(13):917-919.
 - [15] Fitzgerald JT, Schanzer A, Chin AI, et al. Outcomes of upper arm arteriovenous fistulas for maintenance hemodialysis access[J]. Arch Surg, 2004, 39: 201-208.
 - [16] Diehm N, van den Berg JC, Schnyder V, et al. Determinants of haemodialysis access survival[J]. Vasa, 2010, 39(2):133-139.
 - [17] Kim YO, Song HC, Yoon S, et al. Preexistence of radial artery is associated with early failure of radiocephalic arteriovenous fistula in hemodialysis patients[J]. Am J Kidney Dis, 2003, 41(4):4228.
 - [18] Hakaim AG, Nalbandian M, Scott T. Superior maturation and patency of brachiocephalic and transposed basilic vein arteriovenous fistula in patients with diabetes [J]. J Vasc Surg, 1998, 27(1):154.
 - [19] Puskar D, Pasini J, Savic I, et al. Survival of primary arteriovenous fistula in 463 patients on chronic hemodialysis[J]. Croat Med J, 2002, 43(3): 306-311.
 - [20] Chang TI, Paik J, Greene T, et al. Intradialytic hypotension and vascular access thrombosis[J]. J Am Soc Nephrol, 2011, 22(8):1526-1533.
 - [21] Causey MW, Quan R, Hamawy A, et al. Superficialization of arteriovenous fistulae employing minimally invasive liposuction[J]. J Vasc Surg, 2010, 52(5):1397-1400.
 - [22] Barnard KJ, Taubman KE, Jennings WC. Accessible autogenous vascular access for hemodialysis in obese individuals using lipectomy[J]. Am J Surg, 2010, 200: 798-802.
 - [23] 王娟, 杜明, 张玉强. 乳腺癌术后血液透析患者患侧建立血管通路下肢肿胀4例[J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2009, 10(11): 1008-1009.
 - [24] Martinez L, Esteve V, Yeste M, et al. Neuromuscular electrostimulation: a new therapeutic option to improve radio-cephalic arteriovenous fistula maturation in end-stage chronic kidney disease patients[J]. Int Urol Nephrol. 2017, 49(9):1645-1652.
 - [25] Beathard GA. Physical examination of the dialysis vascular access[J]. Semin Dial, 1998, 11(4):231-236.
 - [26] 张倩, 张丽红, 王保兴. 自体动静脉内瘘的物理检查[J]. 中国血液净化, 2012, 11(3):153-156.
 - [27] Malovrh M. Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation [J]. Am J Kidney Dis, 2002, 39(6):1218-1225.
 - [28] Parmley MC, Broughan TA, Jennings WC. Vascular ultrasonography prior to dialysis access surgery[J]. Am J Surg, 2002, 184(6):568-572.
 - [29] Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation[J]. Radiology, 2002, 225(1):59-64.
 - [30] 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.
 - [31] Korten E, Spronk S, Hoedt MT, et al. Distensibility of forearm veins in haemodialysis patients on duplex ultrasound testing using three provocation methods [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2009, 38(3):375-380.
 - [32] Van der Linden J, Lameris TW, van den Meiracker AH, et al. Forearm venous distensibility predicts successful arteriovenous fistula[J]. Am J Kidney Dis, 2006, 47(6): 1013-1019.
 - [33] Geoffroy O, Tassart M, Le Blanche A, et al. Upper extremity digital subtraction venography with gadoterate meglumine before fistula creation for hemodialysis [J]. Kidney Int, 2001, 59(4):1491-1497.
 - [34] 杨涛, 詹申, 王仲朴, 等. 中心静脉狭窄或闭塞与透析用中心静脉置管的关系[J]. 中华肾脏病杂志, 2014, 30(2):222-223.
 - [35] Shingarev R, Barker-Finkel J, Allon M. Association of hemodialysis central venous catheter use with ipsilateral arteriovenous vascular access survival[J]. Am J Kidney Dis, 2012, 60(6):983-989.
 - [36] 熊良伟, 崔天蕾. 介入治疗血液透析患者中心静脉病变的疗效观察[J]. 中国血液净化, 2022, 21(8):608-612.
 - [37] Farber A, Imrey PB, Huber TS, et al. HFM Study Group: Multiple preoperative and intraoperative factors predict early fistula thrombosis in the hemodialysis fistula maturation study[J]. J Vasc Surg, 2016, 63:163-170.
 - [38] 汪年松, 乔勇, 薛勤, 等. 鼻咽窝动静脉内瘘在血液透析中应用的临床研究[J]. 中国临床医学, 2015, 12(5):848-850.
 - [39] Malovrh M. Non-invasive evaluation of vessels by duplex sonography prior to construction of arteriovenous fistulas for haemodialysis[J]. Nephrol Dial Transplant, 1998, 13(1):125-129.
 - [40] Pamar J, Aslam M, Standfield N. Pre-operative radial arterial diameter predicts early failure of arterio-

- venous fistula (AVF) for haemodialysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2007, 33(1):113-115.
- [41] 陆明晰,郑欢欢,奚炜炜,等. 终末期肾病患者上肢动静脉超声评估的基线特征[J]. *中国血液净化*, 2022, 21(2):136-139.
- [42] Alice L. Uy, Rahul M, Jindal, et al. Impact of isometric handgrip exercises on cephalic vein diameter in non-AVF candidates, a pilot study[J]. *J Vasc Access*, 2013, 14 (2):157-163.
- [43] Jefferson BB, Tuira OM, Preiscila SA, et al. Does blood flow restriction training increase the diameter of forearm vessels in chronic kidney disease patients? A randomized clinical trial[J]. *J Vasc Access*, 2018;19(6):626-633.
- [44] Krishna KS, Lenny SSafri, Loo GH, et al. Effect of isometric handgrip exercise on the size of cephalic veins in patients with stage 3 and 4 chronic kidney disease: A randomized controlled trial[J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(3):372-378.
- [45] Yildirim V, Doganci S, Yanarates O, et al. Does pre-emptive stellate ganglion blockage increase the patency of radiocephalic arteriovenous fistula[J]. *Scand Cardiovasc J*, 2006, 40(6):380-384.
- [46] 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.
- [47] Sadaghianloo N, Contenti J, Dardik A, et al. Role of Hypoxia and Metabolism in the Development of Neointimal Hyperplasia in Arteriovenous Fistulas[J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(21): 5387.
- [48] 陈沁兰. 滋养血管在自体动静脉内瘘静脉内膜增生中的作用[J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2022, 31(1):90-94.
- [49] De Marco G LP, Davila-Santini LR, Feng Q, et al. Primary balloon angioplasty plus balloon angioplasty maturation to upgrade small-caliber veins (<3mm) for arteriovenous fistulas[J]. *J Vasc Surg*, 2010, 52(1):139-144.
- [50] 张博, 孙庆峰, 刘鑫禹, 等. 冠状动脉分流栓及Fogarty取栓导管在上肢动静脉内瘘成型术中的应用[J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2016, 2(3):207-211.
- [51] Earl S, Amy R, Carolyn B, et al. Comparison of clinical assessment with ultrasound flow for hemodialysis access surveillance[J]. *Arch Surg*, 2007, 142:1129-1133.
- [52] Fereshteh S, Gilda MN, Maryam 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.
- [53] Irati TG, Vicent ES, Sara I, et al. Elderly patients, isometric exercise, and native vascular access maturation: An unsolved question?[J]. *Hemodial Int*, 2021, 25(2):154-163.
- [54] Andrade FP, Benvenuto 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.
- [55] Sothida N, Tanop S, Termpong R, et al. A randomized controlled trial of the effect of post-operative hand exercise training on arteriovenous fistula maturation in patients with chronic kidney disease[J]. *J Vasc Surg*, 2022, 75(1):230-237.
- [56] 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, 20:306-314.
- [57] Toyokawa H, Matsui Y, Uhara J, et al. Promotive effects of far-infrared ray on full-thickness skin wound healing in rats[J]. *Exp Biol Med (Maywood)*, 2003, 228:724-729.
- [58] Wan QS, Yang SK, Li L, et al. Effects of far infrared therapy on arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: a meta-analysis[J]. *Ren Fail*, 2017, 39(1):613-622.
- [59] Bashar K, Healy D, Browne LD, et al. Role of far infrared therapy in dialysis arteriovenous fistula maturation and survival: systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2014, 9(8):e104931.
- [60] Vaes RH, Scheltinga MR. Side Branch Ligation for Hemodialysis-access-induced Distal Ischemia[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2012, 44(4): 452-456.
- [61] 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.
- [62] Vaes RH, Wouda R, Teijink JA, et al. Venous side branch ligation as a first step treatment for hemodialysis access induced hand ischaemia: effects on access flow volume and digital perfusion[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2015, 50(6): 810-814.
- [63] Tercan F, Koçyigit A, Güney B. Combined endovascular treatment with distal radial artery coil embolization and angioplasty in steal syndrome associated with forearm dialysis fistula[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016, 39(9):1266-1271.
- [64] Goel N, Miller GA, Jotwani MC, et al. Minimally invasive limited ligation endoluminal-assisted revision (MILLER) for the treatment of dialysis access-associated steal syndrome[J]. *Kidney Int*, 2006, 70:765-770.
- [65] Guerra A, Raynaud A, Beyssen B, et al. Arterial percutaneous angioplasty in upper limbs with vascular access devices for haemodialysis[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2002, 17: 843-851.
- [66] 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.
- [67] 张丽红, 杨涛, 詹申, 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.
- [68] William J, Robert B, John B, et al. Prevention of vascular access hand ischemia using the axillary artery as inflow[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 58(5):1305-1309.
- [69] 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.

(收稿日期:2023-08-07)

(本文编辑:苏华)