

静脉内径对于初次自体动静脉内瘘成形术手术成功率的影响*

马石杰¹ 杨薇² 康宇薇² 罗旭阳¹ 范译³ 牛思彧⁴ 邓菲^{1,2,5}

(1. 电子科技大学医学院·四川省医学科学院·四川省人民医院肾脏内科, 四川 成都 610072;

2. 西南医科大学附属医院肾内科, 四川 泸州 646000; 3. 川北医学院附属医院肾内科, 四川 南充 637000;

4. 四川省人民医院金牛医院·成都市金牛区人民医院手术麻醉中心, 四川 成都 610000;

5. 四川省人民医院新津医院·成都市新津区人民医院肾脏内科, 四川 成都 6114304)

【摘要】 目的 研究静脉内径对于初次自体动静脉内瘘成形术手术成功率的影响。方法 采用回顾性研究, 选取 2023 年 1 月—8 月在四川省人民医院住院治疗的患者, 所有患者均第一次行自体动静脉内瘘成形术, 且内瘘均为位于前臂的头静脉-桡动脉型内瘘, 吻合方式均采用端侧吻合, 收集患者的一般资料、实验室检查数据、血管超声、内瘘手术相关资料等, 根据手术结果将患者分为手术成功组及手术失败组, 对比两组之间资料的差异。采用 Logistic 回归分析初次动静脉内瘘手术成功率的影响因素, 绘制受试者工作特征曲线, 评估影响因素对于初次动静脉内瘘成形术手术成功的预测价值。结果 共纳入研究对象 170 例, 其中手术成功组 151 例, 手术失败组 19 例, 两组患者在年龄、身高、体重、BMI 值、血红蛋白、白蛋白、尿素、肌酐、尿酸、血钙、血磷、CRP、BNP、APTT、PT、动脉内径等方面未见明显差异($P>0.05$), 在血小板、静脉内径等方面存在统计学差异($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果提示, 血小板($OR=0.993, 95\%CI 0.987\sim 0.998, P=0.013$)、静脉内径($OR=4.719, 95\%CI 1.742\sim 12.782, P=0.002$)是手术成功的独立影响因素。ROC 曲线显示静脉内径($AUC=0.705, 95\%CI 0.583\sim 0.827, P=0.004$, 截断值=0.215 cm)是预测手术成功的重要指标。结论 静脉内径是预测初次动静脉内瘘成形术手术成功的重要影响因素, 行动静脉内瘘成形术术前评估时应重视静脉内径的大小。

【关键词】 动静脉内瘘成形术; 血液透析; 静脉内径; 血管通路; 终末期肾脏病

【中图分类号】 R459.5; R659.5 **【文献标志码】** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-3511.2025.09.017

The effect of venous diameter on the success of the first autogenous arteriovenous fistula plasty

MA Shijie¹, YANG Wei², KANG Yuwei², LUO Xuyang¹, FAN Yi³, NIU Siyu⁴, DENG Fei^{1,2,5}

(1. Department of Nephrology, School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Sichuan Academy of Medical Sciences, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, China;

2. Department of Nephrology, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan, China;

3. Department of Nephrology, The Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China;

4. Surgical Anesthesia Center, Jimniu Hospital of Sichuan Provincial People's Hospital, Jimniu District People's Hospital, Chengdu 610000, China;

5. Department of Nephrology, Xinjin District People's Hospital, Chengdu 6114304, China)

【Abstract】 Objective To investigate the influence of venous diameter on the success of autogenous arteriovenous fistula (AVF) plasty. Methods A retrospective study was conducted on patients hospitalized in Sichuan Provincial People's Hospital from January 2023 to August 2023. All patients underwent their first autogenous arteriovenous fistula plasty, with the AVF located in the forearm involving the cephalic vein and radial artery. End-to-side anastomosis technique was used for all patients. The general data, laboratory data, vascular ultrasound and AVF operation records were collect-

基金项目: 四川省老年医学临床医学研究中心开放课题(24LNYXSSA01); 四川省成都市金牛区医学科研课题(JNKY2024-49)

通信作者: 邓菲, 主任医师, E-mail: dengfei@med.uestc.edu.cn

引用本文: 马石杰, 杨薇, 康宇薇, 等. 静脉内径对于初次自体动静脉内瘘成形术手术成功率的影响[J]. 西部医学, 2025, 37(9): 1338-1342. DOI:

10.3969/j.issn.1672-3511.2025.09.017

ed. Based on the result of autogenous arteriovenous fistula plasty, patients were divided into the surgical success group and the surgical failure group, and their data were compared. Logistic regression analysis was used to identify factors influencing the success of arteriovenous fistula plasty. Receiver operating characteristic (ROC) curves were constructed to evaluate the predictive value of each influencing factor for arteriovenous fistula plasty. **Results** A total of 170 patients were included in the study, with 151 patients in the surgical success group and 19 patients in the surgical failure group. There were no significant differences between the two groups in terms of age, height, weight, BMI, hemoglobin, albumin, urea, creatinine, uric acid, calcium, phosphate, C-reactive protein, brain natriuretic peptide, prothrombin time, AVF anastomosis size, or arterial diameter ($P>0.05$). However, statistically significant differences were found in terms of platelet count and venous diameter ($P<0.05$). Multivariable Logistic regression analysis revealed that platelet count ($OR=0.993, 95\% CI 0.987-0.998, P=0.013$) and venous diameter ($OR=4.719, 95\% CI 1.742-12.782, P=0.002$) were independent influencing factors for surgical success. ROC curve analysis showed that venous diameter ($AUC=0.705, 95\% CI 0.583-0.827, P=0.004, cut-off value=0.215\text{ cm}$) was an important indicator for predicting surgical success. **Conclusion** Venous diameter is an important factor for predicting the success of arteriovenous fistula plasty. Therefore, careful consideration should be given to venous diameter during the preoperative evaluation of arteriovenous fistula plasty.

【Key words】 Autogenous arteriovenous fistula plasty; Hemodialysis; Venous diameter; Vascular access; End-stage renal disease

目前全球的慢性肾脏病患者人数正不断增加^[1], 对于进展至终末期肾脏病的患者, 血液透析是一种重要的肾脏替代治疗的方式^[2-4]。血液透析用血管通路是透析患者赖以生存的“生命线”, 一个可靠稳定的血管通路能够保证血液透析的顺利进行, 是肾衰竭患者赖以生存的基础^[5]。自体动静脉内瘘具有流量大、易穿刺、使用寿命长、并发症少的优点, 是目前全世界范围内大部分国家或地区首选的血管通路^[6-7]。既往研究中更多关注动静脉内瘘成熟或长期通畅的影响因素^[8-10], 而对影响造瘘手术成功的因素研究较少, 一次成功的自体动静脉内瘘成形术能够帮助患者顺利建立血管通路, 是等待内瘘成熟的前提条件, 能避免反复手术带来的身体痛苦及经济负担。本研究的目的是通过分析初次自体动静脉内瘘成形术手术成功率的影响因素, 并进一步评估影响因素对于手术成功的预测价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选择 2023 年 1 月—2023 年 8 月在四川省人民医院肾脏内科住院治疗的 170 例患者, 所有患者入院后行自体动静脉内瘘成形术。纳入标准: ①符合终末期肾脏病诊断标准。②术前接受上肢血管超声检查。③内瘘部位位于前臂, 吻合血管为头静脉-桡动脉, 吻合方式均采用端侧吻合。排除标准: ①既往已行动静脉内瘘成形术, 因内瘘成熟不良或功能欠佳再次手术者。②合并恶性肿瘤等重大疾病患者。③数据缺失过多或其它原因无法继续参加本研究。

1.2 研究方法

1.2.1 分组 采用回顾性调查研究, 纳入研究对象, 根据内瘘手术结果分为手术成功组和手术失败组, 所

有研究对象均行自体动静脉内瘘成形术, 内瘘部位位于前臂, 吻合血管为头静脉-桡动脉, 吻合方式均采用端侧吻合。通过查阅电子病历系统获得资料。

1.2.2 观察指标 ①一般资料: 收集患者的年龄、性别、身高、体重、高血压病史、糖尿病病史、心脑血管病史、长期服用抗凝药物病史、吸烟史等。②实验室指标: 收集患者术前血红蛋白、CRP、白蛋白、尿素、肌酐、尿酸、血钙、血磷、BNP、血小板、APTT、PT 等。③影像学资料: 根据术前血管超声的结果, 记录患者术前头静脉内径、桡动脉内径、是否合并桡动脉硬化等。④手术资料: 内瘘的手术部位、术中吻合口大小等。

1.2.3 结局事件 手术失败: ①临床失败(对患者动静脉内瘘成形术(Arteriovenous fistula, AVF)进行体格检查, 术后 72 h 内触诊仍未能触及震颤, 听诊血管杂音微弱或未能闻及血管杂音)^[11]。②影像学失败(术后行上肢血管超声提示内瘘血栓形成或其它原因导致内瘘不通)。满足上述两项任意一项, 则定义为手术失败。手术成功: 不满足手术失败的定义, 术后 72 h 内在内瘘处可触及震颤、听诊有吹风样血管杂音。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析, 呈正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 方差齐时组间比较采用独立样本 t 检验, 方差不齐时组间比较采用 t' 检验; 计数资料采用频数(百分比)表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用 Logistic 回归分析法分析自体动静脉内瘘成形术手术成功的影响因素, 在进行多因素 Logistic 回归分析前, 先采用单因素分析, 将单因素分析中有意义的变量纳入 Logistic 回归方程。绘制 ROC 曲线, 评估影响因素对自体动静脉内瘘成形术手

术成功的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 一共纳入研究对象 170 例,其中手术成功 151 例,手术失败 19 例,手术成功率为 88.82%。男性患者 105 例(61.76%),而女性患者 65 例(38.24%)。失败组平均年龄(50.32±15.59)岁,成功组平均年龄(55.42±15.27)岁,两组之间年龄、性别、身高、体重、BMI 值、高血压病史、糖尿病病史、心脑血管病史、长期口服抗凝药物史和吸烟史等差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组患者的一般资料比较 [$n(\times 10^{-2}), (\bar{x} \pm s)$]

Table 1 Comparison of general data between the two groups

| 项目 | 失败组(n=19) | 成功组(n=151) | t/χ^2 | P |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|------|
| 年龄(岁) | 50.32±15.59 | 55.42±15.27 | -1.37 | 0.17 |
| 男性 | 12 (63.16) | 93(61.59) | 0.02 | 0.90 |
| 身高(m) | 1.62±0.07 | 1.64±0.09 | -0.77 | 0.44 |
| 体重(kg) | 59.43±9.61 | 63.09±13.49 | -1.14 | 0.25 |
| BMI(kg/m ²) | 22.65±3.55 | 23.45±3.93 | -0.85 | 0.40 |
| 合并高血压 ^① | 15(78.95) | 139(92.05) | 2.04 | 0.15 |
| 合并糖尿病 | 5 (26.32) | 67(44.37) | 2.25 | 0.13 |
| 合并心脑血管疾病 ^① | 3 (15.79) | 28(18.54) | 0.00 | 1.00 |
| 长期服用抗凝药物 ^② | 0 (00.00) | 5 (3.31) | 0.00 | 1.00 |
| 吸烟史 | 7 (36.84) | 52 (34.44) | 0.04 | 0.84 |

注:①. 连续性修正的卡方检验,②. 费希尔精确检验。

2.2 实验室资料 两组患者之间血红蛋白、CRP、白蛋白、尿素、肌酐、尿酸、血钙、血磷、钙磷乘积、BNP、APTT、PT 等差异无显著统计学意义($P > 0.05$),而手术失败组的血小板高于手术成功组,差异具有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

表 2 两组患者的实验室资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of laboratory data between the two groups

| 项目 | 失败组(n=19) | 成功组(n=151) | t/χ^2 | P |
|--------------------------|-----------------|---------------|------------|------|
| 血红蛋白(g/L) | 83.84±16.55 | 85.86±17.26 | -0.48 | 0.63 |
| CRP ^① (mg/L) | 28.70±61.83 | 13.07±23.72 | 1.09 | 0.29 |
| 白蛋白(g/L) | 32.98±7.29 | 34.47±6.82 | -0.89 | 0.38 |
| 尿素(mmol/L) | 26.82±12.74 | 25.02±10.87 | 0.67 | 0.50 |
| 肌酐(μ mol/L) | 822.37±359.09 | 793.57±445.83 | 0.27 | 0.79 |
| 尿酸(μ mol/L) | 450.58±165.38 | 393.99±150.27 | 1.53 | 0.13 |
| 血钙(mmol/L) | 1.97±0.22 | 2.04±0.24 | -1.22 | 0.22 |
| 血磷(mmol/L) | 2.01±0.95 | 1.72±0.63 | 1.76 | 0.08 |
| 钙磷乘积 | 3.90±1.72 | 3.47±1.25 | 1.34 | 0.18 |
| BNP ^① (pg/mL) | 1522.60±3961.36 | 509.47±849.81 | 1.11 | 0.28 |
| 血小板($\times 10^9/L$) | 222.74±92.62 | 171.22±76.50 | 2.70 | 0.01 |
| APTT(s) | 29.26±3.88 | 27.77±4.86 | 1.29 | 0.20 |
| PT(s) | 12.70±2.65 | 12.09±3.29 | 0.77 | 0.44 |

注:①. 不假定等方差的 t 检验。

2.3 影像学资料及手术资料 两组患者在动脉内径、是否合并桡动脉硬化、内瘘的左右手分布和术中

内瘘吻合口大小等方面的差异无统计学意义($P > 0.05$),手术失败组的静脉内径小于手术成功组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。

表 3 两组患者的影像学资料及手术资料比较 [$n(\times 10^{-2}), (\bar{x} \pm s)$]

Table 3 Comparison of imaging data and surgical data between the two groups

| 项目 | 失败组(n=19) | 成功组(n=151) | t/χ^2 | P |
|------------------------|-----------|------------|------------|-------|
| 内瘘位置 ^① (左手) | 16(84.21) | 131(86.75) | 0.00 | 1.00 |
| 动脉内径(cm) | 0.20±0.04 | 0.21±0.04 | -0.91 | 0.37 |
| 静脉内径(cm) | 0.16±0.06 | 0.21±0.07 | -3.28 | <0.01 |
| 吻合口大小(cm) | 0.63±0.09 | 0.65±0.11 | -0.70 | 0.48 |
| 合并桡动脉硬化 | 8 (42.11) | 53(35.10) | 0.36 | 0.55 |

注:①. 连续性修正的卡方检验。

2.4 动静脉内瘘成形术手术成功的影响因素 将上述两组资料比较中有意义的指标纳入多因素 Logistic 回归,最终成功纳入血小板及静脉内径进入回归模型,多因素 Logistic 回归结果提示血小板(每增加 $1 \times 10^9/L$, $OR = 0.993$, 95% CI 0.987 ~ 0.998, $P = 0.013$)、静脉内径(每增加 1 mm, $OR = 4.719$, 95% CI 1.742 ~ 12.782, $P = 0.002$)是手术成功的独立影响因素,见表 4。

表 4 关于手术成功的多因素 Logistic 回归分析

Table 4 Multivariate Logistic regression analysis of surgical success

| 变量 | B | 标准误 | Wald 值 | 自由度 | P | OR | 95%CI |
|------|--------|-------|--------|-----|-------|-------|--------------|
| 血小板 | -0.007 | 0.003 | 6.120 | 1 | 0.013 | 0.993 | 0.987~0.998 |
| 静脉内径 | 1.552 | 0.508 | 9.316 | 1 | 0.002 | 4.719 | 1.742~12.782 |

2.5 静脉内径对于手术成功的预测价值 使用静脉内径为检验变量绘制 ROC 曲线,ROC 曲线结果显示静脉内径($AUC = 0.705$, 95% CI 0.583 ~ 0.827, $P = 0.004$,截断值 = 0.215 cm)对于初次自体动静脉内瘘成形术具有预测价值,见图 1。

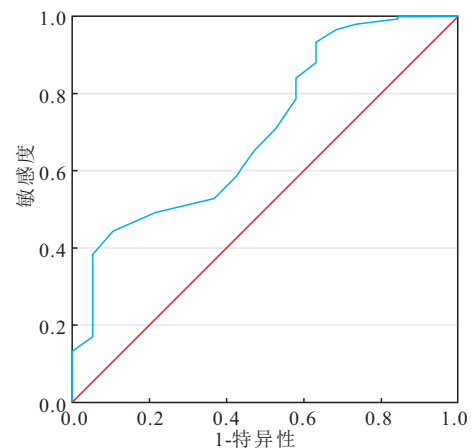


图 1 静脉内径对于手术成功的预测价值

Figure 1 Predictive value of venous diameter for surgical success

3 讨论

血液透析是终末期肾脏病患者的重要治疗手段,对于规律透析患者而言,一个理想的血管通路是其进行透析治疗的基础。自体 AVF 具有使用寿命长、流量好、并发症少等优势,是目前全球范围内广泛使用的血管通路^[12-14]。自体 AVF 在建立后需要等待内瘘成熟才能使用,我国血液透析用血管通路专家共识(第 2 版)将内瘘成熟定义为:①物理检查显示,吻合口震颤良好,无异常增强、减弱或消失;瘘体段静脉走行平直、表浅、易穿刺,粗细均匀,有足够可供穿刺的区域,瘘体血管壁弹性良好,可触及震颤,无搏动增强或减弱、消失。②测定自然血流量 >500 mL/min,穿刺段静脉内径 ≥ 5 mm,距皮深度小于 6 mm^[6]。但一次成功的自体 AVF 成形术是等待内瘘成熟的基础,多次反复手术不仅会增加患者住院率及医疗费用,还影响患者生活质量,且可能加重慢性肾脏病患者的心理负担。本研究主要探讨前臂初次自体动静脉内瘘成形术手术成功的影响因素,旨在针对不同患者进行提前评估,以便在术前对手术指征、手术方案等选择做出准确的判断,提高手术成功率,减少多次手术为患者带来的身体负担及心理、经济负担。

动静脉内瘘是通过手术将患者的邻近表浅动静脉通过不同的吻合方式所建立的一种用于血液透析的血管通路^[15],患者的血管条件将对动静脉内瘘产生直接的影响。Hoffstaetter 等^[16]的研究发现,术前静脉内径是动静脉内瘘成功成熟的独立预测因素,当术前静脉内径 >2.5 mm 时,患者的动静脉内瘘有更高的成熟可能性。Martinez-Mier 等^[17]研究发现,静脉内径除了能够影响动静脉内瘘的成熟,而且对内瘘的长期通畅性有着重要的作用,静脉内径更大的内瘘,有着更长的内瘘平均生存时间。对于细小静脉内径的患者,虽然较小的静脉内径可能带来更低的内瘘成熟率,但随着经皮腔内血管成形术及其他腔内治疗技术的不断发展,在动静脉内瘘成形术后等待内瘘成熟的过程中若出现内瘘成熟不良,再予以促成熟干预似乎成为一种选择。但一次成功的动静脉内瘘成形术是等待内瘘成熟的前提,若手术失败将丧失后期等待成熟以及予以腔内治疗促成熟的机会。既往关于自体动静脉内瘘的研究,更多关注对动静脉内瘘成熟率及长期通畅率的影响,而对动静脉内瘘成形术手术结局的研究则相对较少。本研究发现静脉内径将直接影响动静脉内瘘成形术的手术成功率,较小的静脉内径可能直接导致内瘘手术的失败,丧失成功构建血管通路的机会。因此,在自体动静脉内瘘成形术前应充分利用血管超声对患者的静脉内径进行评估^[18],对于

静脉内径较小的患者,贸然开展动静脉内瘘手术可能导致手术失败。静脉内径对于手术成功的影响原因可能在于静脉血管越纤细,在手术操作过程中给术者带来的吻合难度越大,过小的静脉内径会导致动静脉内径不匹配,进而导致吻合口的狭窄及血流动力学的紊乱,从而导致内瘘的闭塞及手术的失败^[19-21]。此外,关于构建自体动静脉内瘘的最佳血管内径值,目前各国家及地区尚未达成完全一致意见。日本血液透析血管通路指南建议使用止血带后的静脉内径应在 1.6~2.5 mm^[22],而 KDOQI 血管通路临床实践指南认为对于 AVF,术前动静脉内径没有最小阈值^[7],不过对于内径小于 2 mm 的血管,术前应对血管条件及可行性进行仔细评估。目前已有的相关研究中关于最佳静脉内径的差异,一方面可能与不同国家和人种之间患者血管条件的差别有关,另一方面与评估血管内径时是否为束臂状态相关,在束臂前后患者的血管内径存在明显的变化。本研究在常规状态下(未束臂)利用血管超声对患者的血管条件进行评估,发现静脉内径预测手术成功的最佳截断值为 0.215 cm,静脉内径大于此截断值会有更高的可能实现内瘘手术成功,此数值可为我国的终末期肾脏病患者在未束臂的常规状态下的静脉血管评估提供一定参考。Farrington 等^[23]通过对 300 例患者进行回顾性分析,认为术前动脉直径与 AVF 能够成熟及成功使用相关,但本研究尚未发现动脉直径与初次动静脉内瘘成形术手术成功之间的显著关系,未来需进一步深入研究。

本研究结果还提示,血小板是初次动静脉内瘘成形术手术成功的独立危险因素,较高的血小板水平可能导致手术失败。Sarioglu 等^[24]研究发现较高的血小板水平与动静脉内瘘狭窄及血栓形成密切相关。而 Ullah 等^[25]发现应用抗血小板药物能够抑制动静脉内瘘血栓形成,维持内瘘的通畅性。内瘘血栓的形成是影响动静脉内瘘通畅性的重要原因^[26],在行动静脉内瘘成形术时,手术对于血管的损伤将使得血管壁深层组织暴露,大量被激活的血小板黏附在已受损的血管壁上且不断聚集形成血小板血栓使得内瘘闭塞,对造瘘手术的成功造成影响。且血小板对于血液黏稠度有着重要影响^[27],当血小板水平升高,血液黏稠度随之升高,血小板更易聚集形成血栓导致通路的闭塞。

本研究还存在一定局限性:①本研究为单中心的回顾性研究,样本量较少,未来需开展多中心、前瞻性的大样本量研究进一步论证本研究的结果。②本研究未纳入血管血流速度、内瘘血流量等指标,可能存

在数据片面化等问题,有待进一步深入研究。

4 结论

对于初次行前臂自体动静脉内瘘成形术的终末期肾脏病患者,静脉内径和血小板水平是手术成功的独立影响因素。同时,静脉内径在预测初次自体动静脉内瘘成形术手术成功中具有一定的应用价值。在临床工作中,行动静脉内瘘手术之前应该利用血管超声对静脉内径进行充分评估,合理利用患者的血管资源,减少患者反复手术所带来的负担。

【参考文献】

- [1] GBD Chronic Kidney Disease Collaboration. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. *Lancet*, 2020, 395(10225): 709-733.
- [2] VACHHARAJANI T J, TALIERCIO J J, ANVARI E. New devices and technologies for hemodialysis vascular access: a review[J]. *Am J Kidney Dis*, 2021, 78(1): 116-124.
- [3] BASILE C, DAVENPORT A, MITRA S, *et al.* Frontiers in hemodialysis: innovations and technological advances[J]. *Artif Organs*, 2021, 45(2): 175-182.
- [4] 孙君,张宝红,田媛媛,等. 尿蛋白定量与尿血细胞形态分析在慢性肾脏病早期预警系统中的应用研究[J]. *西部医学*, 2025, 37(7): 1004-1010.
- [5] STEGMAYR B, WILLEMS C, GROTH T, *et al.* Arteriovenous access in hemodialysis: a multidisciplinary perspective for future solutions[J]. *Int J Artif Organs*, 2021, 44(1): 3-16.
- [6] 金其庄,王玉柱,叶朝阳,等. 中国血液透析用血管通路专家共识(第2版)[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(6): 365-381.
- [7] LOK C E, HUBER T S, 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.
- [8] BAHY M. Effect of artery diameter and velocity and vein diameter on upper limb arteriovenous fistula outcomes[J]. *Sci World J*, 2022, 2022: 2158013.
- [9] COLLEY E, SIMMONS A, VARCOE R, *et al.* Arteriovenous fistula maturation and the influence of fluid dynamics[J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2020, 234(11): 1197-1208.
- [10] JIANG Y, HUANG X Y, SHAN Y, *et al.* The difference in diameter between radial artery and cephalic vein correlates with primary patency of radio-cephalic arteriovenous fistula [J]. *J Vasc Access*, 2024, 25(3): 914-921.
- [11] LEE T, MOKRZYCKI M, MOIST L, *et al.* Standardized definitions for hemodialysis vascular access[J]. *Semin Dial*, 2011, 24(5): 515-524.
- [12] HARDUIN L O, BARROSO T A, GUERRA J B, *et al.* Guidelines on vascular access for hemodialysis from the Brazilian society of angiology and vascular surgery[J]. *J Vasc Bras*, 2023, 22: e20230052.
- [13] ALLON M, ZHANG Y, THAMER M, *et al.* Trends in vascular access among patients initiating hemodialysis in the US[J]. *JAMA Netw Open*, 2023, 6(8): e2326458.
- [14] SCHMIDL J, WIDMER M K, 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.
- [15] 李杰,侯国存. 动静脉内瘘成形术相关新技术应用进展[J]. *中国血液净化*, 2023, 22(4): 287-291.
- [16] HOFFSTAETTER T, SILPE J, DELIJANI D, *et al.* Sex disparities in arteriovenous fistula maturation outcomes[J]. *Ann Vasc Surg*, 2023, 95: 197-202.
- [17] MARTINEZ-MIER G, CISNEROS-TINOCO M A, SANCHEZ-RUIZ F G. Vein and artery diameter influence on arteriovenous fistula maturation and patency in a Mexican population[J]. *J Vasc Access*, 2023, 24(4): 599-605.
- [18] CHYTILOVA E, JEMCOV T, MALIK J, *et al.* Role of Doppler ultrasonography in the evaluation of hemodialysis arteriovenous access maturation and influencing factors[J]. *J Vasc Access*, 2021, 22(1_suppl): 42-55.
- [19] KUDZE T, ONO S, FEREYDOONI A, *et al.* Altered hemodynamics during arteriovenous fistula remodeling leads to reduced fistula patency in female mice[J]. *JVS Vasc Sci*, 2020, 1: 42-56.
- [20] PROUSE G, STELLA S, VERGARA C, *et al.* Computational analysis of turbulent hemodynamics in radiocephalic arteriovenous fistulas to determine the best anastomotic angles[J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, 68: 451-459.
- [21] GHOSH N K, BHATTACHARJEE H K, PRAJAPATI O, *et al.* Impact of clinical parameters and vascular haemodynamics on arterio-venous fistula maturation in patients with end stage renal disease: a prospective study on Indian patients[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(4): 508-514.
- [22] 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.
- [23] FARRINGTON C A, ROBBIN M L, LEE T, *et al.* Early predictors of arteriovenous fistula maturation: a novel perspective on an enduring problem[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2020, 31(7): 1617-1627.
- [24] SARIOGLU O, CAPAR A E, BELET U. Relationship of arteriovenous fistula stenosis and thrombosis with the platelet-lymphocyte ratio in hemodialysis patients[J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(5): 630-635.
- [25] ULLAH K, BASHIR M, AIN N U, *et al.* Medical adjuvant therapy in reducing thrombosis with arteriovenous grafts and fistulae use: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2021, 27: 10760296211063882.
- [26] ZHANG Y M, CHEN W, WEI H L, *et al.* Analysis of predictive factors of thrombosis in autogenous arteriovenous fistula [J]. *J Vasc Access*, 2024, 25(4): 1134-1139.
- [27] SIMMONDS M J, MEISELMAN H J, DETTERICH J A. Blood rheology and hemodynamics: still illuminating after 20 years[J]. *Semin Thromb Hemost*, 2024, 50(6): 916-918.

(收稿日期:2024-12-17; 修回日期:2025-07-30; 编辑:张翰林)