

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.05.012
文章编号: 1005-8982 (2025) 05-0072-06

临床研究·论著

终末期肾病透析患者血清去甲肾上腺素及血管紧张素Ⅱ在动静脉内瘘狭窄形成中的价值分析*

蔡东, 姚向飞, 权皎洁, 石膏琼, 王小玲
(西安高新医院 肾脏内科, 陕西 西安 710075)

摘要: **目的** 探讨终末期肾病透析患者血清去甲肾上腺素(NE)和血管紧张素Ⅱ(AngⅡ)与动静脉内瘘狭窄形成的关系,评估NE和AngⅡ作为动静脉内瘘狭窄发生的生物标志物的价值。**方法** 选取2021年1月—2024年1月西安高新医院肾内科收治的190例终末期肾病透析患者作为研究对象,根据动静脉内瘘狭窄的有无分为狭窄组64例和非狭窄组126例。选取同期健康体检的40例健康人为对照组。比较3组的血清NE和AngⅡ水平;比较两组终末期肾病透析患者的临床资料;采用多因素一般Logistic回归模型分析动静脉内瘘狭窄的影响因素,并通过ROC曲线评估NE和AngⅡ对终末期肾病透析患者动静脉内瘘狭窄的预测价值。**结果** 与对照组比较,狭窄组和非狭窄组患者血清NE和AngⅡ水平高($P < 0.05$)。狭窄组患者的Alb水平低于非狭窄组,CRP、NE、AngⅡ高于非狭窄组($P < 0.05$)。多因素一般Logistic回归模型结果显示,CRP水平高[OR = 1.331 (95% CI: 1.030, 1.721)、NE水平高[OR = 1.015 (95% CI: 1.010, 1.021)]、AngⅡ水平高[OR = 1.101 (95% CI: 1.054, 1.150)]均是终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的危险因素($P < 0.05$)。Alb水平高[OR = 0.248 (95% CI: 0.066, 0.932)]是终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的保护因素($P < 0.05$)。ROC曲线分析结果显示,NE和AngⅡ联合检测对动静脉内瘘狭窄具有较高的预测价值,曲线下面积为0.943(95% CI: 0.904, 0.982),敏感性为84.4%(95% CI: 0.731, 0.922),特异性为93.7%(95% CI: 0.879, 0.972)。**结论** 终末期肾病透析患者血清NE、AngⅡ水平的升高与动静脉内瘘狭窄的发生有关,可作为预测动静脉内瘘狭窄的生物标志物。

关键词: 动静脉内瘘狭窄; 终末期肾病; 去甲肾上腺素; 血管紧张素Ⅱ; 透析

中图分类号: R692.5

文献标识码: A

Role of serum norepinephrine and angiotensin II in arteriovenous fistula stenosis in dialysis patients with end-stage renal disease*

Cai Dong, Yao Xiang-fei, Quan Jiao-jie, Shi Xiao-qiong, Wang Xiao-ling
(Department of Nephrology, Xi'an Gaoxin Hospital, Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: Objective To investigate the relationship between serum norepinephrine (NE) and angiotensin II (Ang II) levels and arteriovenous fistula (AVF) stenosis in dialysis patients with end-stage renal disease (ESRD) and evaluate their potential as biomarkers for AVF stenosis. **Methods** A total of 190 ESRD dialysis patients admitted to the Department of Nephrology at Xi'an Gaoxin Hospital from January 2021 to January 2024 were enrolled. Based on the presence of AVF stenosis, patients were divided into a stenosis group ($n = 64$) and a non-stenosis group ($n = 126$). Forty healthy adults from the same period served as the control group. Serum NE and Ang II levels were compared among the three groups. Clinical data of ESRD dialysis patients were analyzed, and multivariate logistic regression was used to identify risk factors for AVF stenosis. Receiver operating characteristic (ROC) curves

收稿日期: 2024-11-19

* 基金项目: 陕西省重点研发计划项目(No: 2022SF-130)

[通信作者] 王小玲, E-mail: 18391767909@163.com; Tel: 18391767909

assessed the predictive value of NE and Ang II for AVF stenosis. **Results** Compared to the control group, the stenosis and non-stenosis groups exhibited significantly higher serum NE and Ang II levels (both $P < 0.05$). The stenosis group had lower albumin (Alb) levels and higher C-reactive protein (CRP), NE, and Ang II levels than the non-stenosis group (all $P < 0.05$). Multivariate analysis identified elevated CRP [$\hat{OR} = 1.331$ (95% CI: 1.030, 1.721)], NE [$\hat{OR} = 1.015$ (95% CI: 1.010, 1.021)], and Ang II [$\hat{OR} = 1.101$ (95% CI: 1.054, 1.150)] as independent risk factors for AVF stenosis (all $P < 0.05$). Higher Alb levels were a protective factor [$\hat{OR} = 0.248$ (95% CI: 0.066, 0.932)], $P < 0.05$. ROC analysis showed that combined NE and Ang II testing had high predictive value for AVF stenosis [AUC = 0.943 (95% CI: 0.904, 0.982)], with a sensitivity of 84.4% (95% CI: 0.731, 0.922) and specificity of 93.7% (95% CI: 0.879, 0.972). **Conclusion** Elevated serum NE and Ang II levels in ESRD dialysis patients are associated with AVF stenosis and may serve as predictive biomarkers.

Keywords: arteriovenous fistula stenosis; end-stage renal disease; norepinephrine; angiotensin II; dialysis

终末期肾病透析患者常面临动静脉内瘘狭窄的并发症,这种并发症会影响透析的效率,进而影响患者的生活质量和存活率^[1]。内瘘狭窄的形成是复杂的病理过程,其中内皮功能障碍和血管重塑起关键作用^[2-3]。近年来,血管活性物质,如去甲肾上腺素(norepinephrine, NE)和血管紧张素Ⅱ(angiotensin II, Ang II)被认为在内瘘狭窄的形成中扮演重要角色。NE是重要的神经递质和激素,其在血管收缩和血压调节中具有关键作用^[4]; Ang II是强效血管收缩剂,能够影响血管平滑肌细胞的增殖^[5]。本研究旨在探讨终末期肾病透析患者血清NE和Ang II水平与动静脉内瘘狭窄形成之间的关系,评估这些生物标志物在预测和监测内瘘狭窄中的潜在价值,揭示其在内瘘狭窄病理机制中的作用,为终末期肾病患者的透析管理提供更有针对性的治疗策略。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年1月—2024年1月西安高新医院肾内科收治的终末期肾病透析患者190例作为研究对象。纳入标准:①所有患者均符合终末期肾病的诊断标准^[6],肾小球滤过率低于 $15 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 并持续至少3个月;②均行血液透析治疗,至少连续3个月;③动静脉内瘘的手术方式均采用桡动脉与头静脉的端侧吻合;④超声检查时间间隔 ≤ 2 周。排除标准:①中心静脉狭窄;②合并有严重心脏病、肝功能不全或其他严重并发症的患者;③透析过程中使用免疫抑制剂或服用血管紧张素类药物的患者;④无法配合研究要求或依从性差的患者。选取同期本院健康体检的40例成人

为对照组。本研究经医院医学伦理委员会审核批准(No:2024006)。

1.2 分组

动静脉内瘘建立后6~8周,通过彩色多普勒超声评估,狭窄部位多位于吻合口及静脉端。诊断标准:吻合口狭窄内径 $< 2.5 \text{ mm}$;静脉末端狭窄需满足以下条件:狭窄区内径 $< 3.0 \text{ mm}$,且相较于邻近正常段内径缩减50%,峰值流速超过 4 m/s ,流速比值 > 2.5 ^[7]。根据上述标准将190例终末期肾病透析患者分为狭窄组64例和非狭窄组126例。

1.3 方法

1.3.1 临床资料收集 两组患者的临床资料,包含年龄、性别、吸烟史、糖尿病史、高血压史、高脂血症史、药物使用情况[血管紧张素转换酶抑制剂(angiotensin-converting enzyme inhibitors, ACEI)、血管紧张素Ⅱ受体拮抗剂(angiotensin II receptor blockers, ARB)、选择性 β 受体抑制剂、非选择性 β 受体抑制剂]、维持透析时间、透析频率、透析超滤量以及术前静脉近心端管径。

1.3.2 实验室资料收集 采集对照组体检时和终末期肾病透析患者入院24 h内空腹静脉血 5 mL , $3\ 000 \text{ r}/\text{min}$ 离心 10 min (离心半径为 10 cm),取上清液待测。采用全自动生化分析仪检测白蛋白(Albumin, Alb)、C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(Triglycerides, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、钾(Potassium, K)、钙(calcium, Ca)、磷(phosphorus, P)、血红蛋白(hemoglobin, Hb),采用酶联免疫吸附试验检测NE和Ang II,试剂盒均购自北京沃莱士生

物科技有限公司。

1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 27.0 统计软件。计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 比较用 t 检验; 计数资料以构成比或率 (%) 表示, 比较用 χ^2 检验; 影响因素的分析采用多因素一般 Logistic 回归模型; 绘制受试者工作特征 (receiver operator characteristic, ROC) 曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组血清 NE 和 Ang II 水平比较

3 组血清 NE 和 Ang II 水平比较, 经方差分析, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 狭窄组和非狭窄组血清 NE 和 Ang II 水平比对照组高 ($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 终末期肾病透析患者动静脉内瘘狭窄的单因素分析

狭窄组与非狭窄组患者的年龄、性别构成、吸烟率、糖尿病率、高血压率、高血脂率、药物使用情况、维持透析时间、透析频率、透析超滤量、术前静脉近心端管径、TC、TG、HDL-C、LDL-C、K、Ca、P、Hb 水平比较, 经 t/χ^2 检验, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 狭窄组与非狭窄组患者 Alb、CRP、NE、Ang II

表 1 血清 NE 和 Ang II 水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	NE/(ng/mL)	Ang II/(pg/mL)
狭窄组	64	434.19 ± 153.04	87.57 ± 15.24
非狭窄组	126	213.89 ± 90.95	66.12 ± 14.88
对照组	40	32.91 ± 7.11	31.64 ± 4.20
F 值		190.331	203.262
P 值		0.000	0.000

水平比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 狭窄组患者的 Alb 水平低于非狭窄组 ($P < 0.05$), CRP、NE、Ang II 高于非狭窄组。见表 2。

2.3 终末期肾病透析患者动静脉内瘘狭窄的多因素一般 Logistic 回归分析

以终末期肾病透析患者是否发生动静脉内瘘狭窄 (否 = 0, 是 = 1) 为因变量, 以 Alb、CRP、NE、Ang II 水平 (均为实测值) 为自变量, 进行多因素一般 Logistic 回归分析, 结果显示: CRP 水平高 [$\hat{OR} = 1.331$ (95% CI: 1.030, 1.721)、NE 水平高 [$\hat{OR} = 1.015$ (95% CI: 1.010, 1.021)]、Ang II 水平高 [$\hat{OR} = 1.101$ (95% CI: 1.054, 1.150)] 均是终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的危险因素 ($P < 0.05$), Alb 水平高 [$\hat{OR} = 0.248$ (95% CI: 0.066, 0.932)] 是终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的保护因素 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 2 终末期肾病透析患者动静脉内瘘狭窄的单因素分析

组别	n	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	男/女/例	吸烟史 例(%)		糖尿病史 例(%)		高血压史 例(%)	
				无	有	无	有	无	有
狭窄组	64	52.28 ± 6.78	40/24	56(87.50)	8(12.50)	44(68.75)	20(31.25)	37(57.81)	27(42.19)
非狭窄组	126	53.47 ± 7.15	80/46	112(88.89)	14(11.11)	98(77.78)	28(22.22)	82(65.08)	44(34.92)
t/χ^2 值		1.103	0.018	0.08		1.832		0.958	
P 值		0.271	0.893	0.777		0.176		0.328	

组别	高脂血症史 例(%)		药物使用情况 例(%)			维持透析时间/(月, $\bar{x} \pm s$)	透析频率 例(%)	
	无	有	ACEI	ARB	选择性 β 受体抑制剂		1 ~ 2 次/周	≥ 3 次/周
狭窄组	42(65.63)	22(34.38)	15(23.44)	9(14.06)	18(28.13)	32.74 ± 13.15	19(29.69)	45(70.31)
非狭窄组	98(77.78)	28(22.22)	34(26.98)	18(14.29)	37(29.37)	33.12 ± 11.58	42(33.33)	84(66.67)
t/χ^2 值	3.233		0.279	0.002	0.032	0.204	0.259	
P 值	0.072		0.597	0.967	0.859	0.838	0.611	

组别	透析超滤量/(kg, $\bar{x} \pm s$)	术前静脉近心端管径/(mm, $\bar{x} \pm s$)	Alb/(g/dL, $\bar{x} \pm s$)	CRP/(mg/L, $\bar{x} \pm s$)	TC/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	TG/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	HDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)
狭窄组	2.47 ± 0.79	2.28 ± 0.35	3.85 ± 0.44	15.31 ± 2.47	3.72 ± 0.92	1.53 ± 0.87	0.84 ± 0.29
非狭窄组	2.50 ± 0.81	2.34 ± 0.42	4.07 ± 0.42	13.87 ± 2.10	3.68 ± 0.89	1.61 ± 0.83	0.91 ± 0.30
t/χ^2 值	0.243	1.310	3.358	4.205	0.289	0.618	1.537
P 值	0.808	0.192	0.001	0.000	0.773	0.537	0.126

续表2

组别	LDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	K/(mEq/L, $\bar{x} \pm s$)	Ca/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	P/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	Hb/(g/L, $\bar{x} \pm s$)	NE/(ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	Ang II/(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)
狭窄组	1.82 ± 0.41	4.89 ± 0.11	2.24 ± 0.06	1.65 ± 0.69	99.57 ± 2.48	434.19 ± 153.04	87.57 ± 15.24
非狭窄组	1.78 ± 0.35	4.87 ± 0.10	2.23 ± 0.05	1.48 ± 0.67	100.03 ± 2.11	213.89 ± 90.95	66.12 ± 14.88
t/χ ² 值	0.702	1.259	1.216	1.636	1.337	10.604	9.315
P值	0.484	0.209	0.225	0.103	0.183	0.000	0.000

表3 终末期肾病透析患者动静脉内瘘狭窄的多因素一般Logistic回归分析参数

自变量	b	S _b	Wald χ ²	P值	OR	95% CI	
						下限	上限
Alb	-1.396	0.676	4.262	0.039	0.248	0.066	0.932
CRP	0.286	0.131	4.774	0.029	1.331	1.030	1.721
NE	0.015	0.003	30.923	0.000	1.015	1.010	1.021
Ang II	0.096	0.022	18.490	0.000	1.101	1.054	1.150

2.4 血清NE、Ang II水平对终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的预测价值分析

基于血清NE、Ang II水平对终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的评估效能构建ROC曲线。

血清NE、Ang II联合预测的曲线下面积为0.943(95% CI: 0.904, 0.982), 敏感性为84.4%(95% CI: 0.731, 0.922), 特异性为93.7%(95% CI: 0.879, 0.972), 约登指数为0.781。见表4和图1。

表4 血清NE以及Ang II水平对终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的预测分析

指标	截断值	曲线下面积	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
NE	342.50 ng/mL	0.890	0.835	0.944	75.0	0.626	0.850	92.9	0.849	0.956
Ang II	76.15 pg/mL	0.839	0.780	0.898	79.7	0.678	0.887	73.8	0.652	0.812
联合	-	0.943	0.904	0.982	84.4	0.731	0.922	93.7	0.879	0.972

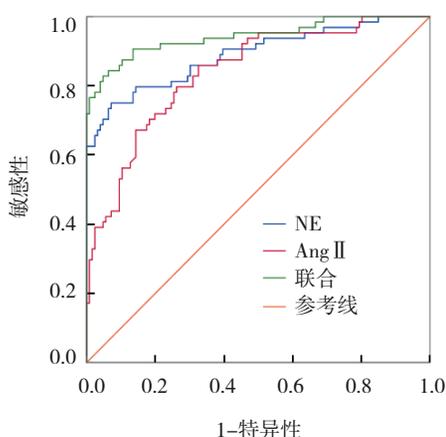


图1 血清NE、Ang II水平预测终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的ROC曲线

3 讨论

终末期肾病是需要长期透析治疗或肾移植的严重慢性疾病,其发病率在全球范围内逐年增

加^[8-9]。终末期肾病患者通常依赖血液透析维持生命,而动静脉内瘘是最常用的透析血管通路^[10-12]。然而,动静脉内瘘的狭窄和闭塞是影响透析效果和患者预后的主要并发症之一。研究表明,动静脉内瘘狭窄患者的炎症状态、血管内皮功能及血流动力学变化密切相关^[13-14]。动静脉内瘘狭窄的典型表现包括透析时的血流量减少、静脉压升高和透析充分性下降^[15-16]。彩色多普勒超声是诊断动静脉内瘘狭窄的常规方法,通过评估内瘘血流动力学变化和狭窄部位来确定狭窄程度。然而,早期识别和监测内瘘狭窄仍然是挑战,尤其是在狭窄尚未引起明显临床症状时^[17]。研究表明,NE和Ang II在动静脉内瘘狭窄的形成中起重要作用。刘娟等^[18]的研究显示,NE的过度表达可能导致血管平滑肌细胞增生和内皮细胞功能障碍,从而促使内瘘狭窄形成。在终末期肾病患者中,NE和Ang II的水平与内瘘狭窄的严

重程度密切相关,这为早期诊断和干预提供新的思路。LEE 等^[19]的研究指出,内瘘狭窄患者在狭窄治疗后的长期透析过程中,面临着反复狭窄和透析不充分的风险,导致生活质量下降和增加的医疗负担。尽管临床评估和影像学检查如彩色多普勒超声被常规用于内瘘狭窄的诊断,但在早期识别和病情评估上仍存在局限性。因此,识别并应用敏感且非侵入性的生物标志物对改进动静脉内瘘狭窄的早期诊断和预后评估至关重要。

本研究终末期肾病透析患者中,发生动静脉内瘘狭窄患者的 Alb 水平较低,而 CRP、NE、Ang II 水平较高,这表明炎症反应和内皮功能障碍在内瘘狭窄形成中起重要作用。Alb 水平降低可能与慢性炎症和营养不良相关,这会影 响胶体渗透压的维持,导致液体渗出增加,进而加重组织水肿和血管功能的受损^[20]。CRP 的升高标志着系统性炎症的增强^[21]。NE 和 Ang II 的升高与交感神经系统和肾素-血管紧张素系统的过度激活有关,促使血管平滑肌细胞增生和内皮细胞功能障碍,加剧内瘘狭窄的形成。本研究结果显示,CRP、NE、Ang II 水平高是终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄的独立危险因素。具体原因为 CRP 作为急性期反应蛋白,是全身性炎症反应的标志。炎症可以激活内皮细胞,增加内皮细胞的黏附分子表达,促进白细胞黏附和迁移,从而导致局部炎症反应和血管损伤。CRP 可以刺激血管平滑肌细胞增生和迁移,导致血管内膜增厚和管腔狭窄,还可以通过激活补体系统和促进凝血途径,增加血栓形成的风险,从而可能对内瘘的功能产生不利影响^[22]。NE 是交感神经系统的主要神经递质,其水平升高与交感神经系统的过度激活密切相关;NE 能够引起血管平滑肌细胞收缩,增加血管阻力和血流剪切力,导致内皮细胞损伤和功能障碍^[23];可以促进血管平滑肌细胞的增生和迁移,导致血管内膜增厚和狭窄,还可以增强炎症反应,通过激活炎症细胞和释放炎症介质,加剧局部炎症和血管损伤^[24]。Ang II 是肾素-血管紧张素系统的关键效应分子,其水平升高与多种心血管和肾脏疾病相关。Ang II 能够直接作用于血管平滑肌细胞,诱导其增生和迁移,导致血管内膜增厚和管腔狭窄;可以刺激内皮细胞产生多种促炎症因子和生长因子,增强局部炎症反应和细胞外基质的沉积^[25]。血清

NE 和 Ang II 联合预测在终末期肾病透析患者发生动静脉内瘘狭窄中的评估效能显著优于单一指标,其曲线下面积为 0.943,表明预测模型具有很高的准确性,敏感性和特异性分别为 84.4% 和 93.7%,显示该两者联合在早期识别内瘘狭窄方面的可靠性。结合血清 NE 和 Ang II 水平,可以更早、更准确地预测动静脉内瘘狭窄的风险,从而及时采取干预措施,改善患者的透析效果和预后。这一发现为临床实践提供了重要的参考,有助于优化透析患者的管理策略。

综上所述,本研究揭示了血清 NE、Ang II 水平在预测终末期肾病透析患者动静脉内瘘狭窄发生中的重要价值,两者联合具有较高的诊断敏感性和特异性。这为临床实践提供重要的参考,能够帮助早期识别高风险患者,优化透析管理策略。本研究的局限性包括样本量相对有限,研究对象仅限于单一中心,可能影响结果的普遍性;此外,未能深入探讨其他潜在影响因子,如基因变异和药物使用情况对 NE 和 Ang II 水平的影响。未来研究应扩大样本规模,开展多中心研究,以验证结果的广泛适用性;同时,进一步探索 NE 和 Ang II 在不同人群中的表达模式及其与其他生物标志物的相互作用,推动精准医疗的发展。

参 考 文 献 :

- [1] DEMIRCI D E, DEMIRCI D, İNCI A. Long-term impacts of different dialysis modalities on right ventricular function in patients with end-stage renal disease[J]. *Echocardiography*, 2022, 39(10): 1316-1323.
- [2] 郭卫东, 张晓玲, 李文洪, 等. 彩色多普勒超声监测在终末期肾病患者动静脉瘘成形术中的临床应用[J]. *河北医科大学学报*, 2021, 42(2): 205-208.
- [3] 张玲, 陈明喆, 王志芳, 等. 超声引导 PTA 治疗血液透析动静脉内瘘狭窄治疗中的应用[J]. *中国中西医结合肾病杂志*, 2022, 23(4): 309-312.
- [4] ARISHI H, ALQAHTANI S, TAMIM H, et al. Combination of norepinephrine with phenylephrine versus norepinephrine with vasopressin in critically ill patients with septic shock: a retrospective study[J]. *J Crit Care*, 2022, 72: 154121.
- [5] 杜美玲, 王晓元, 李会贤, 等. LncRNA FOXD3-AS1 靶向 miR-127-3p 对 AngII 诱导的血管平滑肌细胞的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(14): 3456-3462.
- [6] LEVEY A S, CORESH J, BALK E, et al. National kidney foundation practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification[J]. *Ann Intern Med*,

- 2003, 139(2): 137-147.
- [7] 黄少敏, 岑忠耿, 张伟帅, 等. 彩色多普勒超声评估透析患者动静脉内瘘血栓及狭窄的临床价值[J]. 中国超声医学杂志, 2016, 32(1): 31-33.
- [8] 张慧, 杨薇, 魏丹, 等. 中国终末期肾病患者认知障碍发生率的Meta分析[J]. 临床肾脏病杂志, 2023, 23(1): 52-61.
- [9] 陈敏亚, 邓跃赢, 余军, 等. 终末期肾病维持性血液透析患者症状负担的影响因素分析[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(21): 92-98.
- [10] HEGBRANT J, BERNAT A, DEL CASTILLO D, et al. Residual renal phosphate clearance in patients receiving hemodialysis or hemodiafiltration[J]. J Ren Nutr, 2023, 33(2): 326-331.
- [11] 黄文彤, 隋晓露, 谢婷妃, 等. 动静脉内瘘功能障碍机制的研究进展[J]. 中国医师杂志, 2024, 26(6): 958-960.
- [12] PFISTER M, D'AVALOS L V, MÜLLER P C, et al. Long-term patency of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a decade's experience in a transplant unit[J]. Hemodial Int, 2023, 27(4): 388-399.
- [13] 孙利军, 阮琳, 赵文婷, 等. Gal-3通过ERK1/2通路诱导血管平滑肌细胞增殖促进大鼠动静脉内瘘狭窄发生的机制[J]. 西部医学, 2023, 35(3): 331-335.
- [14] ZHOU G, CHEN Y C, CHIEN C, et al. Deep learning analysis of blood flow sounds to detect arteriovenous fistula stenosis[J]. NPJ Digit Med, 2023, 6(1): 163.
- [15] 王吉萍, 陈海金, 吴丽华, 等. B超引导下经皮腔内血管成形术治疗血液透析患者自体动静脉内瘘狭窄的疗效研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(2): 215-218.
- [16] BAEK S D, JEUNG S, GO J, et al. Blood temperature monitoring-guided vascular access intervention improved dialysis adequacy[J]. J Vasc Access, 2021, 22(4): 515-520.
- [17] 易柏林, 郭启航, 王美莲, 等. 内瘘狭窄的血液透析患者PTA术后第1、2周开始穿刺透析过程中内瘘再狭窄情况对比观察[J]. 山东医药, 2021, 61(30): 69-72.
- [18] 刘娟, 杨明正, 陈正芳, 等. 血液透析患者动静脉内瘘狭窄与中性粒细胞弹性蛋白酶水平的相关性[J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(8): 821-824.
- [19] LEE H, BAEK G, LEE E. Effects of an arteriovenous fistula stenosis prevention program in patients receiving hemodialysis[J]. Osong Public Health Res Perspect, 2023, 14(4): 279-290.
- [20] 杨梅, 郭宗琳, 任婷婷. 血清C反应蛋白与白蛋白比值、白细胞介素-22、肝素结合蛋白对慢性肾衰竭血液透析患者并发感染的早期预测价值[J]. 中国血液净化, 2024, 23(12): 915-919.
- [21] AHN S S, YOON T, SONG J J, et al. Serum albumin, prealbumin, and ischemia-modified albumin levels in patients with ANCA-associated vasculitis: a prospective cohort study[J]. PLoS One, 2022, 17(7): e0271055.
- [22] 杨潭影. 血清可溶性血管细胞粘附分子1、微小RNA-126水平与维持性血液透析患者动静脉内瘘狭窄的相关性[J]. 国际泌尿系统杂志, 2022, 42(3): 385-389.
- [23] GRASSI G, FOWLER B, SCALI B, et al. Sympathetic activation and heart rate thresholds for cardiovascular risk in chronic kidney disease[J]. J Hypertens, 2022, 40(8): 1530-1536.
- [24] BARUT J, RAFA-ZABŁOCKA K, JURGA A M, et al. Genetic lesions of the noradrenergic system trigger induction of oxidative stress and inflammation in the ventral midbrain[J]. Neurochem Int, 2022, 155: 105302.
- [25] MOHAMMEDSALEH Z M, HASSANEIN E H M, ALI F E M, et al. Perindopril dampens cd-induced nephrotoxicity by suppressing inflammatory burden, ang II/ang 1-7, and apoptosis signaling pathways[J]. Biol Trace Elem Res, 2024, 202(7): 3193-3203.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 蔡东, 姚向飞, 权皎洁, 等. 终末期肾病透析患者血清去甲肾上腺素及血管紧张素II在动静脉内瘘狭窄形成中的价值分析[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(5): 72-77.

Cite this article as: CAI D, YAO X F, QUAN J J, et al. Role of serum norepinephrine and angiotensin II in arteriovenous fistula stenosis in dialysis patients with end-stage renal disease[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(5): 72-77.