

本文引用: 吴柏杨, 庾金丽, 魏昌林, 等. 慢性肾脏病血液透析患者透析间期不同血钾水平与自体动静脉内瘘血栓形成的相关性分析[J]. 中国动脉硬化杂志, 2025, 33(11): 961-970, 996. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2025.11.006.

[文章编号] 1007-3949(2025)33-11-0961-10

· 临床研究 ·

慢性肾脏病血液透析患者透析间期不同血钾水平与自体动静脉内瘘血栓形成的相关性分析

吴柏杨, 庾金丽, 魏昌林, 李 秋, 颜怀荣

四川大学华西空港医院 成都市双流区第一人民医院肾病内科, 四川省成都市 610200

[摘要] **[目的]** 探究慢性肾脏病(CKD)维持性血液透析(MHD)患者透析间期平均血钾水平对患者自体动静脉内瘘(AVF)血栓形成的影响。**[方法]** 回顾性分析 2021 年 10 月—2022 年 10 月于本院进行 MHD 的 CKD 患者 159 例,根据患者不同透析间期平均血钾水平,将患者分为高血钾组($n=53$)、血钾正常组($n=61$)及低血钾组($n=45$),对所有患者均随访 1 年或随访至 AVF 血栓形成。收集患者一般资料,检测患者入组时生物化学指标、炎症因子、AVF 超声指标及氧化应激因子水平。采用多因素 Logistic 回归方程分析临床指标对 MHD 患者 AVF 血栓形成的影响;采用受试者工作特征(ROC)曲线评估临床指标对 MHD 患者 AVF 血栓形成的预测效能;采用区间似然比对间期平均血钾水平进行分层分析,进一步观察 MHD 患者 AVF 血栓形成与间期平均血钾水平之间的关系是否稳定。**[结果]** 与血钾正常组相比,高血钾组和低血钾组的 C 反应蛋白(CRP)、全段甲状旁腺激素(iPTH)、降钙素原(PCT)、甘油三酯(TG)、丙二醛(MDA)、髓过氧化物酶(MPO)、肱动脉阻力指数(RI)、肱动脉搏动指数(PI)、桡动脉 PI 水平均明显升高,而白蛋白(Alb)、总胆固醇(TC)、超氧化物歧化酶(SOD)水平及内瘘血流量均明显降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。AVF 血栓形成患者收缩压、舒张压、内瘘血流量、Alb 及 SOD 水平明显低于 AVF 血栓未形成患者($P<0.05$);AVF 血栓形成患者间期平均血钾水平、CRP、iPTH、PCT、肱动脉 RI、肱动脉 PI、桡动脉 PI、桡动脉 RI、MDA 及 MPO 水平明显高于 AVF 血栓未形成患者($P<0.05$)。ROC 曲线对多因素 Logistic 回归方程所建立的模型进行分析,发现模型一、模型二均具有较为良好的预测效能,且模型二的预测效能最佳;区间似然比结果显示,当患者间期平均血钾水平为 3.5~4.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的可能性最低,当患者间期平均血钾水平 >5.5 mmol/L 或 <3.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的可能性较高,当患者间期平均血钾水平 >5.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的概率最高,是未发生 AVF 血栓患者的 3.925 倍。**[结论]** 透析间期平均血钾水平异常可能诱发 CKD 患者出现 AVF 血栓形成,可在 MHD 治疗期间对血钾水平进行监测,以便及时进行干预,提升患者临床治疗效果。

[关键词] 慢性肾脏病; 维持性血液透析; 透析间期; 血钾; 动静脉内瘘; 血栓形成

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Correlation analysis between different serum potassium levels during the hemodialysis interval and thrombosis of autologous arteriovenous fistula in patients with chronic kidney disease

WU Baiyang, TUO Jinli, WEI Changlin, LI Qiu, YAN Huairong

Department of Nephrology, West China (Airport) Hospital Sichuan University & the First People's Hospital of Chengdu Shuangliu District, Chengdu, Sichuan 610200, China

[ABSTRACT] **Aim** To investigate the effect of interdialytic serum potassium levels on thrombosis of autologous arteriovenous fistula (AVF) in patients with chronic kidney disease (CKD) on maintenance haemodialysis (MHD).

Methods 159 CKD patients who underwent MHD in our hospital from October 2021 to October 2022 were retrospectively analyzed. They were divided into hyperkalemia group ($n=53$), normal serum potassium group ($n=61$) and hypokalemia

[收稿日期] 2024-12-29

[修回日期] 2025-07-29

[基金项目] 四川省医药科学研究基金项目(2021ZC012)

[作者简介] 吴柏杨,主治医师,研究方向为血液透析管理,E-mail:118192471@qq.com。通信作者颜怀荣,主任医师,研究方向为肾病学,E-mail:13708002563@qq.com。

group ($n=45$) according to the mean serum potassium level of patients with different dialysis intervals, and all patients were followed up for 1 year or followed up until AVF thrombosis. General data were collected and the following indicators were detected at the time of patient enrolment, including biochemical indicators, inflammatory factors, ultrasound indicators of AVF and oxidative stress factors levels. Multifactorial Logistic regression equations were used to analyze the effects of clinical indicators on AVF thrombosis in MHD patients, receiver operating characteristic (ROC) curve was used to assess the predictive efficacy of clinical indicators on AVF thrombosis; And interval likelihood ratio was used to stratify interdialytic serum potassium levels, and further observe whether the relationship was stability between AVF thrombosis and interdialytic serum potassium levels in MHD patients.

Results Compared with the normal serum potassium group, the levels of C-reactive protein (CRP), intact parathyroid hormone (iPTH), procalcitonin (PCT), triglyceride (TG), malondialdehyde (MDA), myeloperoxidase (MPO), brachial artery resistance index (RI), brachial artery pulsatility index (PI) and radial artery PI were significantly elevated in hyperkalemia group and hypokalemia group, while the levels of albumin (Alb), total cholesterol (TC), superoxide dismutase (SOD) and fistula blood flow were significantly reduced ($P<0.05$). Systolic blood pressure, diastolic blood pressure, fistula blood flow, Alb and SOD levels were significantly lower in patients with AVF thrombosis than those in patients with AVF unthrombosis ($P<0.05$); Interdialytic mean serum potassium level, CRP, iPTH, PCT, brachial artery RI, brachial artery PI, radial artery PI, radial artery RI, MDA and MPO levels were significantly higher in patients with AVF thrombosis ($P<0.05$). The ROC curve was used to analyse the model established by the multifactorial Logistic regression equation, and it was found that model 1 and model 2 had good predictive efficacy, and model 2 had the best predictive efficacy. The results of the interval likelihood ratio showed that: when the patient's interdialytic serum potassium level was 3.5 ~ 4.5 mmol/L, the possibility of the patient's AVF thrombosis was the lowest, and when the patient's interdialytic serum potassium level was >5.5 mmol/L or <3.5 mmol/L, the possibility of the patient's AVF thrombosis was higher, and when the patient's serum potassium level was >5.5 mmol/L, the probability of AVF thrombosis was the highest in patients, which was 3.925 times higher than that of patients without AVF thrombosis.

Conclusion Abnormal interdialytic serum potassium levels may induce AVF thrombosis in CKD patients. Serum potassium levels can be monitored during MHD treatment to enable timely intervention and improve clinical treatment outcomes for patients.

[**KEY WORDS**] chronic kidney disease; maintenance haemodialysis; interdialysis; serum potassium; arteriovenous fistula; thrombosis

目前慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)已成为全球性的健康问题,据一项荟萃分析显示,全球约有 13.4% 的人群患有 CKD,且有 79% 的 CKD 患者处于疾病晚期,即终末期肾病(end stage renal disease, ESRD)^[1-2]。维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)是 CKD 尤其是 ESRD 患者重要的肾脏替代疗法之一^[3]。血管通路通畅是保障 MHD 治疗效果的基础,而 MHD 患者最为理想的血管通路为自体动静脉内瘘(arteriovenous fistula, AVF),具有使用方便、血液流量充足、感染率低等优点,是 MHD 首选血管通路^[4-5]。但研究表明 AVF 1 年通畅率为 62% ~ 79%,而 2 年后通畅率仅为 35% ~ 38%,其中 AVF 通路内血栓形成是影响 AVF 通畅率的主要原因之一,严重影响 MHD 患者临床治疗效果^[6]。有研究表明,血管功能损伤会提高患者血栓形成风险,而血栓会导致 AVF 内瘘口阻塞、狭窄,进而增加 AVF 失功风险^[7-8]。另有研究表明,离子代谢失衡会影响血管渗透压水平,造成血管钙化,同时血管钙化也是影响 AVF 血栓形成的重要因素^[9-10]。目前临床有关离子代谢水平对 AVF 血栓

形成影响的研究多集中于钙、磷等离子,对钾离子水平与 AVF 血栓形成的研究少见报道。由于 MHD 具有周期性特点,患者血钾水平也随之发生周期性波动,而血钾水平的快速波动会对患者预后造成一定程度的不良影响^[11]。基于此,本研究通过分析 MHD 的 CKD 患者透析间期平均血钾水平对患者 AVF 血栓形成的影响,为临床预防 MHD 患者 AVF 血栓形成,保证 MHD 临床治疗效果提供理论依据。

1 资料和方法

1.1 研究对象

收集 2021 年 10 月—2022 年 10 月于我院进行 MHD 的 CKD 患者 211 例,根据纳入、排除标准,排除 52 例,最终纳入患者 159 例,其中男性 100 例,女性 59 例,年龄 30 ~ 50 岁,平均 (38.77 ± 3.27) 岁。本研究经我院伦理委员会审核批准,符合《赫尔辛基宣言》,审批号:SL20200163。

纳入标准:①接受规律性 MHD ≥ 3 个月,且每周接受治疗 2 ~ 3 次;② AVF 血管通路均为我院建

立,且使用时间 ≥ 1 年者;③CKD病情稳定,未处于急性期者;④近期末接受抗栓类药物治者;⑤年龄 ≥ 18 岁者;⑥临床资料完整者。

排除标准:①严重急性心脑血管事件、活动性器质性疾病及恶性肿瘤者;②合并自身免疫系统疾病或血液系统疾病者;③接受肾移植或其他器官移植治疗史者;④因农药中毒或脓毒症等需进行MHD治疗者;⑤建立AVF通道1个月内出现内瘘血栓、狭窄需进行溶栓或手术干预者;⑥既往高钾血症或低血钾史者。

1.2 分组方法

将患者前次透析后血钾水平与本次透析前血钾水平的平均值,视为透析间期血钾水平;将患者随访期间所有透析间期血钾水平取平均值,视为透析间期平均血钾水平,具体计算方法为:透析间期平均血钾水平 $=[(第2次透析前血钾水平+第1次透析后血钾水平)/2+(第3次透析前血钾水平+第2次透析后血钾水平)/2+\dots+(第n次透析前血钾水平+第n-1次透析后血钾水平)/2]/(n-1)$, n 为随访期间总透析次数。

透析前抽血时间:所有患者均于透析开始前于静脉端抽取血液样本5 mL(导管需先抽取10 mL血液样本丢弃,避免血液样本被封管液稀释)。透析后抽血时间:所有患者均于透析结束后,先停止超滤、血流量控制为100 mL/min,15~30 s后从动脉段采集血液样本5 mL。

根据患者不同透析间期平均血钾水平,将患者分为高血钾组($n=53$)、血钾正常组($n=61$)及低血钾组($n=45$),其中高血钾组血钾水平 >5.5 mmol/L、血钾正常组血钾水平3.5~5.5 mmol/L、低血钾组血钾水平 <3.5 mmol/L^[12]。

1.3 观察指标

1.3.1 一般资料 根据我院病历管理系统,收集患者年龄、性别、体质指数(body mass index, BMI)、透析前收缩压和舒张压、CKD病因、AVF位置、吻合方式、是否进行高通量透析等一般资料。

其中BMI计算公式为: $BMI = \text{体重(kg)} / \text{身高(m)}^2$ 。CKD病因诊断参考《内科学》^[13]中肾脏疾病诊断标准。

1.3.2 AVF血栓形成判断标准 使用触诊法及血管彩色超声检查对AVF血栓是否形成进行评估,具体诊断标准如下:①AVF通路出现局部性疼痛,触诊时内瘘搏动、震颤及杂音出现减弱或完全消失;②经超声检查显示血栓形成^[14]。

1.3.3 临床指标 所有患者入组后,抽取清晨

空腹静脉血5 mL,采用ELISA法检测患者C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、全段甲状旁腺激素(intact parathyroid hormone, iPTH)、降钙素原(procalcitonin, PCT)水平;采用全自动生物化学分析仪检测患者血红蛋白(hemoglobin, Hb)、白蛋白(albumin, Alb)、甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、血磷、血钙水平。按公式计算钙磷乘积:钙磷乘积=血钙(mmol/L) $\times$ 血磷(mmol/L),单位为(mmol/L)²。

所有患者入组后,采用血管彩色多普勒超声,对头静脉直径、桡动脉直径水平进行检测;采用脉冲多普勒检测患者肱动脉和桡动脉阻力指数(resistance index, RI)、搏动指数(pulsation index, PI)及内瘘血流量。

1.3.4 氧化应激指标 所有患者入组后,抽取清晨空腹静脉血5 mL,检测患者血清中丙二醛(malondialdehyde, MDA)、髓过氧化物酶(myeloperoxidase, MPO)及超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)水平,其中MDA检测方法为硫代巴比妥酸法、MPO检测方法为比色法、SOD检测方法为黄嘌呤氧化酶法。

1.4 随访时间

通过查阅患者电子病历、门诊随访等方式,对入组患者进行随访。所有患者均于每次透析前检查是否出现AVF血栓,所有患者均随访1年或出现AVF血栓,最后入组患者末次随访日期为2023年10月30日。

1.5 统计学处理方法

所有数据均使用SPSS 26.0软件进行分析,以 $\bar{x} \pm s$ 表示计量资料,组间比较采用 t 检验或单因素方差分析;以例数和百分比表示计数资料,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher检验;采用多因素Logistic回归方程分析临床指标对MHD患者AVF血栓形成的影响;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估临床指标对MHD患者AVF血栓形成的预测效能;采用区间似然比对间期平均血钾水平进行分层分析,进一步观察MHD患者AVF血栓形成与间期平均血钾水平之间的关系是否稳定;使用中介效应模型分析氧化应激指标在间期平均血钾水平与AVF血栓形成间的中介效应。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组患者一般资料对比

三组患者年龄、性别、BMI、收缩压、舒张压、

CKD 病因、AVF 位置、吻合方式、是否进行高通量透析差异均无显著性($P>0.05$, 表 1)。

表 1. 各组患者一般资料对比
Table 1. Comparison of general information of patients in each group

项目	高血钾组($n=53$)	血钾正常组($n=61$)	低血钾组($n=45$)	F/χ^2	P
年龄/岁	38.74±3.35	39.26±3.31	38.13±3.09	1.555	0.214
男/女/[例(%)]	37/16(69.81/30.19)	34/27(55.74/44.26)	29/16(64.44/35.56)	2.472	0.291
BMI/(kg/m ²)	20.93±2.07	20.19±1.95	20.76±1.94	2.173	0.117
收缩压/mmHg	116.11±10.78	118.41±9.80	114.89±8.79	1.764	0.175
舒张压/mmHg	81.38±7.63	80.10±7.46	82.62±6.31	1.595	0.206
CKD 病因/[例(%)]				2.331	0.887
慢性肾小球肾炎	14(26.42)	18(29.51)	15(33.33)		
糖尿病肾病	11(20.75)	15(24.59)	13(28.89)		
高血压肾病	16(30.19)	17(27.87)	10(22.22)		
其他	12(22.64)	11(18.03)	7(15.56)		
AVF 位置/[例(%)]				3.684	0.450
手腕部	16(30.19)	20(32.79)	18(40.00)		
前臂中部	25(47.17)	27(44.26)	14(31.11)		
肘部	12(22.64)	14(22.95)	13(28.89)		
吻合方式/[例(%)]				4.212	0.378
端端吻合	31(58.49)	40(65.57)	22(48.89)		
端侧吻合	13(24.53)	11(18.04)	10(22.22)		
侧侧吻合	9(16.98)	10(16.39)	13(28.89)		
行高通量透析/[例(%)]	38(71.70)	34(55.74)	28(62.22)	3.108	0.211

2.2 各组患者临床指标对比

三组患者 Hb、头静脉直径、桡动脉直径、桡动脉 RI、血钙和血磷水平、钙磷乘积对比差异无显著性($P>0.05$)。与血钾正常组患者相比,高血钾组间期平均血钾水平升高了 25.88%,低血钾组间期平均

血钾水平降低了 34.16%;高血钾组和低血钾组 CRP、iPTH、PCT、TG、MDA、MPO 水平及肱动脉 RI、肱动脉 PI、桡动脉 PI 均显著升高,Alb、TC、SOD 水平及内瘘血流量均显著降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$, 表 2)。

表 2. 各组患者临床指标对比
Table 2. Comparison of clinical indicators of patients in each group

项目	高血钾组($n=53$)	血钾正常组($n=61$)	低血钾组($n=45$)	F	P
间期平均血钾水平/(mmol/L)	6.08±0.21 ^a	4.83±0.44	3.18±0.14 ^{ab}	1 082.073	<0.001
CRP/(ng/L)	8.44±0.80 ^a	7.72±0.90	8.42±0.68 ^a	14.502	<0.001
iPTH/(μg/L)	278.93±14.67 ^a	270.97±17.58	280.50±14.77 ^a	5.738	0.004
PCT/(μg/L)	0.78±0.10 ^a	0.67±0.11	0.81±0.15 ^a	20.857	<0.001
Hb/(g/L)	104.96±8.01	101.48±9.50	104.41±8.59	2.594	0.078
Alb/(g/L)	34.77±3.19 ^a	39.07±3.22	37.40±3.13 ^{ab}	26.021	<0.001
TG/(mmol/L)	1.81±0.27 ^a	1.71±0.21	1.83±0.21 ^a	4.264	0.016
TC/(mmol/L)	4.01±0.39 ^a	4.19±0.29	4.02±0.32 ^a	5.178	0.007
头静脉直径/mm	2.27±0.16	2.29±0.31	2.25±0.30	0.295	0.745
桡动脉直径/mm	2.10±0.26	2.16±0.25	2.08±0.24	1.510	0.224
肱动脉 RI	0.52±0.04 ^a	0.48±0.03	0.53±0.05 ^a	24.357	<0.001

续表					
项目	高血钾组(<i>n</i> =53)	血钾正常组(<i>n</i> =61)	低血钾组(<i>n</i> =45)	<i>F</i>	<i>P</i>
肱动脉 PI	0.94±0.12 ^a	0.89±0.13	0.97±0.13 ^a	5.441	0.005
桡动脉 RI	0.39±0.07	0.36±0.08	0.38±0.04	2.937	0.056
桡动脉 PI	0.52±0.03 ^a	0.49±0.06	0.53±0.05 ^{ab}	9.922	<0.001
内瘘血流量/(mL/min)	1 041.22±93.66 ^a	1 098.66±98.42	1 035.81±99.94 ^{ab}	7.168	0.001
MDA/(μmol/L)	14.93±1.59 ^a	10.47±1.85	12.05±1.44 ^{ab}	104.227	<0.001
MPO/(U/L)	24.14±1.70 ^a	18.81±1.79	21.55±1.60 ^{ab}	138.443	<0.001
SOD/(×10 ³ U/L)	83.43±4.11 ^a	98.01±5.17	89.35±3.56 ^{ab}	157.624	<0.001
血钙/(mmol/L)	2.15±0.19	2.15±0.25	2.08±0.19	1.709	0.184
血磷/(mmol/L)	1.96±0.19	1.98±0.17	1.95±0.20	0.366	0.694
钙磷乘积/(mmol/L) ²	4.21±0.52	4.25±0.60	4.05±0.55	1.763	0.175

注:a 为 *P*<0.05,与血钾正常组相比;b 为 *P*<0.05,与高血钾组相比。

2.3 间期平均血钾水平与氧化应激指标的多元线性回归分析

多元线性回归分析结果显示,SOD 与患者间期

平均血钾水平呈负相关关系(*P*<0.05),MDA、MPO 与患者间期平均血钾水平呈正相关关系(*P*<0.05,表 3)。

表 3. 间期平均血钾水平与氧化应激指标的多元线性回归分析

Table 3. Multiple linear regression analysis of interdialytic mean serum potassium levels and indicators of oxidative stress

项目	模型一		模型二	
	β (95% CI)	<i>P</i>	β (95% CI)	<i>P</i>
MDA	0.141(0.067 ~ 0.216)	<0.001	0.236(0.036 ~ 0.634)	0.024
MPO	0.053(0.021 ~ 0.196)	<0.001	0.134(0.021 ~ 0.504)	0.007
SOD	-0.011(-0.035 ~ -0.007)	<0.001	-0.610(-0.890 ~ -0.480)	0.001

注:模型一为调整患者年龄、性别、BMI、CKD 病因、AVF 位置、吻合方式、是否进行高通量透析、肱动脉 PI、桡动脉 RI;模型二为调整患者 CRP、iPTH、PCT、Hb、Alb、TG、TC、头静脉直径、桡动脉直径、肱动脉 RI、桡动脉 PI、内瘘血流量。

2.4 血栓是否形成的 MHD 患者临床指标对比

AVF 血栓形成与血栓未形成患者的年龄、性别、BMI、CKD 病因、AVF 位置、吻合方式、行高通量透析、Hb、TG、TC、头静脉直径、桡动脉直径对比差异均无显著性(*P*>0.05);与血栓未形成组相比,血栓形成组患者收缩压和舒张压均显著降低,间期平

均血钾水平、CRP、iPTH、PCT、肱动脉 RI、肱动脉 PI、桡动脉 RI、桡动脉 PI 水平均显著升高,内瘘血流量降低,MDA、MPO 水平显著升高,Alb 和 SOD 水平降低,血钙、血磷水平及钙磷乘积升高,差异均具有统计学意义(*P*<0.05,表 4)。

表 4. 血栓形成与血栓未形成的 MHD 患者临床指标对比

Table 4. Comparison of clinical indicators in MHD patients with and without thrombus formation

项目	血栓未形成组(<i>n</i> =85)	血栓形成组(<i>n</i> =74)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
年龄/岁	38.92±3.33	38.59±3.23	0.632	0.528
男/女/[例(%)]	55/30(64.71/35.29)	45/29(60.81/39.19)	0.257	0.612
BMI/(kg/m ²)	20.36±1.97	20.87±2.02	1.609	0.110
收缩压/mmHg	118.34±9.95	114.70±9.58	2.341	0.020
舒张压/mmHg	82.49±6.49	79.80±7.81	2.372	0.019
CKD 病因/[例(%)]			1.882	0.597
慢性肾小球肾炎	22(25.88)	25(33.78)		

续表

项目	血栓未形成组($n=85$)	血栓形成组($n=74$)	t/χ^2	P
糖尿病肾病	20(23.53)	19(25.68)		
高血压肾病	26(30.59)	17(22.97)		
其他	17(20.00)	13(17.57)		
AVF 位置/[例(%)]			2.168	0.338
手腕部	25(29.41)	29(39.19)		
前臂中部	36(42.35)	30(40.54)		
肘部	24(28.24)	15(20.27)		
吻合方式/[例(%)]			2.737	0.254
端端吻合	52(61.18)	41(55.41)		
端侧吻合	14(16.47)	20(27.03)		
侧侧吻合	19(22.35)	13(17.56)		
高通量透析/[例(%)]	49(57.65)	51(68.92)	2.154	0.142
间期平均血钾水平/(mmol/L)	4.55±1.01	5.04±1.31	2.659	0.009
CRP/(ng/L)	7.91±0.90	8.44±0.75	3.999	<0.001
iPTH/(μg/L)	272.89±17.72	280.26±13.70	2.901	0.004
PCT/(μg/L)	0.71±0.14	0.79±0.11	3.964	<0.001
Hb/(g/L)	102.53±9.50	104.54±7.98	1.432	0.154
Alb/(g/L)	38.76±3.33	35.32±3.12	6.690	<0.001
TG/(mmol/L)	1.74±0.20	1.81±0.26	1.915	0.057
TC/(mmol/L)	4.11±0.30	4.05±0.39	1.095	0.275
头静脉直径/mm	2.30±0.29	2.24±0.23	1.431	0.155
桡动脉直径/mm	2.15±0.26	2.08±0.24	1.755	0.081
肱动脉 RI	0.49±0.05	0.52±0.04	4.136	<0.001
肱动脉 PI	0.90±0.13	0.96±0.12	3.008	0.003
桡动脉 RI	0.36±0.07	0.39±0.06	2.879	0.005
桡动脉 PI	0.50±0.06	0.53±0.03	3.897	<0.001
内瘘血流量/(mL/min)	1 081.33±100.66	1 039.21±97.32	2.673	0.008
MDA/(μmol/L)	11.29±2.00	13.69±2.45	6.798	<0.001
MPO/(U/L)	20.39±2.61	22.48±2.66	4.992	<0.001
SOD/(×10 ³ U/L)	92.46±6.49	88.68±8.34	3.209	0.002
血钙/(mmol/L)	2.08±0.21	2.18±0.21	2.995	0.003
血磷/(mmol/L)	1.93±0.18	2.01±0.18	2.795	0.006
钙磷乘积/(mmol/L) ²	4.02±0.55	4.37±0.54	4.036	<0.001

2.5 影响 MHD 患者 AVF 血栓形成的多因素 Logistic 回归分析

将收缩压、舒张压、肱动脉 RI、肱动脉 PI、桡动脉 PI、桡动脉 RI、内瘘血流量、CRP、iPTH、PCT 及 Alb 作为自变量,将 AVF 血栓是否形成(否=0,是=1)作为因变量,纳入多因素 Logistic 回归方程进行分析,并以此结果建立模型一;在模型一的基础上,将 MDA、MPO、SOD、血钙和血磷水平、钙磷乘积及间期平均血钾水平纳入多因素 Logistic 回归方程,并建立模型二(表 5)。

对模型一、模型二进行 Hosmer-Lemeshow 检验,结果显示模型一 $\chi^2=7.745$ 、 $P=0.459$,模型二 $\chi^2=5.060$ 、 $P=0.751$,表明模型拟合优度良好。

2.6 间期平均血钾水平及临床指标对 MHD 患者 AVF 血栓形成的预测效能

使用 ROC 曲线对多因素 Logistic 回归方程所建立的模型进行分析,结果显示,模型一、模型二的曲线下面积(area under curve, AUC)分别为 0.879、0.924,均具有较为良好的预测效能,且模型二的预测效能最佳(表 6 和图 1)。

表 5. 影响 MHD 患者 AVF 血栓形成的多因素 Logistic 回归分析

Table 5. Multifactorial Logistic regression analysis affecting AVF thrombosis in MHD patients

变量	模型一			模型二		
	OR	95% CI	P	OR	95% CI	P
收缩压	0.569	0.378 ~ 0.855	0.007	0.887	0.799 ~ 0.984	0.024
舒张压	0.839	0.743 ~ 0.947	0.005	0.866	0.773 ~ 0.970	0.013
肱动脉 RI	11.179	2.467 ~ 50.661	0.002	4.665	1.282 ~ 16.973	0.020
肱动脉 PI	4.623	1.601 ~ 13.348	0.005	3.271	1.204 ~ 8.887	0.021
桡动脉 RI	11.101	2.287 ~ 53.880	0.003	7.493	1.378 ~ 40.749	0.020
桡动脉 PI	3.935	1.423 ~ 10.883	0.009	6.801	1.290 ~ 35.841	0.024
内瘘血流量	0.919	0.875 ~ 0.966	0.001	0.901	0.835 ~ 0.973	0.008
CRP	2.054	1.251 ~ 3.373	0.005	12.579	1.645 ~ 96.205	0.015
iPTH	2.680	1.762 ~ 4.077	<0.001	7.538	1.274 ~ 44.599	0.026
PCT	7.838	1.785 ~ 34.426	0.007	9.034	1.298 ~ 62.891	0.027
Alb	0.042	0.037 ~ 0.049	<0.001	0.778	0.656 ~ 0.923	0.004
MDA				1.493	1.122 ~ 1.988	0.006
MPO				1.274	1.023 ~ 1.586	0.031
SOD				0.855	0.745 ~ 0.980	0.025
血钙				5.063	1.185 ~ 21.636	0.029
血磷				8.174	1.524 ~ 43.848	0.015
钙磷乘积				6.787	1.409 ~ 32.685	0.017
间期平均血钾水平				2.472	1.223 ~ 4.996	0.012

注:空白处表示指标未纳入该模型中。

表 6. 间期平均血钾水平及临床指标对 MHD 患者 AVF 血栓形成的预测效能

Table 6. Predictive efficacy of interdialytic mean serum potassium levels and clinical indicators for AVF thrombosis in MHD patients

指标	AUC	P	95% CI	灵敏度	特异度	约登指数
模型一	0.879	<0.001	0.827 ~ 0.932	0.811	0.812	0.623
模型二	0.924	<0.001	0.883 ~ 0.964	0.824	0.882	0.706

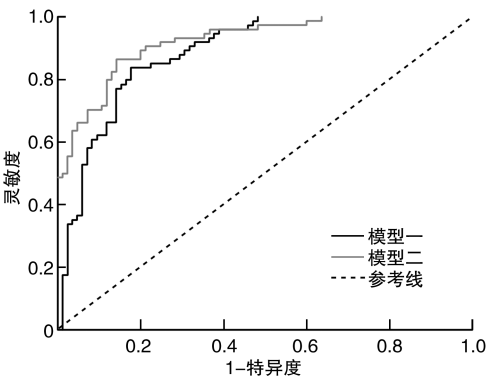


图 1. 间期平均血钾水平及临床指标对 MHD 患者 AVF 血栓形成的预测效能

Figure 1. Predictive efficacy of interdialytic mean serum potassium levels and clinical indicators for AVF thrombosis in MHD patients

2.7 间期平均血钾水平对 MHD 患者 AVF 血栓形成的区间似然比分析

将患者间期平均血钾水平划分为 2.5 ~ 3.5、3.5 ~ 4.5、4.5 ~ 5.5、5.5 ~ 6.5 mmol/L 四个区间,进行区间似然比分析,结果显示,当患者间期平均血钾水平为 3.5 ~ 4.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的可能性最低,当患者间期平均血钾水平 > 5.5 mmol/L 或 < 3.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的可能性较高,当患者间期平均血钾水平 > 5.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的概率最高,是未发生 AVF 血栓患者的 3.925 倍(表 7)。

表 7. 间期平均血钾水平对 MHD 患者 AVF 血栓形成的区间似然比

间期平均血钾水平/(mmol/L)	阳性例数	阴性例数	概率比	95% CI
2.5 ~ 3.5	21	24	1.005	0.612 ~ 1.650
3.5 ~ 4.5	3	13	0.265	0.079 ~ 0.894
4.5 ~ 5.5	9	36	0.287	0.148 ~ 0.556
5.5 ~ 6.5	41	12	3.925	2.236 ~ 6.890

2.8 氧化应激指标在间期平均血钾水平与 AVF 血栓形成间的中介效应

以间期平均血钾水平为自变量, AVF 血栓形成作为因变量, 氧化应激指标 MDA、MPO、SOD 为中介变量, 分别建立中介效应模型, 各变量回归分析结果见表 8~10。模型一以 AVF 血栓形成为因变量, 间期平均血钾水平为自变量; 模型二分别以氧化应激指标 MDA、MPO、SOD 为因变量, 间期平均血钾水平为自变量; 模型三以 AVF 血栓形成为因变量, 分别以氧化应激指标 MDA、MPO、SOD 及间期平均血钾水平为自变量。

选取氧化应激指标 MDA 建立中介效应模型时, 间期平均血钾水平可直接影响 AVF 血栓形成 ($\beta=0.087$), 使用 Bootstrap 法检验中介效应, MDA 在间期平均血钾水平与 AVF 血栓形成间起到部分中介效应 [$\beta=0.091$ (95% CI: 0.065 ~ 0.116)], 95% CI 不包含 0, 中介效应成立 (表 8)。

表 8. MDA 在间期平均血钾水平与 AVF 血栓形成间的中介效应

Table 8. The mediating effect of MDA between interdialytic mean serum potassium and AVF thrombosis

变量	AVF 血栓形成 (总效应)		MDA		AVF 血栓形成 (直接效应)	
	β	t	β	t	β	t
间期平均血钾水平	0.087	2.615	0.654	4.042	0.038	0.866
MDA					0.091	6.201
R^2	0.042		0.094		0.231	
F	6.837		16.337		23.461	
P	0.010		<0.001		<0.0001	

选取氧化应激指标 MPO 建立中介效应模型时, 未通过显著性水平检验 ($P=0.168$), 中介效应不成立 (表 9)。选取氧化应激指标 SOD 建立中介效应模型时, 未通过显著性水平检验 ($P=0.278$), 中介效应不成立 (表 10)。

3 讨论

据调查显示, 我国每年约有 12 万新增 CKD 患者, 其中中青年患者高达 80%, 严重影响人们的身心健康^[15-16]。MHD 是多数 CKD 患者均需进行肾脏替代治疗的方案, 可有效维持 CKD 患者正常生理功能, 清除患者体内多余代谢产物, 维持患者水电解质

表 9. MPO 在间期平均血钾水平与 AVF 血栓形成间的中介效应

Table 9. The mediating effect of MPO between interdialytic mean serum potassium and AVF thrombosis

变量	AVF 血栓形成 (总效应)		MPO		AVF 血栓形成 (直接效应)	
	β	t	β	t	β	t
间期平均血钾水平	0.087	2.615	0.263	1.384	0.070	2.250
MPO					0.062	4.766
R^2	0.042		0.012		0.164	
F	6.837		1.915		15.250	
P	0.010		0.168		<0.001	

表 10. SOD 在间期平均血钾水平与 AVF 血栓形成间的中介效应

Table 10. The mediating effect of SOD between interdialytic mean serum potassium and AVF thrombosis

变量	AVF 血栓形成 (总效应)		SOD		AVF 血栓形成 (直接效应)	
	β	t	β	t	β	t
间期平均血钾水平	0.087	2.615	-0.558	-1.088	0.078	2.410
SOD					-0.015	-3.037
R^2	0.042		0.007		0.095	
F	6.837		1.184		8.210	
P	0.010		0.278		<0.001	

及酸碱平衡, 延长患者生存时间^[17-18]。MHD 主要通过 AVF、动静脉移植物及中心静脉导管进行, 其中与动静脉移植物及中心导管相比, AVF 具有生存时间更长、并发症发生概率更低、花费更少等优势, 2015—2017 年间, AVF 的使用率已由 12% 增加至 17%^[19-20]。但 AVF 并非可以永久性使用, 有研究显示, AVF 失功率为 30.91% ~ 60%, 严重影响 CKD 患者临床治疗效果^[21-22]。而 AVF 失功的主要原因为血栓形成^[23-24]。

既往对 AVF 血栓形成的影响多集中于常规临床指标、早期成熟障碍及透析时长等方面, 患者血钾水平对 AVF 血栓形成的影响少见报道。由于 MHD 治疗具有间歇性, CKD 患者在治疗过程中, 通常会经历透析前高血钾水平、透析过程及透析后低血钾水平、透析后血钾亚急性升高等周期性血钾波动^[25-26]。有研究表明, MHD 患者心血管不良事件发生的主要因素之一为患者血钾水平的异常波动。

MHD 患者血钾水平与全因死亡及心血管死亡风险呈现“U”形相关,高钾血症、透析前后低钾血症均会导致接受 MHD 治疗的 CKD 患者死亡风险上升^[27-29]。因此,本研究选取 CKD 患者进行 MHD 间期平均血钾水平作为观察指标。

本研究结果显示,AVF 血栓形成患者收缩压、舒张压、A1b、SOD 及内瘘血流量均明显低于 AVF 血栓未形成患者,且 AVF 血栓形成患者肱动脉 RI、桡动脉 PI、桡动脉 RI 水平明显高于 AVF 血栓未形成患者。推测其原因,当血压较低时,患者血管充盈度也随之降低,有效循环血容量减少,导致 AVF 吻合口周围血流速度降低,诱发血管断流或增加血栓发生风险^[30]。在本研究中,AVF 血栓形成患者间期平均血钾水平明显高于 AVF 血栓未形成患者,这与栾佳萍等^[31]研究结果相似,可能是因为血钾水平异常还会导致患者血流动力学紊乱,AVF 血管持续性受到不稳定血流量冲击,导致血管壁顺应性降低,诱发血管狭窄,形成血栓。本研究中,AVF 血栓形成患者 MDA、MPO 水平明显高于 AVF 血栓未形成患者,而 AVF 血栓形成患者 SOD 水平明显低于 AVF 血栓未形成患者,可能是因为经受创伤、炎症等病理因素刺激后,机体氧化应激反应增强,导致氧化应激相关指标水平发生异常,诱发血管内皮细胞损伤或凋亡,进而促使炎症因子激活,巨噬细胞聚集形成血栓堵塞血管^[32]。

将存在差异性的临床指标纳入多因素 Logistic 回归方程并建立临床预测模型后,使用 ROC 曲线对模型的预测效能进行分析,结果显示所建立的临床预测模型均具有较好的预测效能。对本研究患者透析间期平均血钾水平进行分层区间划分并进行区间似然比分析结果显示,当患者间期平均血钾水平 >5.5 mmol/L 或 <3.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的可能性较高,当患者间期平均血钾水平 >5.5 mmol/L 时,患者 AVF 血栓形成的概率最高,是非患者的 3.925 倍,表明异常升高或降低的间期平均血钾水平均会对 AVF 血栓形成产生不利影响,故可将此类患者作为重点关注对象。

除血钾之外,进行 MHD 治疗的患者还通常伴有多重电解质紊乱症状。本研究中,除间期平均血钾水平异常外,血栓形成组同时存在钙磷代谢紊乱的典型特征,推测可能是由于钙磷乘积的急剧增加导致血管中膜钙化进程加快,血管弹性丧失,进一步加剧血钾水平异常对血管阻力的负面影响。本研究的不足之处在于未对患者接受透析期间饮食内容、是否进行体育锻炼等因素进行收集分析,但

有研究显示饮食干预也会对接接受血液透析患者血钾水平产生影响。因此,在后续研究中,还需进一步扩大样本量、延长随访时间,对患者进行多中心、前瞻性研究以进一步确认本研究结论。

综上所述,对进行 MHD 治疗的 CKD 患者透析间期平均血钾水平进行监测,对出现间期平均血钾水平异常,尤其是间期平均血钾水平过高的患者进行重点观察,并结合常规 AVF 指标进行综合评估,有助于预防或及时干预 AVF 血栓形成,延长 AVF 的使用年限,提升 MHD 的治疗效果,最终达到延长 CKD 患者生存时间的目标。

[参考文献]

- [1] EVANS M, LEWIS R D, MORGAN A R, et al. A narrative review of chronic kidney disease in clinical practice: current challenges and future perspectives[J]. *Adv Ther*, 2022, 39(1): 33-43.
- [2] 王树龙,王云,尚瑞华,等.慢性肾脏病腹膜透析患者血脂水平与冠状动脉钙化严重程度的关系[J].*中国动脉硬化杂志*, 2024, 32(1): 31-39.
- [3] WANG S L, WANG Y, SHANG R H, et al. The relationship between the level of blood lipid and the severity of coronary artery calcification in peritoneal dialysis patients with chronic kidney disease[J]. *Chin J Arterioscler*, 2024, 32(1): 31-39.
- [4] KALANTAR-ZADEH K, JAFAR T H, NITSCH D, et al. Chronic kidney disease[J]. *Lancet*, 2021, 398(10302): 786-802.
- [5] SUQIN L, MINGLI Z, SHITENG S, et al. Assessment of the hemodynamics of autogenous arteriovenous fistulas with 4D phase contrast-based flow quantification MRI in dialysis patients[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2020, 51(4): 1272-1280.
- [6] CHAN C T, BLANKESTIJN P J, DEMBER L M, et al. Dialysis initiation, modality choice, access, and prescription: conclusions from a kidney disease: improving global outcomes (KDIGO) controversies conference[J]. *Kidney Int*, 2019, 96(1): 37-47.
- [7] 王涛,王蕴若,王惠新,等.维持性血液透析患者 AVF 早期失功的危险因素分析[J].*国际泌尿系统杂志*, 2024, 44(1): 121-125.
- [8] WANG T, WANG Y R, WANG H X, et al. Analysis of the correlation between the risk of early AVF failure and intraoperative blood flow and its risk factors in maintenance hemodialysis patients[J]. *Int J Urol Nephrol*, 2024, 44(1): 121-125.
- [9] DESBUISSONS G, MICHON A, ATTIAS P, et al. Arteriovenous fistulas thrombosis in hemodialysis patients with COVID-19[J]. *J Vasc Access*, 2022, 23(3): 412-415.
- [10] MALIK J, DE BONT C, VALERIANOVA A, et al. Arteriovenous hemodialysis access stenosis diagnosed by duplex doppler ultrasonography: a review[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(8): 1979.
- [11] VILLA-BELLOSTA R. Vascular calcification: key roles of phosphate and pyrophosphate[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(24): 13536.
- [12] 付勇超.动静脉内瘘血栓形成的危险因素及其与血清 HMGB1、IL-1 β 、IL-10 水平的关系[J].*药物生物技术*, 2021, 28(6): 611-614.

- FU Y C. Risk factors for thrombosis of arteriovenous fistulas and their association with serum HMGB1, IL-1 β , and IL-10 levels[J]. Chin J Pharm Biotechnol, 2021, 28(6): 611-614.
- [11] 门如, 朱旻霞, 张伟明. 维持性血液透析患者血钾水平及其对预后影响[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2023, 43(4): 507-513.
- MEN R, ZHU M X, ZHANG W M. Serum potassium level in maintenance hemodialysis patients and its effect on outcome[J]. J Shanghai Jiaotong Univ(Med Sci), 2023, 43(4): 507-513.
- [12] PALMER B F, CLEGG D J. Diagnosis and treatment of hyperkalemia[J]. Cleve Clin J Med, 2017, 84(12): 934-942.
- [13] 葛均波, 王辰, 王建安. 内科学[M]. 10版. 北京: 人民卫生出版社, 2024.
- GE J B, WANG C, WANG J A. Internal medicine[M]. 10th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2024.
- [14] 叶朝阳, 戴兵. 动静脉内瘘血栓的诊断和处理[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2013, 22(2): 141-142.
- YE C Y, DAI B. Diagnosis and management of arteriovenous endovascular fistula thrombosis[J]. Chin J Nephrol Dial Transplant, 2013, 22(2): 141-142.
- [15] 罗静, 张颖君, 陈林. 中青年维持性血液透析患者心理弹性与领悟社会支持及生活质量的相关性研究[J]. 中国血液净化, 2020, 19(5): 350-352.
- LUO J, ZHANG Y J, CHEN L. Study on the correlation between resilience, perceived social support and quality of life in young and middle-aged maintenance hemodialysis patients[J]. Chin J Blood Purif, 2020, 19(5): 350-352.
- [16] 舒亮辉, 李娜, 桑云鹤, 等. 苏茵解毒方治疗肾虚浊毒型3~5期慢性肾脏病的临床疗效及对血清 Klotho 的影响[J]. 南京中医药大学学报, 2025, 41(4): 538-543.
- SHU L H, LI N, SANG Y H, et al. Clinical efficacy of suyin jiedu prescription in the treatment of stage 3-5 chronic kidney disease of kidney deficiency and turbid toxin type and its effect on serum Klotho[J]. J Nanjing Univ TraditChin Med, 2025, 41(4): 538-543.
- [17] 王娟, 田敏, 曹李娜, 等. 慢性肾脏病腹膜透析患者尿蛋白水平与冠状动脉钙化的相关性[J]. 中国动脉硬化杂志, 2023, 31(8): 705-710.
- WANG J, TIAN M, CAO L N, et al. The correlation between urinary albumin level and coronary artery calcification in patients with chronic kidney disease undergoing peritoneal dialysis[J]. Chin J Arterioscler, 2023, 31(8): 705-710.
- [18] 罗欢, 卿伟, 唐利群, 等. 智谋训练在行维持性血液透析的中青年慢性肾脏病患者中的应用效果[J]. 广西医学, 2023, 45(11): 1369-1373.
- LUO H, QING W, TANG L Q, et al. The effect of intellectual training in young and middle-aged chronic kidney disease patients on maintenance haemodialysis[J]. Guangxi Med J, 2023, 45(11): 1369-1373.
- [19] YUN S S, MOK S, PARK S C, et al. Efficacy of blood flow measurement using intraoperative color flow doppler ultrasound as a predictor of autologous arteriovenous fistula maturation[J]. Ther Apher Dial, 2023, 27(1): 50-58.
- [20] LI C, LI Q, OU J, et al. Relationship between monocytes and stenosis-related autologous arteriovenous fistula dysfunction[J]. Blood Purif, 2022, 51(3): 226-232.
- [21] 孔若曦, 葛益飞, 许雪强, 等. 长透析龄血液透析患者自体动静脉内瘘失功的危险因素分析[J]. 临床肾脏病杂志, 2023, 23(11): 889-896.
- KONG R X, GE Y F, XU X Q, et al. Risk factors of autologous arteriovenous fistula nonfunction in long-term hemodialysis patients[J]. J Clin Nephrol, 2023, 23(11): 889-896.
- [22] 叶建华, 殷效龙, 郭晓燕, 等. 维持性血液透析患者主动脉弓钙化与动静脉内瘘失功的关系[J]. 中华肾脏病杂志, 2022, 38(1): 9-14.
- YE J H, YIN X L, GUO X Y, et al. Correlation between aortic arch calcification and arteriovenous fistula failure in maintenance hemodialysis patients[J]. Chin J Nephrol, 2022, 38(1): 9-14.
- [23] 郭永新, 冯培云, 申文玲, 等. 维持性血液透析尿毒症患者动静脉内瘘急性血栓形成的危险因素分析及 Nomogram 预测模型构建[J]. 新乡医学院学报, 2024, 41(5): 472-476.
- GUO Y X, FENG P Y, SHEN W L, et al. Analysis of risk factors for acute thrombosis of arteriovenous fistulae in patients undergoing maintenance hemodialysis and the construction of a Nomogram prediction model[J]. J Xinxiang Med Univ, 2024, 41(5): 472-476.
- [24] 罗彤, 鄢艳. 吲哚布芬与阿托伐他汀预防动静脉内瘘失功的研究进展[J]. 中国血液净化, 2025, 24(4): 304-307.
- LUO T, YAN Y. Research progress in the use of indobufen and atorvastatin to prevent arteriovenous fistula failure[J]. Chin J Blood Purif, 2025, 24(4): 304-307.
- [25] 布仁其其格, 刘莉, 陈尔冬, 等. 血液透析患者血钾波动对预后的影响[J]. 中国血液净化, 2023, 22(9): 695-697.
- BU R Q Q, LIU L, CHEN E D, et al. Effect of hyperkalemia on electrocardiographic stability of hemodialysis patients[J]. Chin J Blood Purif, 2023, 22(9): 695-697.
- [26] 万婷, 曹韦娜. 维持性血液透析病人动静脉内瘘失功风险预测模型的构建[J]. 护理研究, 2025, 39(1): 109-113.
- WAN T, CAO W N. Construction of a risk prediction model for arteriovenous fistula loss in maintenance hemodialysis patients[J]. Chin Nurs Res, 2025, 39(1): 109-113.
- [27] TAFESSE E, HURST M, SUGRUE D, et al. Serum potassium as a predictor of adverse clinical outcomes in patients with increasing comorbidity burden[J]. Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes, 2022, 8(1): 61-69.
- [28] DE ROOIJ E N M, DEKKER F W, LE CESSIE S, et al. Serum potassium and mortality risk in hemodialysis patients: a cohort study[J]. Kidney Med, 2022, 4(1): 100379.
- [29] FERRARO P M, BOLIGNANO D, AUCELLA F, et al. Hyperkalemia excursions and risk of mortality and hospitalizations in hemodialysis patients: results from DOPPS-Italy[J]. J Nephrol, 2022, 35(2): 707-709.

- inspired by a case report[J]. *Cardiol J*, 2022, 29(4): 680-690.
- [22] CHIEW K, HENG E L, CONNOLLY L, et al. Transcatheter mitral valve edge-to-edge repair following papillary muscle rupture: clinical characteristics and three-year outcomes[J]. *Am J Cardiol*, 2024, 213: 47-49.
- [23] MARZLIN K M. Ventricular aneurysm: diagnosis and treatment[J]. *AACN Adv Crit Care*, 2017, 28(4): 391-394.
- [24] YUAN S M. Percutaneous closure of left ventricular pseudoaneurysm [J]. *Postepy Kardiol Interwencyjnej*, 2022, 18(2): 101-110.
- [25] NAGUIB M, ELSAYED M, KHOUZAM R N, et al. Percutaneous closure of post-infarct left ventricular pseudoaneurysm: a review of literature[J]. *Curr Probl Cardiol*, 2023, 48(8): 101743.
- [26] SATTAR Y, ALRAIES M C. Ventricular aneurysm[M/OL]// Anon. StatPearls[Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32310415/>.
- [27] HENRY T D, TOMEY M I, TAMIS-HOLLAND J E, et al. Invasive management of acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: a scientific statement from the American heart association [J]. *Circulation*, 2021, 143(15): e815-e829.
- [28] VALLABHAJOSYULA S, KASHANI K, DUNLAY S M, et al. Acute respiratory failure and mechanical ventilation in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction in the USA, 2000-2014 [J]. *Ann Intensive Care*, 2019, 9(1): 96.
- [29] GELLER B J, SINHA S S, KAPUR N K, et al. Escalating and de-escalating temporary mechanical circulatory support in cardiogenic shock: a scientific statement from the american heart association [J]. *Circulation*, 2022, 146(6): e50-e68.
- [30] WILSON-SMITH A R, BOGDANOVA Y, ROYDHOUSE S, et al. Outcomes of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock: systematic review and Meta-analysis [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2019, 8(1): 1-8.
- [31] KIM D H. Mechanical circulatory support in cardiogenic shock: shock team or bust? [J]. *Can J Cardiol*, 2020, 36(2): 197-204.
- [32] MEHTA A, VAVILIN I, NGUYEN A H, et al. Contemporary approach to cardiogenic shock care: a state-of-the-art review[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2024, 11: 1354158.
- [33] FORMICA F, MARIANI S, SINGH G, et al. Postinfarction left ventricular free wall rupture: a 17-year single-centre experience[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2018, 53(1): 150-156.
- [34] DAMLUJI A A, VAN DIEPEN S, KATZ J N, et al. Mechanical complications of acute myocardial infarction: a scientific statement from the American heart association [J]. *Circulation*, 2021, 144(2): e16-e35.
- (此文编辑 许雪梅)

(上接第 970 页)

- [30] 陈双双, 周建芳, 胡婷. 人工血管动静脉内瘘血栓形成的危险因素分析[J]. *中国中西医结合肾病杂志*, 2023, 24(2): 158-160.
- CHEN S S, ZHOU J F, HU T. Analysis of risk factors for thrombosis in artificially vascularised arteriovenous endovascular fistulae [J]. *Chin J Integr Tradit West Nephrol*, 2023, 24(2): 158-160.
- [31] 栾佳萍, 董河, 刘爱杰, 等. 肝移植术门静脉开放 10min 内血钾变化及危险因素[J]. *青岛大学学报(医学版)*, 2022, 58(1): 105-109.
- LUAN J P, DONG H, LIU A J, et al. Change in serum potassium within ten minutes after portal vein opening in liver transplantation and related risk factors[J]. *J QingDao Univ (Med Sci)*, 2022, 58(1): 105-109.
- [32] 刘静, 李玉燕, 伊俊豪, 等. 淫羊藿苷联合针灸对深静脉血栓大鼠氧化应激、TXB2/6-Keto-PGF1 α 及 Nrf2/HO-1 信号通路的作用[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(21): 5304-5308.
- LIU J, LI Y Y, YI J H, et al. Effects of icariin combined with acupuncture on oxidative stress, TXB2/6-Keto-PGF1 α and Nrf2/HO-1 signalling pathways in rats with deep vein thrombosis [J]. *Chin J Gerontol*, 2023, 43(21): 5304-5308.
- (此文编辑 许雪梅)