

• 论 著 •

外周血 SDC-1、MDA-LDL 与血液透析患者动脉硬化的相关性*

郭立华, 郭 莹, 王 红[△]

吉林大学中日联谊医院肾内科, 吉林长春 130031

摘 要:目的 探讨外周血多配体蛋白聚糖-1(SDC-1)、丙二醛修饰的低密度脂蛋白(MDA-LDL)与血液透析患者动脉硬化(AS)的相关性及其临床预测价值。方法 回顾性选取 2022 年 1 月至 2024 年 6 月该院收治的 125 例血液透析患者作为血液透析组,另选取同期来院体检的 65 例健康者作为对照组。根据是否发生 AS 将血液透析患者分为 AS 组(65 例)和无 AS 组(60 例)。采用酶联免疫吸附试验检测外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平。通过 Spearman 相关分析血液透析患者外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与肱踝脉搏波速度(baPWV)的相关性,多因素非条件 Logistic 回归确定外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与血液透析患者 AS 的关系,受试者工作特征(ROC)曲线分析外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平对血液透析患者 AS 的预测效能。结果 与对照组比较,血液透析组外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平升高($P<0.05$)。血液透析患者外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与左 baPWV、右 baPWV 呈正相关($P<0.05$)。SDC-1 高、MDA-LDL 高均为血液透析患者 AS 的独立危险因素($P<0.05$)。外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平联合预测血液透析患者 AS 的曲线下面积为 0.858,大于外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平单独预测的 0.785、0.778($P<0.05$)。结论 血液透析患者外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平升高与 AS 密切相关,外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平联合检测对 AS 的预测效能较高。

关键词:血液透析; 多配体蛋白聚糖-1; 丙二醛修饰的低密度脂蛋白; 动脉硬化

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.22.003

中图法分类号:R446.1;R544.1

文章编号:1673-4130(2025)22-2704-06

文献标志码:A

Correlation between peripheral blood SDC-1, MDA-LDL and arteriosclerosis in hemodialysis patients*

GUO Lihua, GUO Ying, WANG Hong[△]

Department of Nephrology, China-Japan Union Hospital of Jilin University,
Changchun, Jilin 130031, China

Abstract: Objective To investigate the correlation between peripheral blood syndecan-1 (SDC-1) and malondialdehyde-modified low-density lipoprotein (MDA-LDL) with arteriosclerosis (AS) in hemodialysis patients and their clinical predictive value. **Methods** A total of 125 hemodialysis patients admitted to the hospital from January 2022 to June 2024 as the hemodialysis group, and 65 healthy individuals who underwent physical examination during the same period as the control group. According to whether AS occurred, hemodialysis patients were divided into AS group (65 cases) and non-AS group (60 cases). The levels of SDC-1 and MDA-LDL in peripheral blood were detected by enzyme-linked immunosorbent assay. The correlation between the levels of SDC-1 and MDA-LDL in peripheral blood of hemodialysis patients and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) was analyzed by Spearman correlation analysis. Multivariate unconditional Logistic regression was used to determine the relationship between the levels of SDC-1 and MDA-LDL in peripheral blood and AS in hemodialysis patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the predictive efficacy of peripheral blood SDC-1 and MDA-LDL levels for AS in hemodialysis patients. **Results** Compared with the control group, the levels of SDC-1 and MDA-LDL in the peripheral blood of the hemodialysis group increased ($P<0.05$). The levels of SDC-1 and MDA-LDL in the peripheral blood of hemodialysis patients were positively correlated with left baPWV and right baPWV ($P<0.05$). High SDC-1 and high MDA-LDL were both independent risk factors for AS in hemodialysis patients ($P<0.05$). The area under the curve for

* 基金项目:吉林省科技计划项目(202037033)。

作者简介:郭立华,女,副主任护师,主要从事肾内科血液透析管理方面研究。 [△] 通信作者, E-mail: w_h01@jlu.edu.cn。

the combined prediction of AS in hemodialysis patients by peripheral blood SDC-1 and MDA-LDL levels was 0.858, which was greater than 0.785 and 0.778 predicted separately by peripheral blood SDC-1 and MDA-LDL levels ($P < 0.05$). **Conclusion** The increase of SDC-1 and MDA-LDL levels in peripheral blood of hemodialysis patients is closely related to AS, and the combination of SDC-1 and MDA-LDL levels in peripheral blood has a higher energy efficiency in predicting AS.

Key words: hemodialysis; syndecan-1; malondialdehyde-modified low-density lipoprotein; arterial stiffness

血液透析是终末期肾病(尿毒症)的首选肾脏替代方案,尽管其极大地延长了终末期肾病患者生存时间,但随着血液透析时间的延长,患者因心血管疾病死亡风险增大^[1-3]。有研究发现,动脉硬化(AS)是血液透析患者心血管事件发生及死亡的独立影响因素^[4],及时预测血液透析患者 AS 发生尤为重要。血管内皮损伤和氧化应激是 AS 的重要机制^[5]。多配体蛋白聚糖-1(SDC-1)是一种硫酸乙酰肝素蛋白聚糖,其能反映内皮糖萼破坏并参与内皮功能障碍发生^[6]。有研究证实,SDC-1 水平与心血管疾病发生有关^[7]。丙二醛修饰-低密度脂蛋白(MDA-LDL)是一种氧化应激产物,其浓度升高与氧化应激反应增强有关^[8]。谢志江等^[9]研究报道,血清 MDA-LDL 水平升高与急性冠脉综合征患者介入术后不良心血管事件风险增加有关。但目前关于外周血 SDC-1、MDA-LDL 与血液透析患者 AS 的相关性及临床价值尚不清楚。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取 2022 年 1 月至 2024 年 6 月吉林大学中日联谊医院收治的 125 例血液透析患者作为血液透析组,年龄 22~89 岁,平均(63.08±12.87)岁;女 53 例、男 72 例;体重指数 17.26~29.41 kg/m²,平均(23.59±2.85)kg/m²;透析时间 8~118 个月,中位时间 50.00(29.00,71.00)个月。纳入标准:(1)临床资料完整;(2)年龄≥18 岁;(3)符合《慢性肾脏病早期筛查、诊断及防治指南(2022 年版)》^[10]中终末期肾病诊断标准;(4)规律血液透析,持续时间≥6 个月。排除标准:(1)截肢者;(2)精神疾病患者;(3)妊娠期及哺乳期女性;(4)已经发生心肌梗死、脑卒中等心血管事件患者;(5)血液系统疾病患者;(6)近 1 个月内急慢性感染或使用免疫抑制剂者;(7)采用其他透析方式者;(8)恶性肿瘤患者;(9)肾移植患者;(10)急慢性感染患者;(11)心力衰竭、肝衰竭等其他重要脏器功能损害患者。另选取同期来院体检的健康者 65 例作为对照组,年龄 18~80 岁,平均(62.14±10.36)岁;女 25 例、男 40 例;体重指数 18.63~27.66 kg/m²,平均(23.42±2.11)kg/m²。两组年龄、性别和体重指数差异无统计学意义($P > 0.05$),有可比性。本研究经医院伦理委员会批准

(L2024-07-03),所有参与者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平检测 采集血液透析患者入院次日和志愿者体检时 3 mL 外周静脉血,3 000 r/min 离心 15 min(半径 10 cm)留存血清,使用上海莪试生物技术有限公司提供的 SDC-1 酶联免疫吸附试验试剂(货号:CS-ELISA3908)和温州科森生物科技有限公司提供的 MDA-LDL 酶联免疫吸附试验试剂(货号:KMEHu014246)检测 SDC-1、MDA-LDL 水平。

1.2.2 资料收集 收集血液透析患者临床资料,包括性别、年龄、体重指数、透析时间、血压、原发疾病、单室尿素清除指数、尿素减少率、超滤量、血红蛋白、白蛋白、血脂四项、C 反应蛋白(CRP)、全段甲状旁腺激素、血尿素氮、血尿酸、血肌酐、血钙和血磷。

1.3 AS 判断和分组 血液透析患者入院日均使用人体体积描记仪(日本欧姆龙公司,型号:VP-2000)进行肱踝脉搏波速度(baPWV)测量:患者静坐 10 min 后仰卧于检查床上,双臂和双腿平放,将上臂袖带绑于患者左右上臂的肱动脉(距离肘部 2~3 cm),脚踝袖带绑于患者左右脚踝臂肱动脉(距离踝关节上方 2~3 cm),启动机器自动测量踝-主动脉瓣距离、肱-主动脉瓣距离和踝-肱动脉的压力波波足时间差,自动计算出 baPWV^[11]。参考日本循环器协会血管功能衰竭诊断标准^[12]将左或右 baPWV>18 m/s 定义为 AS。根据是否 AS 将血液透析患者分为 AS 组(65 例)和无 AS 组(60 例)。

1.4 统计学处理 采用 SPSS28.0 软件进行数据分析。经检验,呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,行 t 检,呈偏态分布计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,行非参数检验;计数资料以例数(百分率)表示,行 χ^2 检验。采用 Spearman 相关法分析血液透析患者外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与 baPWV 的相关性,多因素非条件 Logistic 回归确定外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与血液透析患者 AS 的关系,受试者工作特征(ROC)曲线分析外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平对血液透析患者 AS 的预测效能。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平比较 与对照组比较,血液透析组外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平升高($P<0.05$)。见表 1。

表 1 两组外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平比较($\bar{x}\pm s$)				
组别	<i>n</i>	SDC-1(ng/mL)	MDA-LDL(mmol/L)	
血液透析组	125	143.73±21.08	5.77±1.62	
对照组	65	92.20±19.61	3.08±0.95	
<i>t</i>		16.361	14.386	
<i>P</i>		<0.001	<0.001	

2.2 有无 AS 血液透析患者临床资料和外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平比较 与无 AS 组比较,AS 组年龄增大,透析时间延长,白蛋白水平降低,CRP、SDC-1、MDA-LDL 水平升高,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3 血液透析患者外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与 baPWV 的相关性 Spearman 相关性分析结果显示,血液透析患者外周血 SDC-1 和 MDA-LDL 水平

与左 baPWV、右 baPWV 呈正相关($r_s=0.724、0.734$ 和 $0.684、0.708$,均 $P<0.001$)。

2.4 外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与血液透析患者 AS 的多因素非条件 Logistic 回归分析 以血液透析患者 AS(是/否=1/0)为因变量,以 SDC-1、MDA-LDL 为自变量,年龄、透析时间、白蛋白、CRP 为协变量进行多因素非条件 Logistic 回归分析。调整混杂因素后,结果显示 SDC-1 高、MDA-LDL 高为血液透析患者 AS 的独立危险因素($P<0.05$)。见表 3。

2.5 外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平对血液透析患者 AS 的预测效能 通过 Logistic 回归拟合外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平联合预测血液透析患者 AS 的概率风险模型[Logit($P/1-P$)= $-12.274+0.057\times\text{SDC-1}+0.715\times\text{MDA-LDL}$]。ROC 曲线分析结果显示,外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平联合预测血液透析患者 AS 的曲线下面积为 0.858,大于外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平单独预测的 0.785、0.778($Z=2.541、2.745,P=0.011、0.006$)。见表 4 和图 1。

表 2 有无 AS 血液透析患者临床资料和外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平比较[<i>n</i> (%)或 $\bar{x}\pm s$ 或 $M(P_{25},P_{75})$]				
项目	AS 组(<i>n</i> =65)	无 AS 组(<i>n</i> =60)	$\chi^2/t/Z$	<i>P</i>
性别			0.860	0.354
男	40(61.54)	32(53.33)		
女	25(38.46)	28(46.67)		
年龄(岁)	68.11±11.44	57.63±12.16	4.961	<0.001
体重指数(kg/m ²)	23.24±3.18	23.97±2.42	-1.454	0.149
透析时间(月)	56.00(33.50,85.50)	43.50(22.25,62.75)	-3.006	0.003
收缩压(mmHg)	138.11±20.33	231.77±26.54	1.490	0.139
舒张压(mmHg)	72.97±14.48	77.08±16.28	-1.495	0.137
原发疾病			2.144	0.709
高血压肾病	24(36.92)	22(36.67)		
糖尿病肾病	17(26.15)	19(31.67)		
肾小球肾炎	16(24.62)	10(16.67)		
狼疮性肾炎	6(9.23)	5(8.33)		
其他	2(3.08)	4(8.33)		
单室尿素清除指数	1.38±0.19	1.34±0.21	1.133	0.260
尿素减少率	0.74±0.03	0.73±0.05	1.710	0.090
超滤量(mL)	2 202.49±659.69	2 438.16±696.80	-1.942	0.054
左 baPWV(m/s)	22.00(19.00,25.00)	15.00(15.00,15.00)	-9.829	<0.001
右 baPWV(m/s)	20.00(19.00,24.00)	15.00(15.00,16.00)	-9.796	<0.001
血红蛋白(g/L)	114.92±9.36	116.70±8.44	-1.109	0.270
白蛋白(g/L)	38.37±4.04	39.79±3.20	-2.157	0.033
总胆固醇(mmol/L)	4.69±0.90	4.48±0.58	1.531	0.129
甘油三酯(mmol/L)	1.76±0.29	1.70±0.29	1.177	0.241

续表 2 有无 AS 血液透析患者临床资料和外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平比较[$n(\%)$ 或 $\bar{x}\pm s$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

项目	AS 组($n=65$)	无 AS 组($n=60$)	$\chi^2/t/Z$	P
高密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	0.93±0.18	0.96±0.17	-1.054	0.294
低密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	3.00±0.30	2.95±0.34	0.875	0.384
CRP(mg/L)	5.63(2.92,7.56)	3.67(1.32,6.56)	-2.678	0.007
全段甲状旁腺激素(pg/mL)	200.01(85.96,361.21)	247.85(109.82,471.52)	-1.403	0.160
血尿素氮(mmol/L)	22.06±6.02	21.90±5.47	0.155	0.877
血尿酸(mmol/L)	423.00±92.48	420.37±100.28	0.153	0.879
血肌酐(μ mol/L)	1 028.77±277.33	994.51±263.42	0.707	0.481
血钙(mmol/L)	2.25±0.22	2.24±0.13	0.337	0.737
血磷(mmol/L)	2.47±0.66	2.35±0.57	1.165	0.246
SDC-1(ng/mL)	153.56±19.64	133.07±17.14	6.193	<0.001
MDA-LDL(mmol/L)	6.53±1.47	4.94±1.36	6.268	<0.001

表 3 外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平与血液透析患者 AS 的多因素非条件 Logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
年龄大	0.054	0.022	6.107	0.013	1.056	1.011~1.102
透析时间延长	0.026	0.010	6.187	0.013	1.026	1.006~1.047
白蛋白高	-0.027	0.076	0.124	0.725	0.974	0.839~1.130
CRP 高	0.173	0.087	3.958	0.047	1.189	1.003~1.409
SDC-1 高	0.055	0.017	10.924	0.001	1.057	1.023~1.092
MDA-LDL 高	0.664	0.191	12.031	0.001	1.943	1.335~2.828
常量	-16.245	4.672	12.088	0.001	—	—

注：—表示无数据。

表 4 外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平对血液透析患者 AS 的预测效能

项目	曲线下面积	95%CI	P	cut-off 值	灵敏度(%)	特异度(%)	Youden 指数
SDC-1	0.785	0.702~0.853	<0.001	147.69 ng/ml	64.62	78.33	0.430
MDA-LDL	0.778	0.695~0.848	<0.001	5.93 mmol/L	63.08	76.67	0.397
二者联合	0.858	0.785~0.914	<0.001	0.51	83.08	76.67	0.597

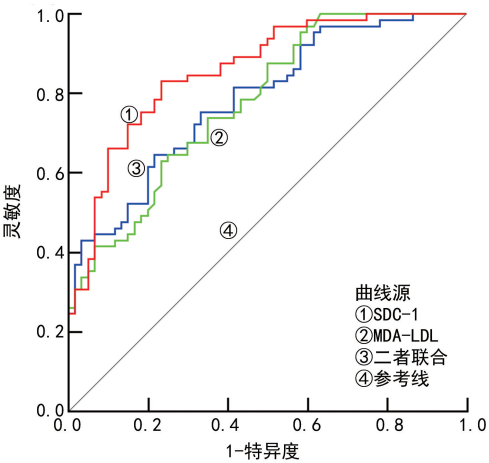


图 1 外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平预测血液透析患者 AS 的 ROC 曲线

3 讨论

长期血液透析可通过引起磷代谢紊乱、氧化应激

反应、慢性炎症反应及血流动力学波动等机制,损伤血管壁结构,降低其弹性,进而导致 AS^[3]。AS 通过加重心脏泵血负担及降低大动脉的传导功能,可显著增加心肌梗死、心力衰竭、脑卒中等心血管事件的发生风险,是血液透析患者致残和死亡的主要原因之一^[13]。尽管 baPWV 被认为是评估 AS 的金标准,但其难以全面反映全身 AS 程度,且检测过程对设备依赖性强,易受患者体位、血压、心率等多种因素影响^[14]。因此,亟须探索一种能够全面反映全身动脉变化、简便易行,并可用于 AS 早期筛查的血液学指标。

血管内皮损伤在 AS 发生和发展过程中发挥关键作用。长期血液透析过程中持续存在的血流动力学改变、氧化应激及慢性炎症反应,可导致血管内皮细胞损伤,进而削弱血管舒张功能,促进血管平滑肌细胞增殖与胶原沉积,最终引起动脉壁增厚和僵硬^[15]。SDC-1 是一种主要表达于血管内皮细胞及上皮细胞

表面的蛋白聚糖,在维护糖萼层完整性和保护血管内皮功能中发挥着至关重要的作用,当内皮糖萼受损时能降解 SDC-1 进入血液^[16]。实验显示,抑制 SDC-1 脱落能保护肾血管功能,减轻肾缺血/再灌注损伤^[17]。KUSUZAWA 等^[18] 研究报道,血液透析患者血清 SDC-1 水平升高,可作为血液透析期间患者血管内皮损伤的潜在生物标志物。近年来,多项研究已证实 SDC-1 水平升高与多种心血管疾病的发生、病情进展及长期死亡风险显著相关^[19-20]。本研究结果显示,血液透析患者外周血中 SDC-1 水平升高,这与 KUSUZAWA 等^[18] 报道结果一致。进一步分析显示,血液透析患者外周血 SDC-1 水平与左右 baPWV 呈正相关,是 AS 的独立危险因素。分析原因可能是,SDC-1 作为内皮细胞膜上的糖蛋白具有维持内皮屏障完整性的作用,外周血 SDC-1 水平升高提示内皮屏障功能受损,从而导致内皮功能障碍,促进血管壁胶原沉积与平滑肌细胞迁移,进而加速 AS 进程。此外,内皮功能损伤还可促进低密度脂蛋白氧化,加剧动脉粥样硬化的发生与发展,显著提高血液透析患者的 AS 风险^[21-22]。

MDA-LDL 是在活性氧作用下低密度脂蛋白发生脂质过氧化反应后产生的丙二醛与低密度脂蛋白结合形成的氧化产物,其水平可直接反映体内氧化应激状态^[8]。有研究表明,MDA-LDL 可诱导促炎因子释放,并通过损伤血管内皮细胞促进动脉粥样硬化的发生^[23]。FURUKAWA 等^[24] 研究报道,2 型糖尿病患者血清 MDA-LDL 水平升高与糖尿病肾病发生有关,且随着肾功能下降而升高。有研究指出,MDA-LDL 水平升高与急性心肌梗死、不稳定型心绞痛、脑卒中等心血管疾病风险增加有关^[25-26]。本研究结果显示,血液透析患者外周血 MDA-LDL 水平升高,并与左、右 baPWV 呈正相关,是 AS 的独立危险因素。这一发现与 HOU 等^[27] 关于血清 MDA-LDL 水平升高与维持性血液透析患者主动脉粥样硬化密切相关的研究结果一致。分析原因可能是,作为氧化应激介导的脂质过氧化产物,MDA-LDL 升高提示氧化应激水平增加,氧化应激可诱导血管内皮功能障碍,促进炎症反应,进一步加剧血管内皮损伤,推动 AS 进程。此外,MDA-LDL 还可诱导低密度脂蛋白氧化修饰,促进泡沫细胞形成,加速动脉粥样硬化发展,最终显著增加血液透析患者发生 AS 的风险^[8]。

本研究还发现,高龄、透析时间延长及 CRP 水平升高均与血液透析患者 AS 的发生密切相关。分析其原因,随着年龄增长,血管弹性逐渐下降,易加速 AS 过程;长期透析可能导致持续的代谢紊乱及慢性炎症状态,进一步加重血管内皮损伤;而 CRP 水平升高亦

为系统性炎症反应增强的标志,可能通过炎症介导机制促进 AS 进展。本研究 ROC 曲线分析结果显示,外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平联合预测血液透析患者 AS 的曲线下面积为 0.858,大于外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平单独预测的 0.785、0.778。这说明外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平均可作为血液透析患者 AS 的辅助预测指标,且二者联合检测的预测效能更高。

综上所述,外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平升高与血液透析患者 AS 密切相关,二者联合对血液透析患者 AS 具有较高的预测效能。但本研究样本量较少,仅从外周血 SDC-1、MDA-LDL 水平分析了与血液透析患者 AS 的关系;未来可以扩大样本量进行研究,并深入探索 SDC-1、MDA-LDL 影响血液透析患者 AS 的机制。

参考文献

[1] 中华预防医学会肾脏病预防与控制专业委员会. 中国慢性肾脏病早期评价与管理指南[J]. 中华内科杂志, 2023, 62(8):902-930.

[2] 中华医学会肾脏病学分会, 中关村肾病血液净化创新联盟, 陈江华, 等. 中国透析患者慢性心力衰竭管理指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2022(5):465-496.

[3] 赵欣, 刘倩倩, 李航宇, 等. 血液透析患者心血管疾病风险预测模型研究[J]. 中华全科医学, 2024, 22(5):742-745.

[4] REKUCKI K, SŁAWUTA A, ZYŠKO D, et al. The arterial stiffness changes in hemodialysis patients with chronic kidney disease: the impact on mortality[J]. Adv Clin Exp Med, 2022, 31(7):757-767.

[5] XUEREB R A, MAGRI C J, XUEREB R G. Arterial stiffness and its impact on cardiovascular health[J]. Curr Cardiol Rep, 2023, 25(10):1337-1349.

[6] 陈金智, 江丽萍, 张杏霆, 等. Syndecans 在疾病发生发展中的作用[J]. 生理科学进展, 2021, 52(3):193-198.

[7] THOTA L N R, CHIGNALIA A Z. The role of the glypican and syndecan families of heparan sulfate proteoglycans in cardiovascular function and disease[J]. Am J Physiol Cell Physiol, 2022, 323(4):C1052-C1060.

[8] LOPES-VIRELLA M F, VIRELLA G. Modified LDL immune complexes and cardiovascular disease[J]. Curr Med Chem, 2019, 26(9):1680-1692.

[9] 谢志江, 李敏, 程瑞丽, 等. 血清 MDA-LDL、ALP 与急性冠脉综合征患者 PCI 术后不良心血管事件的关系[J]. 国际检验医学杂志, 2021, 42(22):2729-2734.

[10] 上海市肾内科临床质量控制中心专家组, 在线阅读, 下载, 等. 慢性肾脏病早期筛查、诊断及防治指南(2022 年版)[J]. 中华肾脏病杂志, 2022, 38(5):453-464.

[11] 中国医疗保健国际交流促进会难治性高血压与周围动脉病分会专家共识起草组. 同步四肢血压和臂踝脉搏波速

- 度测量临床应用中国专家共识[J]. 中国循环杂志, 2020, 35(6):521-528.
- [12] TANAKA A, TOMIYAMA H, MARUHASHI T, et al. Physiological diagnostic criteria for vascular failure[J]. Hypertension, 2018, 72(5):1060-1071.
- [13] ZOCCALI C, MALLAMACI F, ADAMCZAK M, et al. Cardiovascular complications in chronic kidney disease: a review from the European Renal and Cardiovascular Medicine Working Group of the European Renal Association[J]. Cardiovasc Res, 2023, 119(11):2017-2032.
- [14] 李桢瑾, 刘悦文, 韩佩佩, 等. 肱踝脉搏波传导速度与心血管危险因素的研究进展[J]. 心血管康复医学杂志, 2024, 33(3):327-330.
- [15] SHAITO A, ARAMOUNI K, ASSAF R, et al. Oxidative stress-induced endothelial dysfunction in cardiovascular diseases[J]. Front Biosci, 2022, 27(3):105.
- [16] 董佳慧, 李慧敏, 李南熹, 等. 糖萼与疾病的相关性及其降解机制研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2023, 48(3):345-354.
- [17] GUO M, SHEN D, SU Y, et al. Syndecan-1 shedding destroys epithelial adherens junctions through STAT3 after renal ischemia/reperfusion injury[J]. iScience, 2023, 26(11):108211.
- [18] KUSUZAWA K, SUZUKI K, OKADA H, et al. Measuring the concentration of serum syndecan-1 to assess vascular endothelial glycocalyx injury during hemodialysis[J]. Front Med, 2021, 8:791309.
- [19] ANDRUP S, ANDERSEN G Ø, HOFFMANN P, et al. Novel cardiac extracellular matrix biomarkers in STEMI: associations with ischemic injury and long-term mortality[J]. PLoS One, 2024, 19(5):e0302732.
- [20] 柴成国, 张建军, 张双阳, 等. 两种药物联合对急性前壁心肌梗死介入术后心力衰竭患者多配体蛋白聚糖 1 的作用[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2023, 25(6):597-600.
- [21] VITTUM Z, COCCHIARO S, MENSAH S A. Basal endothelial glycocalyx's response to shear stress: a review of structure, function, and clinical implications[J]. Front Cell Dev Biol, 2024, 12:1371769.
- [22] KOCH J, IDZERDA N M A, DAM W, et al. Plasma syndecan-1 in hemodialysis patients associates with survival and lower markers of volume status[J]. Am J Physiol Renal Physiol, 2019, 316(1):F121-F127.
- [23] VIRELLA G, WILSON K, ELKES J, et al. Immune complexes containing malondialdehyde (MDA) LDL induce apoptosis in human macrophages[J]. Clin Immunol, 2018, 187:1-9.
- [24] FURUKAWA S, SUZUKI H, FUJIHARA K, et al. Malondialdehyde-modified LDL-related variables are associated with diabetic kidney disease in type 2 diabetes[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2018, 141:237-243.
- [25] HARTLEY A, PRADEEP M, VAN DEN BERG V, et al. Depletion of homeostatic antibodies against malondialdehyde-modified low-density lipoprotein correlates with adverse events in major vascular surgery[J]. Antioxidants, 2022, 11(2):271.
- [26] YOKOI M, ITO T, FUJITA H, et al. Impact of malondialdehyde-modified low-density lipoprotein on clinical outcomes after fractional flow reserve-guided deferral of revascularization[J]. Heart Vessels, 2021, 36(5):605-614.
- [27] HOU J S, WANG C H, LAI Y H, et al. Serum malondialdehyde-modified low-density lipoprotein is a risk factor for central arterial stiffness in maintenance hemodialysis patients[J]. Nutrients, 2020, 12(7):2160.

(收稿日期:2025-02-05 修回日期:2025-07-06)

(上接第 2703 页)

- SHOEMAKER G M, et al. Programmable RNA detection with CRISPR/Cas12a[J]. Nat Commun, 2023, 14(1):5409.
- [14] WANG J, YE X, LIU Y, et al. Regulating cleavage activity and enabling microRNA detection with split sgRNA in Cas12b[J]. Nat Commun, 2025, 16(1):6392.
- [15] TIAN Y, FAN Z, ZHANG X, et al. CRISPR/Cas13a-Assisted accurate and portable hepatitis D virus RNA detection[J]. Emerg Microbes Infect, 2023, 12(2):2276337.
- [16] CHEN M, JIANG X, HU Q, et al. Toehold-containing three-way junction-initiated multiple exponential amplification and CRISPR/Cas14a assistant magnetic separation enhanced visual detection of Mycobacterium Tuberculosis[J]. ACS Sens, 2024, 9(1):62-72.
- [17] WANG Z, BENNETT R S, ROEHLER M, et al. Development and clinical evaluation of a rapid point of care test for Ebola virus infection in humans[J]. Viruses, 2023, 15(2):336.
- [18] LI G, ZHOU J, GAO N, et al. Establishment of a rapid detection method for Mycoplasma pneumoniae based on RPA-CRISPR/Cas12a technology[J]. Clin Chim Acta, 2025, 564:119906.
- [19] DEDE M, VAN DAM A. Conjugation of visual enhancers in lateral flow immunoassay for rapid forensic analysis: a critical review[J]. Anal Bioanal Chem, 2025, 417(1):15-31.
- [20] WANG Y, CHEN H, LIN K, et al. Ultrasensitive single-step CRISPR detection of monkeypox virus in minutes with a vest-pocket diagnostic device[J]. Nat Commun, 2024, 15(1):3279.
- [21] XIE S, SHAO S, WANG J, et al. Heat-triggered CRISPR/Cas12a microspheres for one-pot assays[J]. Sci Bull, 2025, 70(12):1922-1926.

(收稿日期:2025-04-02 修回日期:2025-08-20)