

硫代硫酸钠改善冠状动脉钙化负荷对终末期肾病透析患者行走能力及心血管事件风险的影响

朱钰,居平平,邹春波
(南京医科大学附属泰州人民医院肾内科,江苏 泰州 225300)

【摘要】目的: 探讨硫代硫酸钠(STS)对终末期肾病(ESRD)透析患者冠状动脉钙化(CAC)负荷的改善作用,分析其对患者行走能力及心血管事件发生风险的影响,为 ESRD 透析患者心血管并发症的防治及运动功能改善提供临床依据。**方法:** 选取 245 例 ESRD 维持性透析合并冠状动脉钙化患者作为研究对象,按照治疗方式不同将患者分为硫代硫酸钠组($n=123$)与安慰剂组($n=122$)。安慰剂组给予常规透析治疗及心血管风险基础干预;硫代硫酸钠组在安慰剂组基础上联合硫代硫酸钠静脉输注治疗,疗程均为 6 个月。比较两组患者治疗前后冠状动脉钙化负荷、行走能力、血清钙化相关指标及炎症因子水平,随访 6 个月记录两组患者心血管事件发生情况。**结果:** 治疗前,两组患者的 CAC 积分、6 min 步行距离(6MWD)、血清钙化相关指标及炎症因子水平比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗 6 个月后,硫代硫酸钠组患者的 CAC 积分低于安慰剂组,6MWD 长于安慰剂组($P<0.05$);硫代硫酸钠组患者血清磷、甲状旁腺激素、碱性磷酸酶及肿瘤坏死因子 α 、C 反应蛋白水平均低于安慰剂组($P<0.05$);硫代硫酸钠组心血管事件发生率(3.25%)低于安慰剂组(9.84%)($P<0.05$)。**结论:** 硫代硫酸钠可有效降低 ESRD 透析患者冠状动脉钙化负荷,改善患者行走能力,减轻炎症反应,降低心血管事件发生风险,有较高的临床应用价值。

【关键词】 硫代硫酸钠;终末期肾病;透析;冠状动脉钙化;行走能力;心血管事件风险
【中图分类号】 R543.3;R692.5 **【文献标志码】** A

Study on sodium thiosulfate ameliorating coronary artery calcification burden and its effects on walking ability and cardiovascular event risk in ESRD dialysis patients

ZHU Yu, JU Ping-ping, ZOU Chun-bo
(Department of Nephrology, the Affiliated Taizhou People's Hospital of Nanjing Medical University, Taizhou 225300, Jiangsu, China)

【Abstract】Objective: To investigate the effect of sodium thiosulfate (STS) on improving coronary artery calcification (CAC) burden in patients with end-stage renal disease (ESRD) on maintenance dialysis, and to analyze its impacts on walking ability and the risk of cardiovascular events, so as to provide clinical evidence for the prevention and treatment of cardiovascular complications and the improvement of motor function in ESRD dialysis patients. **Methods:** A total of 245 ESRD patients with maintenance dialysis complicated with coronary artery calcification were enrolled. All subjects were divided into the sodium thiosulfate group ($n=123$) and the placebo group ($n=122$) according to different treatment methods. The placebo group received routine dialysis treatment and basic intervention for cardiovascular risk, on the basis of the regimen of the placebo group, the sodium thiosulfate group was additionally treated with intravenous infusion of sodium thiosulfate. The treatment course lasted for 6 months. CAC burden, walking ability, serum calcification-related indicators and inflammatory factors were compared between the two groups before and after treatment. The incidence of cardiovascular events was recorded during the 6-month follow-up. **Results:** Before treatment, there were no significant differences in CAC score, 6-minute walk distance (6MWD), serum calcification-related indicators and inflammatory factors between the two groups ($P>0.05$). After 6 months of treatment, the CAC score in the sodium thiosulfate group was lower, while 6MWD was longer than those in the placebo group ($P<0.05$). The levels of serum phosphorus, parathyroid hormone, alkaline phosphatase, tumor necrosis factor- α and C-reactive protein in the sodium thiosulfate group were lower than those in the placebo group ($P<0.05$). The incidence of

cardiovascular events in the sodium thiosulfate group was 3.25%, which was lower than 9.84% in the placebo group ($P < 0.05$). **Conclusion:** Sodium thiosulfate can effectively reduce coronary artery calcification burden, improve walking ability, alleviate inflammatory response, and lower the risk of cardiovascular events in ESRD dialysis patients, which possesses high clinical application value.

【Key words】 Sodium thiosulfate; End-stage renal disease; Dialysis; Coronary artery calcification; Walking ability; Cardiovascular event risk

终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)是慢性肾脏病发展的终末阶段,其核心特征为肾功能严重衰竭,需依靠透析或肾移植维持生命^[1]。随着人口老龄化加剧及慢性肾脏病发病率的升高,ESRD的患病率逐年攀升,已成为全球重大公共卫生问题之一^[2]。维持性血液透析或腹膜透析可有效延长患者生存期,但长期透析患者心血管并发症发生率极高,其中冠状动脉钙化(coronary artery calcification, CAC)是最常见的并发症之一,也是导致患者死亡的主要原因^[3]。与普通人群相比,ESRD患者CAC的发生率更高、进展更快,且钙化程度更严重。冠状动脉钙化是血管平滑肌细胞异常钙化、钙磷代谢紊乱及炎症反应共同作用的结果,ESRD透析患者因肾功能衰竭,钙磷排泄障碍、甲状旁腺功能亢进、氧化应激及慢性炎症等因素,导致钙化负荷显著升高,进而损伤冠状动脉血管壁,影响心肌供血,同时可能累及下肢血管,导致下肢供血不足,降低患者行走能力,严重影响生活质量^[4-5]。

目前,临床针对ESRD透析患者冠状动脉钙化的治疗主要以控制钙磷代谢、抑制甲状旁腺功能亢进为主,但疗效有限,难以有效逆转钙化进程,心血管事件风险仍居高不下^[6]。硫代硫酸钠(sodium thiosulfate, STS)作为一种传统的解毒药物,近年来被发现具有抑制血管钙化的作用,其可通过螯合血清游离钙、抑制钙化相关基因表达、减轻氧化应激及炎症反应,延缓甚至逆转血管钙化进程^[7]。已有研究^[8-9]表明,硫代硫酸钠可改善ESRD透析患者血管钙化状态,但关于其对冠状动脉钙化负荷的具体影响,以及是否能通过改善钙化进而提升患者行走能力、降低心血管事件风险,目前相关研究仍较少,且结论尚不明确。基于此,本研究以ESRD维持性透析合并冠状动脉钙化患者为研究对象,探讨硫代硫酸钠对冠状动脉钙化负荷、行走能力及心血管事件风险的影响,明确其临床应用价值,为ESRD透析患者的综合治疗提供新的思路和依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2023年1月至2025年6月南京医科大学附属泰州人民医院收治的245例ESRD维持性透

析合并冠状动脉钙化患者作为研究对象。纳入标准:(1)符合《慢性肾病早期筛查、诊断及防治指南(2022版)》^[10]中ESRD诊断标准,维持性透析(血液透析或腹膜透析)≥3个月;(2)经冠状动脉计算机断层扫描(CT)检查确诊冠状动脉钙化;(3)年龄>18岁,身体状况可耐受研究干预;(4)依从性良好,可配合完成治疗及随访;(5)患者及家属知情同意并签署知情同意书。排除标准:(1)严重心力衰竭、心肌梗死、严重心律失常等严重心血管疾病;(2)严重肝肾功能不全(除ESRD外)、凝血功能障碍;(3)对硫代硫酸钠过敏;(4)恶性肿瘤、严重感染、自身免疫性疾病;(5)下肢关节病变、神经病变等影响行走能力的疾病;(6)随访期间脱落或无法配合完成相关检查。

按照治疗方式不同将患者分为硫代硫酸钠组($n=123$)与安慰剂组($n=122$)。分组过程采用盲法设计,即患者、研究人员(负责治疗、检测及随访)均不知晓分组情况,仅统计人员知晓分组信息,直至研究结束后进行揭盲,以减少偏倚。两组患者性别、年龄、透析时长、透析方式的一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。本研究经医学伦理委员会批准。

表1 两组患者一般资料比较 $[\bar{x}\pm s, n(\%)]$

资料	硫代硫酸钠组 ($n=123$)	安慰剂组 ($n=122$)	χ^2/t 值	P 值
性别			1.181	0.277
男	65(52.85)	56(45.90)		
女	58(47.15)	66(54.10)		
年龄(岁)	58.62±8.35	59.17±8.64	0.507	0.612
透析时长(月)	35.82±5.13	37.49±8.56	1.850	0.064
透析类型		0.943	0.334	
血液透析	78(63.41)	70(57.38)		
腹膜透析	45(36.59)	52(42.62)		

1.2 样本量计算

本研究以6 min步行距离(6-minute walk distance, 6MWD)为主要结局指标,样本量计算基于前期文献查阅及预实验结果。预实验及相关文献显示,安慰剂对照组的6MWD均数为(321.6±107.8)m,预计硫代硫酸钠治疗组的6MWD均数为

371.6 m, 两组差值为 50 m。设定双侧检验 $\alpha = 0.05$, 检验效能 $(1-\beta) = 90\%$, 采用 Gpower 软件进行样本量计算, 得到治疗组和对照组样本量各为 98 例。考虑到临床试验过程中可能存在 20% 的失访率(包括患者脱落、随访失联、严重不良反应退出等), 需扩大样本量, 最终确定总计纳入 245 例患者, 以保证最终完成研究的样本量满足统计要求。

1.3 治疗方法

两组患者均给予常规基础治疗, 包括: (1) 维持性透析治疗: 血液透析患者每周透析 3 次, 每次 4 h, 腹膜透析患者每日规律腹膜透析; (2) 钙磷代谢控制: 给予低磷饮食指导, 必要时口服磷结合剂(碳酸钙、醋酸钙), 控制血清钙在 2.1~2.5 mmol/L, 血清磷在 1.1~1.7 mmol/L; (3) 甲状旁腺功能干预: 口服骨化三醇或帕立骨化醇, 控制甲状旁腺激素(Parathyroid Hormone, PTH) 在 150~300 pg/mL; (4) 心血管风险基础干预: 控制血压(目标血压 < 140/90 mmHg)、血糖, 戒烟限酒, 给予调脂药物(阿托伐他汀、瑞舒伐他汀)等。

硫代硫酸钠组在常规基础治疗基础上, 联合硫代硫酸钠(上海上药新亚药业有限公司, 规格: 10 mL: 0.5 g) 静脉输注治疗。具体方案: 每次透析结束后, 将硫代硫酸钠 25 g 加入 0.9% 氯化钠注射液 100 mL 中, 静脉输注, 输注时间不少于 30 min, 每周 3 次, 与透析频率同步, 疗程为 6 个月。安慰剂组仅给予常规基础治疗, 不添加硫代硫酸钠干预, 疗程同硫代硫酸钠组。

1.4 观察指标

1.4.1 冠状动脉钙化负荷(CAC 积分) 治疗前及治疗 6 个月后, 采用冠状动脉 CT 血管造影(Corony Computed Tomography Angiography, CCTA) 检查, 采用 Agatston 评分法评估 CAC 积分^[11], 由两名经验丰富的放射科医师独立阅片评分, 取平均值作为最终 CAC 积分。CAC 积分分级: 0 分为无钙化, 1~10 分为轻度钙化, 11~100 分为中度钙化, >100 分为重度钙化。

1.4.2 行走能力评估 治疗前及治疗 6 个月后, 采用 6 min 步行实验(6-minute Walk Test, 6MWT) 评估患者行走能力, 严格按照《6 分钟步行试验指南》操作^[12], 在平坦的走廊内, 让患者以自身最快速度行走 6 min, 记录行走距离。6MWD ≥ 450 m 为正常, 300~449 m 为轻度下降, 150~299 m 为中度下降, <150 m 为重度下降。

1.4.3 血清相关指标检测 治疗前及治疗 6 个月后, 采集患者空腹外周静脉血 5 mL, 离心(3 000 r/min, 10 min) 分离血清, 采用全自动生化分析仪检

测血清钙、磷、碱性磷酸酶(ALP) 水平; 采用酶联免疫吸附法检测血清 PTH、肿瘤坏死因子 α (TNF- α)、C 反应蛋白(CRP) 水平, 试剂盒均购自上海酶联生物科技有限公司, 严格按照试剂盒说明书操作。

1.4.4 心血管事件随访 两组患者均随访 6 个月, 定期电话随访及门诊复查, 记录心血管事件发生情况, 包括心绞痛、心肌梗死、心律失常(心房颤动、室性早搏等)、心力衰竭等, 计算心血管事件发生率。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据分析。计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 组内治疗前后比较采用配对样本 t 检验, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以 $[n(\%)]$ 表示, 组间比较采用独立样本 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者治疗前后 CAC 积分比较

治疗前, 两组患者的 CAC 积分无统计学差异 ($P > 0.05$)。治疗 6 个月后, 两组患者的 CAC 积分均较治疗前降低 ($P < 0.05$), 且硫代硫酸钠组 CAC 积分低于安慰剂组 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 两组治疗前后 CAC 积分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	治疗前	治疗后
硫代硫酸钠组($n=123$)	25.36 $\pm$ 6.72	16.89 $\pm$ 5.43 ^①
安慰剂组($n=122$)	26.15 $\pm$ 6.98	22.47 $\pm$ 6.15 ^①
t 值	0.902	7.526
P 值	0.367	<0.05

① $P < 0.05$, 与同组治疗前比较。

2.2 两组患者治疗前后 6MWD 比较

治疗前, 两组患者的 6MWD 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗 6 个月后, 两组患者的 6MWD 均较治疗前延长 ($P < 0.05$), 且硫代硫酸钠组 6MWD 长于安慰剂组 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 两组治疗前后 6MWD 比较 ($\bar{x} \pm s$, m)

组别	治疗前	治疗后
硫代硫酸钠组($n=123$)	325.68 $\pm$ 58.74	402.35 $\pm$ 62.18 ^①
安慰剂组($n=122$)	331.25 $\pm$ 59.42	358.76 $\pm$ 60.35 ^①
t 值	0.738	5.568
P 值	0.461	<0.05

① $P < 0.05$, 与同组治疗前比较。

2.3 两组患者治疗前后血清钙化相关指标及炎症因子水平比较

治疗前, 两组患者血清钙、磷、PTH、ALP 及

TNF-α、CRP 水平比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗 6 个月后,两组血清磷、PTH、ALP、TNF-α、CRP 水平均较治疗前降低($P<0.05$),且硫代硫酸钠组低于安慰剂组($P<0.05$);两组患者血清钙水平治疗前后及组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 4。

表 4 两组患者治疗前后血清钙化指标及炎症因子水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	血清钙(mmol/L)		血清磷(mmol/L)		PTH(pg/mL)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
硫代硫酸钠组($n=123$)	2.32±0.15	2.28±0.14	1.85±0.23	1.42±0.18 ^①	385.62±75.34	268.45±62.17 ^①
安慰剂组($n=122$)	2.35±0.16	2.31±0.15	1.88±0.25	1.67±0.21 ^①	392.15±78.62	325.76±68.43 ^①
t 值	1.514	1.618	0.977	10.00	0.664	6.859
P 值	0.130	0.106	0.328	<0.05	0.507	<0.05

续表 4

组别	ALP(U/L)		TNF-α(pg/mL)		CRP(mg/L)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
硫代硫酸钠组($n=123$)	185.36±42.15	132.47±35.68 ^①	68.52±12.34	42.36±9.87 ^①	12.56±3.21	6.89±2.15 ^①
安慰剂组($n=122$)	188.72±43.56	165.32±38.74 ^①	69.75±12.86	56.89±10.52 ^①	12.89±3.35	9.76±2.87 ^①
t 值	0.613	6.902	0.764	11.147	0.787	8.853
P 值	0.539	<0.05	0.445	<0.05	0.431	<0.05

① $P<0.05$,与同组治疗前比较。

2.4 两组患者随访期间心血管事件发生率比较

随访 6 个月,硫代硫酸钠组发生心血管事件的比例低于安慰剂组($P<0.05$)。见表 5。

表 5 两组患者心血管发生率比较 [$n(\%)$]

并发症	硫代硫酸钠组 ($n=123$)	安慰剂组 ($n=122$)	χ^2 值	P 值
心绞痛	2 (1.62)	5 (4.10)		
心律失常	1 (0.81)	3 (2.46)		
心力衰竭	1 (0.81)	3 (2.46)		
心肌梗死	—	1 (0.82)		
总计	4 (3.25)	12 (9.84)	4.350	0.037

3 讨论

硫代硫酸钠作为一种含硫化合物,近年来其在血管钙化干预中的作用逐渐受到关注。已有研究^[13]表明,硫代硫酸钠可通过多种途径抑制血管钙化进程:一是通过螯合血清游离钙,减少钙盐在血管壁的沉积,延缓钙化进展;二是抑制钙化相关基因(如 Runx2、BMP-2)的表达,抑制血管平滑肌细胞向成骨样细胞分化,减少钙化基质的形成^[14];三是减轻氧化应激和慢性炎症反应,降低炎症因子水平,减少血管壁损伤,从而逆转或延缓血管钙化^[15-16]。本研究聚焦 ESRD 透析患者冠状动脉钙化,探讨硫代硫酸钠对钙化负荷、行走能力及心血管事件风险的影响。结果显示,治疗 6 个月后,硫代硫酸钠组患者的 CAC 积分显著低于安慰剂组,提示硫代硫酸钠

可有效降低 ESRD 透析患者冠状动脉钙化负荷,这与相关研究结论一致^[17-18]。

行走能力下降是 ESRD 透析患者常见的功能障碍,其主要与下肢动脉供血不足、肌肉萎缩、炎症反应等因素相关,而冠状动脉钙化与下肢动脉钙化常同步发生,均属于系统性血管钙化的表现^[19]。本研究中,硫代硫酸钠组治疗后 6MWD 显著长于安慰剂组,表明硫代硫酸钠可有效改善 ESRD 透析患者行走能力。钙磷代谢紊乱和甲状旁腺功能亢进是 ESRD 透析患者血管钙化的核心驱动因素,血清磷升高可促进钙盐沉积,PTH 升高可刺激血管平滑肌细胞钙化,ALP 作为钙化相关酶,其水平升高可加速钙磷代谢紊乱,促进钙化进程^[20]。本研究结果显示,治疗后硫代硫酸钠组血清磷、PTH、ALP 水平显著低于安慰剂组,而血清钙水平无明显变化,提示硫代硫酸钠可通过调节钙磷代谢、抑制甲状旁腺功能亢进,减少钙化相关酶的活性,从而延缓冠状动脉钙化进展,这可能是其改善钙化负荷的重要机制之一。同时,硫代硫酸钠组治疗后 TNF-α、CRP 水平显著低于安慰剂组,表明硫代硫酸钠可有效减轻 ESRD 透析患者的慢性炎症反应,这也为其改善血管钙化、提升行走能力提供了支撑^[21]。心血管事件是 ESRD 透析患者的主要死亡原因,冠状动脉钙化是心血管事件发生的重要危险因素,钙化负荷越高,心血管事件风险越高^[22]。本研究随访 6 个月发现,硫代硫酸钠组心血管事件发生率显著低于安慰剂组,

表明硫代硫酸钠通过降低冠状动脉钙化负荷、改善心脏供血、减轻炎症反应,可有效降低 ESRD 透析患者心血管事件发生风险,改善患者远期预后。这一结果进一步证实了硫代硫酸钠在 ESRD 透析患者心血管并发症防治中的应用价值,为临床治疗提供了新的思路。

临床实践中,硫代硫酸钠静脉输注治疗 ESRD 透析患者时,需严格控制剂量和输注速度,避免出现恶心、呕吐、头晕等不良反应,同时密切监测患者血清钙、磷水平,及时调整治疗方案,确保治疗安全性和有效性。对于 ESRD 透析合并冠状动脉钙化的患者,可在常规基础治疗的基础上,联合硫代硫酸钠干预,以改善钙化负荷、提升行走能力、降低心血管事件风险。

综上,硫代硫酸钠可有效降低终末期肾病透析患者冠状动脉钙化负荷,调节钙磷代谢,减轻慢性炎症反应,改善患者行走能力,降低心血管事件发生风险,具有较高的临床应用价值,可作为 ESRD 透析患者冠状动脉钙化及心血管并发症防治的辅助治疗方案。

参考文献

- [1] Zhu Y, Li J, Lu H, *et al.* Effect of hemodiafiltration and hemodialysis on mortality of patients with end-stage kidney disease: a meta-analysis[J]. *BMC Nephrology*, 2024, 25(1): 372.
- [2] González-Pérez A, Saez M, Vizcaya D, *et al.* Incidence and risk factors for mortality and end-stage renal disease in people with type 2 diabetes and diabetic kidney disease: a population-based cohort study in the UK[J]. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, 2021, 9(1): e002146.
- [3] Li M, Li Y, Liu S, *et al.* Risk factors for coronary artery calcification in Chinese patients undergoing maintenance hemodialysis: a meta-analysis[J]. *International Urology and Nephrology*, 2025, 57(10): 3307—3318.
- [4] Gusev E, Solomatina L, Zhuravleva Y, *et al.* The pathogenesis of end-stage renal disease from the standpoint of the theory of general pathological processes of inflammation[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, 22(21): 11453.
- [5] Ren SC, Mao N, Yi S, *et al.* Vascular calcification in chronic kidney disease: an update and perspective [J]. *Aging and Disease*, 2022, 13(3): 673—697.
- [6] Hutcheson JD, Goettsch C. Cardiovascular calcification heterogeneity in chronic kidney disease[J]. *Circulation Research*, 2023, 132(8): 993—1012.
- [7] Deng Y, Ke J, Zang H, *et al.* Advances in the clinical applica-

tions of sodium thiosulphate[J]. *Annals of Medicine*, 2026, 58(1): 2611464.

- [8] Wen W, Portales-Castillo I, Seethapathy R, *et al.* Intravenous sodium thiosulphate for vascular calcification of hemodialysis patients—a systematic review and meta-analysis[J]. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*, 2023, 38(3): 733—745.
- [9] 李华, 赵艳玲, 高明. 硫代硫酸钠联合双磷酸盐对长期血液透析患者血管钙化的影响[J]. *黑龙江医药科学*, 2025, 48(8): 55—57.
- [10] 上海市肾内科临床质量控制中心专家组. 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] Gupta A, Bera K, Kikano E, *et al.* Coronary artery calcium scoring: current status and future directions[J]. *Radiographics*, 2022, 42(4): 947—967.
- [12] ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test[J]. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2002, 166(1): 111—117.
- [13] 李文月, 金华. 硫代硫酸钠在预防慢性肾脏病血管钙化中的应用研究进展[J]. *延边大学医学学报*, 2024, 47(1): 65—68.
- [14] 焦咏宜, 张晓良. 硫代硫酸钠治疗钙化防御血管钙化机制的研究进展及其争议[J]. *临床肾脏病杂志*, 2022, 22(1): 63—66.
- [15] 刘湘华, 陈建军, 罗耀明, 等. 硫代硫酸钠对 MHD 患者血管钙化及心功能的影响分析[J]. *现代诊断与治疗*, 2023, 34(11): 1670—1672, 1702.
- [16] Sanchez-Aranguren L, Grubliauskiene M, Shokr H, *et al.* Sodium thiosulphate-loaded liposomes control hydrogen sulphide release and retain its biological properties in hypoxia-like environment[J]. *Antioxidants*, 2022, 11(11): 2092.
- [17] Xu C, Smith ER, Tiong MK, *et al.* Interventions to attenuate vascular calcification progression in chronic kidney disease: a systematic review of clinical trials[J]. *Journal of the American Society of Nephrology*, 2022, 33(5): 1011—1032.
- [18] 李贤果. 硫代硫酸钠在维持性血液透析患者冠状动脉钙化中的应用效果[J]. *中国处方药*, 2021, 19(7): 109—111.
- [19] Lee S, Woo J, Chen Y, *et al.* Peripheral vascular calcification [J]. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 2026, 46(3): e322138.
- [20] 李坤. 硫代硫酸钠在终末期肾病合并冠状动脉钙化患者中的应用[J]. *实用中西医结合临床*, 2025, 25(10): 64—67.
- [21] 杨剑, 李金涛, 周美兰. 尿酸联合改良格拉斯哥预后评分对维持性腹膜透析患者长期透析的预测价值[J]. *川北医学院学报*, 2023, 38(12): 1620—1623.
- [22] 汤素华, 许伟海, 连芬, 等. 冠状动脉钙化积分、血压变异性与维持性血液透析患者心血管事件的关系[J]. *中国中西医结合肾病杂志*, 2021, 22(5): 433—435.

(收稿日期: 2026—03—15

修回日期: 2026—05—02)