

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.12.013
文章编号: 1005-8982 (2023) 12-0086-06

临床研究·论著

糖尿病肾病患者血清 TRPM7、Sirtuin-1 与钙磷代谢、颈动脉钙化的相关性*

向元兵, 胡耀

(成都大学附属医院 肾内科, 四川 成都 618100)

摘要: **目的** 探讨糖尿病肾病(DN)患者血清瞬时受体电位通道7(TRPM7)、沉默调节蛋白-1(Sirtuin-1)与钙磷代谢、颈动脉钙化的相关性。**方法** 选取2020年12月—2022年11月成都大学附属医院收治的97例DN患者作为DN组,另取同期在该院就诊的120例2型糖尿病患者作为对照组。采用实时荧光定量聚合酶链反应检测血清TRPM7的表达,酶联免疫吸附试验检测血清Sirtuin-1水平。采用Pearson法分析DN患者血清TRPM7、Sirtuin-1水平与钙磷代谢的相关性,并通过多因素Logistic逐步回归模型分析DN患者颈动脉钙化的危险因素。**结果** DN组血肌酐、尿素氮、血清TRPM7、血磷、颈动脉钙化率高于对照组($P < 0.05$)。DN组Sirtuin-1、血钙低于对照组($P < 0.05$)。Pearson相关性分析结果显示, DN患者血清TRPM7与血钙呈负相关($r = -0.247, P = 0.000$),与血磷呈正相关($r = 0.415, P = 0.000$);DN患者血清Sirtuin-1与血钙呈正相关($r = 0.367, P = 0.000$),与血磷呈负相关($r = -0.505, P = 0.000$)。钙化组DN患者糖尿病病程、空腹血糖、血肌酐、血磷、TRPM7水平高于非钙化组($P < 0.05$),血镁、血钙、Sirtuin-1水平低于非钙化组($P < 0.05$)。多因素Logistic逐步回归分析结果显示:血镁 $\leq 0.89\text{mmol/L}$ [$\hat{OR} = 2.277$ (95% CI: 1.521, 3.410)], TRPM7 ≥ 1.41 [$\hat{OR} = 3.019$ (95% CI: 1.901, 4.795)], Sirtuin-1 $\leq 8.81\text{ ng/mL}$ [$\hat{OR} = 2.591$ (95% CI: 1.657, 4.051)]是DN患者颈动脉钙化的危险因素($P < 0.05$)。**结论** DN患者血清TRPM7升高、血清Sirtuin-1降低,两者与钙磷代谢密切相关,且血清TRPM7高表达、Sirtuin-1低表达是DN患者颈动脉钙化的危险因素。

关键词: 糖尿病肾病; 颈动脉钙化; 瞬时受体电位通道7; 沉默调节蛋白-1; 钙磷代谢
中图分类号: R587.2 **文献标识码:** A

Associations of serum TRPM7 and Sirtuin-1 with calcium and phosphorus metabolism and carotid artery calcification in patients with diabetic nephropathy*

Xiang Yuan-bing, Hu Yao

(Department of Nephrology, Affiliated Hospital of Chengdu University, Chengdu, Sichuan 618100, China)

Abstract: Objective To explore the associations of serum transient receptor potential cation channel subfamily M member 7 (TRPM7) and silent mating-type information regulation 2 homolog 1 (Sirtuin-1) with calcium and phosphorus metabolism and carotid artery calcification in patients with diabetic nephropathy (DN). **Methods** Ninety-seven patients with DN admitted to our hospital from December 2020 to November 2022 were selected as the DN group, and 120 patients with type 2 diabetes admitted to our hospital during the same period were selected as the control group. The serum level of TRPM7 was detected by quantitative real-time polymerase chain reaction, and the serum level of Sirtuin-1 was detected by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Pearson

收稿日期: 2023-02-13

* 基金项目: 四川省科技厅重点研发项目(No:2021YFS0159)

[通信作者] 胡耀, E-mail: westchinast@163.com; Tel: 13880455688

correlation analysis was used to explore the association of serum levels of TRPM7 and Sirtuin-1 with calcium and phosphorus metabolism in patients with DN, and the risk factors for carotid artery calcification in patients with DN were determined via multivariable Logistic regression analysis. **Results** The levels of serum creatinine, blood urea nitrogen, serum TRPM7 and blood phosphorus in the DN group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). In contrast, the levels of serum Sirtuin-1 and blood calcium in the DN group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that the serum level of TRPM7 was negatively correlated with the level of blood calcium ($r = -0.247, P = 0.000$) and was positively correlated with the level of blood phosphorus ($r = 0.415, P = 0.000$), and that the serum level of Sirtuin-1 was positively correlated with the level of blood calcium ($r = 0.367, P = 0.000$) and negatively correlated with the level of blood phosphorus ($r = -0.505, P = 0.000$) in DN patients. Compared with DN patients without carotid artery calcification, those with carotid artery calcification had longer disease course of diabetes mellitus, higher levels of fasting blood glucose, serum creatinine, blood phosphorus and serum TRPM7, and lower levels of blood magnesium, blood calcium and serum Sirtuin-1 ($P < 0.05$). The multivariable Logistic regression analysis revealed that the level of blood magnesium ≤ 0.89 mmol/L [$\hat{OR} = 2.277$ (95% CI: 1.521, 3.410)], the serum level of TRPM7 ≥ 1.41 [$\hat{OR} = 3.019$ (95% CI: 1.901, 4.795)], and the serum level of Sirtuin-1 ≤ 8.81 ng/mL [$\hat{OR} = 2.591$ (95% CI: 1.657, 4.051)] were risk factors for carotid artery calcification in patients with DN ($P < 0.05$). **Conclusions** The serum level of TRPM7 is increased while that of Sirtuin-1 is decreased in DN patients, both of which are closely related to calcium and phosphorus metabolism. Besides, high expression of TRPM7 and low expression of Sirtuin-1 in the serum are risk factors for carotid artery calcification in DN patients.

Keywords: diabetic nephropathy; carotid artery calcification; transient receptor potential cation channel subfamily M member 7; silent mating-type information regulation 2 homolog 1; calcium and phosphorus metabolism

糖尿病肾病 (diabetes nephropathy, DN) 是糖尿病所致的慢性肾脏疾病, 其发病与代谢紊乱、遗传等多种因素有关, 随着病情恶化可进展至终末期肾衰竭, 预后较差^[1]。颈动脉钙化是 DN 的并发症之一, 可导致血管壁顺应性下降, 引起钙化斑块破裂、血栓形成等, 增加心血管不良事件的发生风险^[2]。因此, 早期评估 DN 患者发生颈动脉钙化的风险, 可指导临床制订治疗方案, 对减少心血管不良事件的发生及改善患者预后具有积极的临床意义。

瞬时受体电位通道 7 (transient receptor potential cation channel subfamily M member 7, TRPM7) 属于瞬时受体电位家族, 可参与细胞增殖与分化、胚胎发育、镁离子稳态等过程。有研究发现, TRPM7 高表达与胃癌、肾癌等疾病的发生、发展有关^[3-4]。沉默调节蛋白-1 (Sirtuin-1) 是一种 III 类组蛋白去乙酰化酶, 可参与机体的氧化应激、糖脂代谢、炎症反应等过程, 对多种心血管疾病具有预防作用^[5-6]。然而目前关于 TRPM7、Sirtuin-1 与 DN 关系的报道尚少。因此, 本研究主要探讨血清 TRPM7、Sirtuin-1 在 DN 患者中的表达, 以及与钙磷代谢、颈动脉钙化的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 12 月—2022 年 11 月成都大学附属医院收治的 97 例 DN 患者作为 DN 组, 年龄 22 ~ 75 岁。另取同期在本院就诊的 120 例 2 型糖尿病且肾功能正常患者作为对照组, 年龄 22 ~ 75 岁。本研究经医院医学伦理委员会批准, 患者及家属均签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ① DN 组符合《糖尿病肾病防治专家共识 (2014 年版)》^[7] 中 DN 的诊断标准, 慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD) 分期 ≤ 2 期; ② 对照组符合《中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)》^[8] 中相关诊断标准。

1.2.2 排除标准 ① 近期有影响钙磷代谢的用药史; ② 合并脑、肺、心等功能异常; ③ 合并慢性肾炎、狼疮性肾炎、急性肾衰竭等其他肾脏疾病; ④ 合并严重肿瘤疾病; ⑤ 认知或精神障碍; ⑥ 拒绝配合本研究。

1.3 资料收集

收集所有受试者的临床资料, 包括性别、年龄、体质量指数 (body mass index, BMI)、吸烟、

糖尿病病程、空腹血糖、血肌酐、尿素氮、总胆固醇、甘油三酯、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)、血镁等。

1.4 实时荧光定量聚合酶链反应检测血清 TRPM7 的表达

采集受试者入院 24 h 内清晨空腹静脉血样 5 mL, 3 500 r/min 离心 10 min, 取上清液保存于冰箱待测。采用实时荧光定量聚合酶链反应 (quantitative real-time polymerase chain reaction, qRT-PCR) 检测受试者血清 TRPM7 的表达。选择 RNA 提取试剂盒 (北京普利莱基因技术有限公司) 提取外周血总 RNA, 采用 RNA 逆转录盒 (北京百奥莱博科技有限公司) 合成 cDNA, 利用紫外分光光度计 (南京东存科学仪器有限公司) 检测 TRPM7。反应条件: 94 °C 预变性 4 min, 94 °C 变性 15 s, 65 °C 退火 30 s, 共计 40 个循环。TRPM7 正向引物: 5'-TACACCTGTG CCTCCAAGAG-3', 反向引物: 5'-ACCTCCTCCATCT CCTCTT-3', 长度 158 bp; β -actin 正向引物: 5'-GCGT GACATTAAGGAGAAGC-3', 反向引物: 5'-CCACGTC ACACTTCATGATGG-3', 长度 180 bp。引物序列由苏州金唯生物科技有限公司合成, 采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法计算 TRPM7 相对表达量。

1.5 酶联免疫吸附试验检测血清 Sirtuin-1 水平

采用酶联免疫吸附试验 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 检测受试者血清

Sirtuin-1 水平。试剂盒购自上海赛培森生物科技有限公司。

1.6 钙磷代谢指标检测

采集受试者入院 24 h 内清晨空腹静脉血样 4 mL, 采用自动生化分析仪检测血钙、血磷水平, 仪器及配套试剂盒均由济南鑫润医疗设备有限公司提供。

1.7 颈动脉钙化

受试者取平卧位, 头偏向一侧并充分暴露颈部, 采用彩色多普勒超声诊断仪检查受试者的颈动脉情况, 设置探头频率 10 MHz, 测量颈动脉中层内膜厚度 (intima media thickness, IMT), IMT \geq 1.2 mm 则判定为颈动脉钙化。根据是否存在颈动脉钙化分为非钙化组和钙化组。

1.8 统计学方法

数据分析采用 SPSS 23.0 统计软件。计量资料以均数 \pm 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; 相关性分析用 Pearson 法, 影响因素的分析用多因素 Logistic 逐步回归模型。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 DN 组与对照组患者基线资料比较

两组性别构成、年龄、BMI、吸烟率、糖尿病病程、空腹血糖比较, 经 t 或 χ^2 检验, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。DN 组与对照组血肌酐、尿素氮水平比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); DN 组血肌酐、尿素氮水平高于对照组。见表 1。

表 1 两组患者基线资料比较

组别	<i>n</i>	男/女/例	年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI/ (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	吸烟例 (%)	糖尿病病程/ (年, $\bar{x} \pm s$)	空腹血糖/ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	血肌酐/ (μ mol/L, $\bar{x} \pm s$)	尿素氮/ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)
对照组	120	71/49	52.05 \pm 7.81	22.15 \pm 4.58	58(48.33)	8.46 \pm 2.08	6.24 \pm 1.46	125.17 \pm 12.43	6.45 \pm 2.04
DN 组	97	58/39	52.52 \pm 7.86	22.59 \pm 4.61	49(50.52)	8.96 \pm 2.12	6.52 \pm 1.62	381.68 \pm 25.64	22.64 \pm 5.12
t/χ^2 值		0.009	0.439	0.702	0.102	1.746	0.856	96.494	31.681
P 值		0.925	0.661	0.484	0.749	0.082	0.394	0.000	0.000

2.2 DN 组与对照组患者血清 TRPM7、Sirtuin-1 水平比较

DN 组与对照组血清 TRPM7、Sirtuin-1 水平比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); DN 组血清 TRPM7 高于对照组, Sirtuin-1 低于对照组。见表 2。

2.3 DN 组与对照组患者钙磷代谢及颈动脉钙化情况比较

DN 组与对照组患者血钙、血磷及颈动脉钙化率比较, 经 t 或 χ^2 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); DN 组血钙低于对照组, 血磷及颈动脉钙化率高于对照组。见表 3。

表 2 两组患者血清TRPM7、Sirtuin-1水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	TRPM7	Sirtuin-1/(ng/mL)
对照组	120	0.64 ± 0.23	12.17 ± 3.15
DN组	97	1.49 ± 0.56	8.24 ± 2.46
t值		15.130	10.055
P值		0.000	0.000

表 3 两组患者钙磷代谢及颈动脉钙化情况比较

组别	n	血钙/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	血磷/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	颈动脉钙化例(%)
对照组	120	2.32 ± 0.74	1.27 ± 0.25	13(10.83)
DN组	97	1.87 ± 0.43	2.09 ± 0.64	32(32.99)
t/χ ² 值		5.307	12.878	16.020
P值		0.000	0.000	0.000

表 4 DN患者颈动脉钙化的单因素分析

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	吸烟例(%)	糖尿病病程/(年, $\bar{x} \pm s$)	空腹血糖/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)
非钙化组	65	38/27	52.34 ± 7.34	22.52 ± 4.53	32(49.23)	8.44 ± 2.06	6.23 ± 1.42
钙化组	32	20/12	52.34 ± 7.34	22.75 ± 4.58	17(53.13)	10.02 ± 2.64	7.12 ± 1.68
t/χ ² 值		0.145	0.328	0.234	0.130	3.229	2.331
P值		0.703	0.744	0.815	0.718	0.000	0.022

组别	血肌酐/(μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	尿素氮/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	总胆固醇(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	甘油三酯/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	HDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	LDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)
非钙化组	317.51 ± 23.43	22.45 ± 5.16	4.34 ± 1.45	1.42 ± 0.32	1.12 ± 0.27	2.63 ± 0.54
钙化组	512.03 ± 34.62	23.04 ± 5.28	4.42 ± 1.49	1.49 ± 0.36	1.08 ± 0.24	2.67 ± 0.58
t/χ ² 值	32.645	0.525	0.253	0.972	0.711	0.335
P值	0.000	0.600	0.801	0.334	0.497	0.739

组别	血镁/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	血钙/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	血磷/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	TRPM7 ($\bar{x} \pm s$)	Sirtuin-1/(ng/mL, $\bar{x} \pm s$)
非钙化组	1.05 ± 0.32	2.16 ± 0.64	1.68 ± 0.34	1.17 ± 0.43	10.45 ± 2.43
钙化组	0.74 ± 0.16	1.28 ± 0.54	2.92 ± 0.78	2.14 ± 0.68	3.75 ± 1.02
t/χ ² 值	5.328	6.689	10.922	8.558	14.931
P值	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000

2.6 DN患者颈动脉钙化的多因素 Logistic 逐步回归分析

以DN患者是否合并颈动脉钙化作为因变量(否=0、是=1),以单因素分析中差异有统计学有意义的指标:糖尿病病程、空腹血糖、血肌酐、血镁(≤ 0.89 mmol/L = 0、 > 0.89 mmol/L = 1)、血钙、血磷、TRPM7($< 1.41 = 0, \geq 1.41 = 1$)和Sirtuin-1(≤ 8.81 ng/mL =

2.4 DN患者血清TRPM7、Sirtuin-1水平与钙磷代谢的相关性

Pearson 相关性分析结果显示, DN患者血清TRPM7与血钙呈负相关($r = -0.247, P = 0.000$),与血磷呈正相关($r = 0.415, P = 0.000$); DN患者血清Sirtuin-1与血钙呈正相关($r = 0.367, P = 0.000$),与血磷呈负相关($r = -0.505, P = 0.000$)。

2.5 DN患者颈动脉钙化的单因素分析

钙化组与非钙化组DN患者糖尿病病程、空腹血糖、血肌酐、血磷、TRPM7、血镁、血钙、Sirtuin-1比较,经t检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);钙化组糖尿病病程、空腹血糖、血肌酐、血磷、TRPM7水平高于非钙化组,血镁、血钙、Sirtuin-1水平低于非钙化组。见表4。

0、 > 8.81 ng/mL = 1)为自变量进行多因素 Logistic 逐步回归分析(引入水准为0.05,排除水准为0.10),结果显示:血镁 ≤ 0.89 mmol/L [$\hat{O}R = 2.277$ (95% CI: 1.521, 3.410)], TRPM7 ≥ 1.41 [$\hat{O}R = 3.019$ (95% CI: 1.901, 4.795)], Sirtuin-1 ≤ 8.81 ng/mL [$\hat{O}R = 2.591$ (95% CI: 1.657, 4.051)]是DN患者颈动脉钙化的危险因素($P < 0.05$)。见表5。

表 5 DN 患者颈动脉钙化的多因素 Logistic 逐步回归分析参数

自变量	S_b	b	Wald χ^2	P 值	\hat{OR}	95% CI	
						下限	上限
血镁	-0.823	0.206	15.961	0.000	2.277	1.521	3.410
TRPM7	1.105	0.236	21.923	0.000	3.019	1.901	4.795
Sirtuin-1	-0.952	0.228	17.434	0.000	2.591	1.657	4.051

3 讨论

近些年,我国糖尿病的防治形势日益严峻,造成了严重的疾病负担,而 DN 作为糖尿病常见的并发症之一,发病率不断升高,严重威胁居民的身体健康^[9]。DN 发生后肾功能受损,容易引起机体代谢紊乱,其中以钙磷代谢紊乱较多见,可加大预后不良的风险^[10]。颈动脉钙化是导致 DN 患者发生心血管疾病的高危因素,其发病机制未明,缺乏有效的防控措施^[11]。因此,寻求合适的生物学指标用于早期评估 DN 患者的钙磷代谢及颈动脉钙化情况,可为防治工作的正常开展提供依据。

TRPM7 是一种具有蛋白激酶双重结构的阳离子通道,可通过调节细胞膜的电位差,维持细胞内外钙离子、镁离子稳态^[12]。GATICA 等^[13]研究发现,抑制 TRPM7 表达可维持肾血管的通透性,预防肾功能障碍。本研究结果表明, DN 组血清 TRPM7 相对表达量高于对照组,提示血清 TRPM7 在 DN 患者中呈高表达。可能因为 TRPM7 高表达可导致细胞内钙离子过载,过度活化一氧化氮合酶,进而损伤血管内皮功能,引起肾脏出现血流灌注不足,肾功能损害,最终参与 DN 进展。本研究结果显示, DN 组血钙低于对照组,血磷高于对照组; TRPM7 与血钙呈负相关,与血磷呈正相关,提示 TRPM7 异常表达与 DN 患者的钙磷代谢有关。其原因可能为 DN 发生后肾功能损害,可导致肾小管重吸收作用异常,引起机体钙磷代谢紊乱,而 TRPM7 高表达与肾功能损害呈正相关,故可推测 TRPM7 与 DN 患者的钙磷代谢紊乱有关。本研究结果显示,钙化组血清 TRPM7 相对表达量高于非钙化组;且 TRPM7 高表达是 DN 患者颈动脉钙化的危险因素,提示 TRPM7 高表达与 DN 患者发生颈动脉钙化有关。TRPM7 是一种重要的镁离子通道,可表达于血管平滑肌细胞 (vascular smooth muscle cell, VSMC),通过调节跨膜镁离子的转运,参与血管钙化过程^[14]。既往研究发

现,镁离子可抑制 VSMC 凋亡及向成骨细胞分化,具有抑制血管钙化的作用^[15]。因此,笔者推测 TRPM7 高表达可促使血镁水平降低,进而增加颈动脉钙化的发生风险。

Sirtuin-1 属于沉默调节蛋白家族,广泛表达于肾脏、心脏等组织中,可通过发挥抗炎、抗纤维化、抗氧化等作用保护肾脏功能,进而延缓 DN 的病情进展^[16]。体外实验结果表明, Sirtuin-1 可减少促炎因子的分泌,继而缓解缺氧复氧肾小管上皮细胞炎症损伤^[17]。本研究结果表明, DN 组血清 Sirtuin-1 低于对照组,提示血清 Sirtuin-1 在 DN 患者中降低,与李靖等^[18]研究结果一致。原因是 Sirtuin-1 表达下调可激活核因子- κ B (nuclear factor- κ B, NF- κ B) 信号通路,诱发肾脏组织炎症,同时可加重氧化应激,导致足细胞及系膜细胞凋亡,损害肾功能,从而参与 DN 发生、发展。本研究结果表明, DN 组血钙低于对照组,血磷高于对照组; Sirtuin-1 与血钙呈正相关,与血磷呈负相关,提示 Sirtuin-1 可参与 DN 患者的钙磷代谢过程。可能因为 Sirtuin-1 低表达可导致肾功能下降,使肾小管对磷的重吸收作用减弱,血磷水平升高,而血钙水平因维生素 D 合成受阻而降低。本研究结果表明,钙化组 DN 患者血清 Sirtuin-1 低于非钙化组患者;且 Sirtuin-1 低表达是 DN 患者颈动脉钙化的独立危险因素。提示 Sirtuin-1 可参与 DN 患者颈动脉钙化过程,并作为潜在的预测标志物。Sirtuin-1 可通过调节 VSMC 凋亡、内皮一氧化氮生物利用度、细胞外基质沉积等过程来减缓血管钙化^[19]。郝芳芳等^[20]研究发现,血清 Sirtuin-1 水平降低可增加颈动脉粥样硬化的不稳定性,因此认为 Sirtuin-1 表达下调与 DN 患者颈动脉钙化有关。临床上可通过监测血清 TRPM7、Sirtuin-1 水平变化来筛查 DN 患者发生钙磷代谢紊乱及颈动脉钙化的高危人群,具有性价比高、可重复性好等优点,临床应用前景较好。

综上所述, DN 患者血清 TRPM7 升高、Sirtuin-1 降低, 两者与钙磷代谢密切相关, 且 TRPM7 高表达、Sirtuin-1 低表达是 DN 患者颈动脉钙化的独立危险因素。

参 考 文 献 :

- [1] 冉敏, 黄笠. 序贯血液透析滤过结合血液灌流治疗糖尿病肾病维持性血液透析的效果分析[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(3): 26-30.
- [2] 黄国威, 肖李艳, 袁仲飞. CKD-V期糖尿病肾病患者血管钙化与血清 CTRP3、VK2 水平的关系[J]. 山东医药, 2022, 62(13): 29-33.
- [3] 陈宝珍, 王晓江, 何银珠, 等. TRPM7 在胃癌组织的表达及其临床意义[J]. 临床与病理杂志, 2020, 40(9): 2259-2263.
- [4] ZHAO Z J, ZHANG M P, DUAN X L, et al. TRPM7 regulates AKT/FOXO1-dependent tumor growth and is an independent prognostic indicator in renal cell carcinoma[J]. Mol Cancer Res, 2018, 16(6): 1013-1023.
- [5] 王放, 涂祎敏, 刘晓飞, 等. 急性冠脉综合征患者血清 Sirtuin 1 与冠脉病变相关[J]. 中华急诊医学杂志, 2021, 30(4): 473-478.
- [6] 王宇栋, 罗卓卡, 蒋煜, 等. 血清 SIRT1 水平对慢性心力衰竭患者预后的预测价值分析[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2019, 11(9): 1073-1076.
- [7] 中华医学会糖尿病学分会微血管并发症学组. 糖尿病肾病防治专家共识(2014年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2014, 6(11): 792-801.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315-409.
- [9] 张驰, 谢晓慧, 郑芳芳, 等. 血清 Fetuin-A、NGAL 对糖尿病肾病的早期诊断价值[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(1): 1-6.
- [10] 陈璟, 李文亚, 邵翔, 等. 血清皮质醇、促肾上腺皮质激素水平预测糖尿病肾病患者钙磷代谢紊乱价值分析[J]. 疑难病杂志, 2021, 20(8): 770-774.
- [11] 闫燕, 李金娥, 许玉玲, 等. 糖尿病肾病维持性血液透析患者 FGF21、 β -Klotho 水平与颈动脉钙化的关系[J]. 中国中西医结合

合肾病杂志, 2021, 22(5): 414-417.

- [12] 邓蕊, 余苏云, 王蔚, 等. TRPM7 通道在肿瘤发生发展过程中的作用研究进展[J]. 中国药理学通报, 2020, 36(2): 166-170.
- [13] GATICA S, VILLEGAS V, VALLEJOS A, et al. TRPM7 mediates kidney injury, endothelial hyperpermeability and mortality during endotoxemia[J]. Lab Invest, 2020, 100(2): 234-249.
- [14] LEE C T, NG H Y, KUO W H, et al. The role of TRPM7 in vascular calcification: comparison between phosphate and uremic toxin[J]. Life Sci, 2020, 260: 118280.
- [15] 丁慧, 潘艳, 郭亚玲, 等. 慢性肾脏病患者血清镁、鸢尾素水平变化及其与颈动脉钙化的相关性[J]. 山东医药, 2021, 61(6): 82-85.
- [16] 陶鹏宇, 张悦. SIRT1 在糖尿病肾病进展中的作用[J]. 基础医学与临床, 2019, 39(3): 439-443.
- [17] 俞济荣, 刘璘琛, 许圣淳, 等. SIRT1 减轻缺氧复氧肾小管上皮细胞炎性损伤的实验研究[J]. 中国免疫学杂志, 2019, 35(9): 1036-1041.
- [18] 李靖, 叶卫丰, 徐安健, 等. 糖尿病肾脏病患者血清 Sirt1 与炎症及氧化应激反应、白蛋白尿短期进展的关系[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(3): 274-277.
- [19] LU C L, LIAO M T, HOU Y C, et al. Sirtuin-1 and its relevance in vascular calcification[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(5): 1593.
- [20] 郝芳芳, 刘天一, 范庆怡, 等. 血清 PECAM-1、Sirt1 水平与颈动脉粥样硬化斑块稳定性的关系[J]. 山东医药, 2022, 62(4): 11-15.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 向元兵, 胡耀. 糖尿病肾病患者血清 TRPM7、Sirtuin-1 与钙磷代谢、颈动脉钙化的相关性[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(12): 86-91.

Cite this article as: XIANG Y B, HU Y. Associations of serum TRPM7 and Sirtuin-1 with calcium and phosphorus metabolism and carotid artery calcification in patients with diabetic nephropathy[J]. China Journal of Modern Medicine, 2023, 33(12): 86-91.