

2 型糖尿病合并肾病患者心脏瓣膜钙化风险预测模型的建立与验证

王艳辉¹ 贾坤¹ 李敬²

¹保定市中医院内科,河北保定 071000;²河北大学附属医院肾内科,河北保定 071000

摘要 目的:探究 2 型糖尿病(T2DM)合并肾病患者心脏瓣膜钙化(CVC)的影响因素。方法:选择 100 例 T2DM 合并肾病患者为研究对象,按照有无 CVC 分为钙化组 32 例和非钙化组 68 例。采用多因素 Logistic 回归分析 T2DM 合并肾病患者 CVC 的独立危险因素,构建预测模型并验证。通过限制性立方样条模型分析残肾功能(RRF)与 CVC 之间的关系。结果:与非钙化组比较,钙化组患者 T2DM 病程较长、血尿素氮(BUN)、肌酐(SCr)、成纤维细胞生长因子 23(FGF23)、C 反应蛋白(CRP)、血磷、全段甲状旁腺激素(iPTH)水平较高,血白蛋白(ALB)水平、肾小球滤过率(eGFR)、RRF 较低(P 均 < 0.05)。多因素 Logistic 回归分析显示 $ALB < 35.64\text{ g/L}$ 、血磷 $> 1.97\text{ mmol/L}$ 、 $iPTH > 123.75\text{ pg/mL}$ 为 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立危险因素(P 均 < 0.05), $RRF \geq 1.00\text{ mL/min}$ 为保护因素($P < 0.05$)。限制性立方样条模型分析显示,RRF 与 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 存在非线性剂量-反应关系,随着 RRF 的下降,CVC 风险增加。构建 T2DM 合并肾病患者 CVC 的预测模型的方程为 $P = e^a / (1 + e^a)$, $a = -7.432 + 0.909 \times ALB + 1.188 \times \text{血磷} + 0.886 \times iPTH - 0.970 \times RRF$ 。模型的一致性指数(C-index)为 0.856(95% CI: 0.827 ~ 0.874),校正曲线与理想曲线拟合良好,模型具有较高的准确性。受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)为 0.862(95% CI: 0.831 ~ 0.883)。预测模型的临床决策曲线阈值概率在 0.01 ~ 0.95,净获益率 > 0 ,提示其有效性较好。结论: $ALB < 35.64\text{ g/L}$ 、血磷 $> 1.97\text{ mmol/L}$ 、 $iPTH > 123.75\text{ pg/mL}$ 为 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立危险因素, $RRF \geq 1.00\text{ mL/min}$ 为保护因素。T2DM 合并肾病患者肾功能不全可增加 CVC 风险。

关键词 2 型糖尿病; 肾病; 残肾功能; 预测模型

中图分类号 R587.1 文献标识码 A DOI 10.11768/nkjwzzzz20250405

Establishment and validation of a risk prediction model for cardiac valve calcification in type 2 diabetes mellitus patients with nephropathy WANG Yan-hui¹, JIA Kun¹, LI Jing². ¹Department of Internal Medicine, Baoding Traditional Chinese Medicine Hospital, Baoding Hebei 071000, China; ²Department of Nephrology, Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding Hebei 071000, China

Corresponding author: LI Jing, E-mail: 307764622@qq.com

Abstract Objective: To explore the influencing factors of cardiac valve calcification (CVC) in type 2 diabetes mellitus (T2DM) patients with nephropathy. Methods: A total of 100 patients with T2DM complicated with kidney disease were selected as the research subjects, and were divided into a calcification group of 32 cases and a non-calcification group of 68 cases according to the presence or absence of CVC. The multiple logistic regression analysis was done to identify independent risk factors for CVC in T2DM patients with concomitant kidney disease, constructing a predictive model and validating it. The relationship between residual renal function (RRF) and CVC was analyzed using a restricted cubic spline model. Results: The patients in the calcification group had a longer course of T2DM, higher levels of urea nitrogen (BUN), creatinine (SCr), fibroblast growth factor 23 (FGF23), C-reactive protein (CRP), blood phosphorus, whole parathyroid hormone (iPTH), lower levels of albumin (ALB), glomerular filtration rate (eGFR), and RRF than in the non-calcification group (all $P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that $ALB < 35.64\text{ g/L}$, blood phosphorus $> 1.97\text{ mmol/L}$, and $iPTH > 123.75\text{ pg/mL}$ were independent risk factors for CVC in T2DM patients with kidney disease (all $P < 0.05$), while $RRF \geq 1.00\text{ mL/min}$ was a protective factor ($P < 0.05$). The analysis of the restricted cubic spline model showed that there was a non-linear dose-response relationship between RRF and CVC in T2DM patients with kidney disease. As RRF decreased, the risk of CVC increased. The equation for constructing a predictive model of CVC in patients with T2DM complicated with kidney disease was as follows: $P = e^a / (1 + e^a)$, $a = -7.432 + 0.909 \times \text{whether } ALB < 35.64\text{ g/L (1 or 0)} + 1.188 \times \text{whether blood phosphorus } > 1.97\text{ mmol/L (1 or 0)} + 0.886 \times \text{whether } iPTH >$

123.75 pg/mL (1 or 0) $-0.970 \times \text{whether RRF} > 1.00 \text{ mL/min (1 or 0)}$. The consistency index (C-index) of the model was 0.856 (95% CI: 0.827-0.874), and the calibration curve fitted well with the ideal curve, indicating that the model had high accuracy. The area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) was 0.862 (95% CI: 0.831-0.883). The threshold probability of the clinical decision curve of the prediction model was between 0.01 and 0.95, and the net benefit rate was greater than 0, indicating its good effectiveness. Conclusion: ALB $< 35.64 \text{ g/L}$, blood phosphorus $> 1.97 \text{ mmol/L}$ and iPTH $> 123.75 \text{ pg/mL}$ are independent risk factors for CVC in T2DM patients with concomitant kidney disease, while $\text{RRF} \geq 1.00 \text{ mL/min}$ is a protective factor. Renal dysfunction in patients with T2DM combined with kidney disease can increase the risk of CVC.

Key words Type 2 diabetes mellitus; Nephropathy; Residual kidney function; Prediction model

2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 是常见的代谢性疾病^[1], 并发症多, 其中 20% 以上并发肾病^[2]。肾病出现明显症状时往往已进入终末期, 且 T2DM 患者自身免疫力较低, 易并发心血管疾病, 威胁患者生命^[3]。心脏瓣膜钙化 (cardiac valve calcification, CVC) 是糖尿病肾病患者常见的心血管并发症^[4], 与心肌重塑、心力衰竭、心肌梗死、卒中等多种不良结局的发生相关^[5]。研究表明, 肾病患者肾脏负荷加重, 可导致心室容积增大^[6-9]。本文探究 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的相关危险因素, 并分析其与残肾功能 (residual renal function, RRF) 之间的关系。

资料与方法

1. 一般资料: 选择 2020 年 1 月-2022 年 8 月保定市中医院收治的 T2DM 合并肾病患者 100 (男 56, 女 44) 例, 年龄 53 ~ 70 岁, 平均 (63.01 ± 4.67) 岁, 均符合 T2DM 合并肾病的诊断标准^[10]。按照有无 CVC 分为钙化组 32 例和非钙化组 68 例。排除标准: ①严重心脏病患者; ②肾功能迅速恶化; ③明显血尿患者; ④智力障碍患者。本研究经医院伦理委员会审核通过 (2020-0036), 患者或家属均知情并签署同意书。

2. 观察指标: 记录患者性别、年龄、T2DM 病程、体重指数 (body mass index, BMI)、收缩压、舒张压、吸烟史、饮酒史等临床资料。患者入院后禁食 12 h 后抽取静脉血, 测定生化指标, 包括总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、低密度脂蛋白 (LDL)、高密度脂蛋白 (HDL)、血红蛋白 (Hb)、尿素氮 (BUN)、肌酐 (SCr)、白蛋白 (ALB)、成纤维细胞生长因子 23 (fibroblast growth factor, FGF23)、糖化血红蛋白 (HbA1c)、尿酸 (UA)、C 反应蛋白 (CRP)、白细胞计数 (WBC)、全段甲状旁腺激素 (intact parathyroid hormone, iPTH)、血钙、血磷、计算钙磷乘积。

3. 检测方法: 采用心脏超声 (超声探头频率 8 ~

10 MHz) 测定 T2DM 合并肾病患者的主动脉瓣、二尖瓣瓣膜及瓣环, 心脏瓣膜或瓣环上出现 1 个或多个直径 $\geq 1 \text{ mm}$ 的团块状或点状的强回声团可超声诊断 CVC^[11]。

4. 评定方法^[12]: ①肾小球滤过率 (estimated glomerular filtration rate, eGFR) $= (140 - \text{年龄}) \times \text{体重} \times \text{男性} 1.23 (\text{女性} 1.03) / \text{SCr}$; ②残肾肌酐清除率 $= (24 \text{ h 尿肌酐} \times 24 \text{ h 尿量}) / (\text{SCr} \times 1440)$; ③残肾尿素清除率 $= (24 \text{ h 尿尿素氮} \times 24 \text{ h 尿量}) / (\text{BUN} \times 1440)$; ④RRF $= (\text{残肾肌酐清除率} + \text{残肾尿素清除率}) / 2$ 。

5. 统计学分析: 采用 SPSS 22.0 统计学软件。计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 组间比较采用 t 检验; 计数资料以例数 (百分数) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用 Logistic 回归分析 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立危险因素。建立限制性立方样条 Logistic 回归模型分析 RRF 与 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的剂量-反应关系; 依据影响因素构建预测模型。采用 Bootstrap 自抽样法进行验证, 采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线、ROC 曲线下面积 (area under curve, AUC) 一致性指数 (concordance index, C-index) 评价模型的区分度和准确性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 一般资料: 与非钙化组比较, 钙化组患者 T2DM 病程较长、血 BUN、SCr、FGF23、CRP、血磷、iPTH 水平较高, 血 ALB 水平和 eGFR 较低 (P 均 < 0.05), 见表 1 (扫描文前二维码查看全文及详细数据资料)。

2. 心脏瓣膜钙化的危险因素分析: 以患者是否发生 CVC 为因变量, 将表 1 中有统计学意义的因素作为自变量, 通过 ROC 曲线确定各自变量预测 CVC 的最佳截断值, 并以此为界将变量二分类后纳入 Logistic 回归, 发现 $\text{ALB} < 35.64 \text{ g/L}$ 、血磷 $>$

1.97 mmol/L、iPTH >123.75 pg/mL 为 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立危险因素,RRF $\geq$ 1.00 mL/min 为保护因素(P 均 <0.05),见图 1。未纳入 RRF 的 Logistic 回归分析和纳入 RRF 的 Logistic

回归分析进行 Hosmer-Lemeshow 检验,拟合优度均良好,见表 2。共线性诊断显示,变量的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)均小于 10,变量之间不存在共线性,相互独立,见表 3。

表 1 2 组一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

项目	钙化组($n=32$)	非钙化组($n=68$)	t/χ^2 值	P 值
T2DM 病程(年)	9.73 $\pm$ 2.14	5.86 $\pm$ 1.20	11.573	0.000
eGFR(%)	25.61 $\pm$ 3.92	38.84 $\pm$ 7.36	9.535	<0.001
BUN(mmol/L)	12.56 $\pm$ 1.85	9.34 $\pm$ 1.74	8.460	<0.001
SCr(μ mol/L)	276.47 $\pm$ 32.43	188.26 $\pm$ 29.68	13.457	<0.001
ALB(g/L)	32.58 $\pm$ 5.76	38.92 $\pm$ 5.43	5.342	<0.001
FGF23(pg/mL)	446.72 $\pm$ 83.24	326.84 $\pm$ 72.15	7.374	<0.001
CRP(mg/L)	173.25 $\pm$ 53.46	98.75 $\pm$ 26.79	9.306	<0.001
血钙(mmol/L)	2.30 $\pm$ 0.22	2.68 $\pm$ 0.14	10.462	<0.001
血磷(mmol/L)	2.21 $\pm$ 0.36	1.74 $\pm$ 0.42	5.454	<0.001
iPTH(pg/mL)	168.35 $\pm$ 44.28	95.37 $\pm$ 23.40	10.795	<0.001
RRF(mL/min)	1.22 $\pm$ 0.18	0.84 $\pm$ 0.25	7.701	<0.001

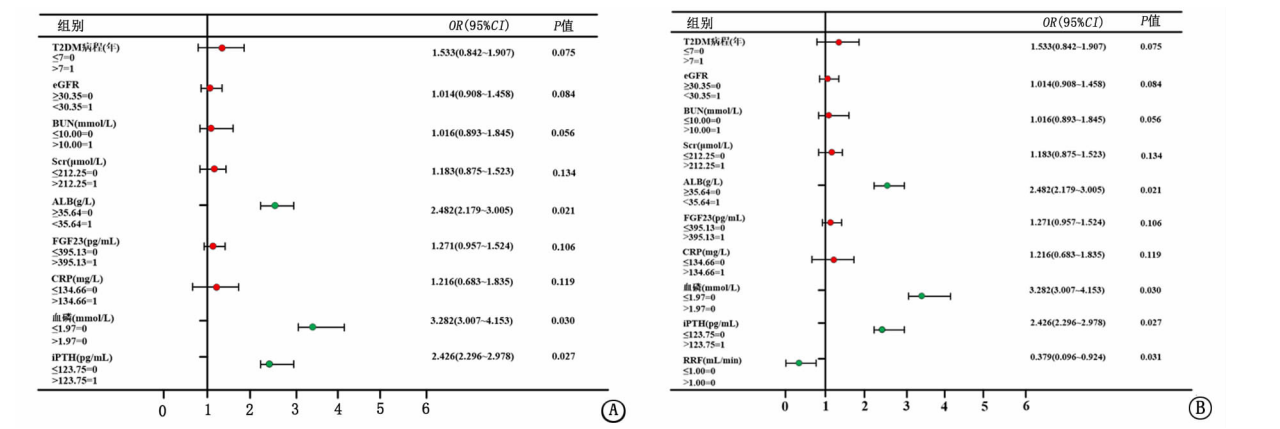


图 1 多因素 Logistic 回归分析 CVC 的多因素分析森林图(A:未纳入 RRF;B:纳入 RRF)

表 2 Hosmer-Lemeshow 检验

因素	χ^2 值	自由度	P 值
未纳入 RRF	6.223	5	0.815
纳入 RRF	5.256	5	0.516

表 3 变量的共线性诊断系数

变量	VIF
ALB(g/L)	2.231
血磷(mmol/L)	1.038
iPTH(pg/mL)	2.164
RRF(mL/min)	2.035

3. RRF 与 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的剂量关系:限制性立方样条模型分析显示,RRF 与 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的关联强度均存在非线性剂量-反应关系,随着 RRF 的下降,CVC 风险增加,见图 2。

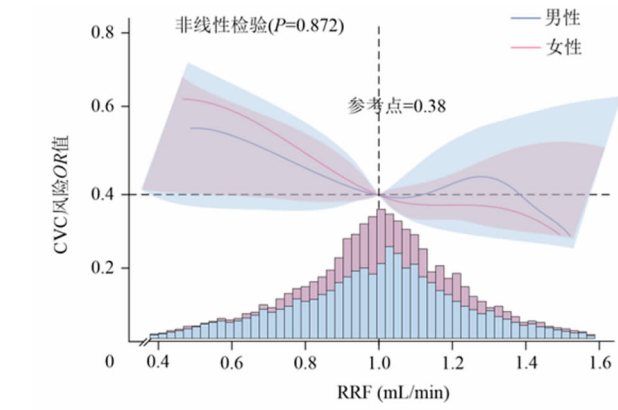


图 2 RRF 与 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的剂量关系

4. 预测模型的构建及验证:构建 T2DM 合并肾病患者 CVC 的预测模型的方程为 $P = ea/(1 + ea)$, $a = -7.432 + 0.909 \times \text{ALB} + 1.188 \times \text{血磷} + 0.886 \times \text{iPTH} - 0.970 \times \text{RRF}$ (扫描文前二维码查看全文及变量赋值)。预测模型中 e 为指数函数,P 为 T2DM 合并肾病患者 CVC 的发生概率。对模型进行 Bootstrap 法内部验证。结果显示:模型的 C-index 为 0.856(95% CI: 0.827 ~ 0.874),校正曲线与理想曲线拟合良好,模型具有较高的准确性,见图 3。AUC 为 0.862(95% CI: 0.831 ~ 0.883),模型具有较高的区分度,见图 4。预测模型的临床决策曲线阈值概率在 0.01 ~ 0.95 范围内,净获益率 >0,见图 5。

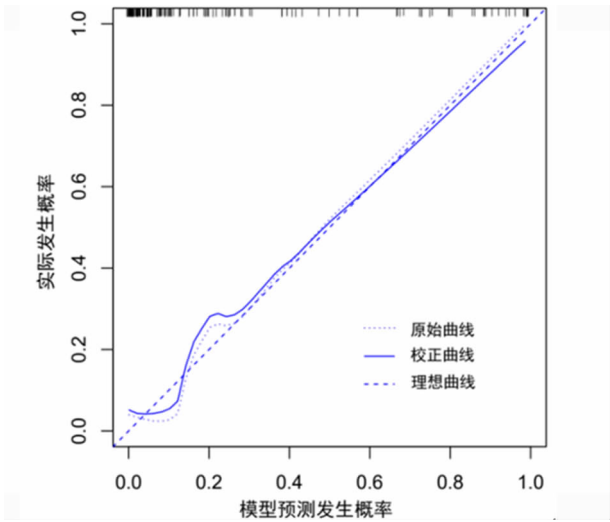


图 3 模型的校正曲线验证图

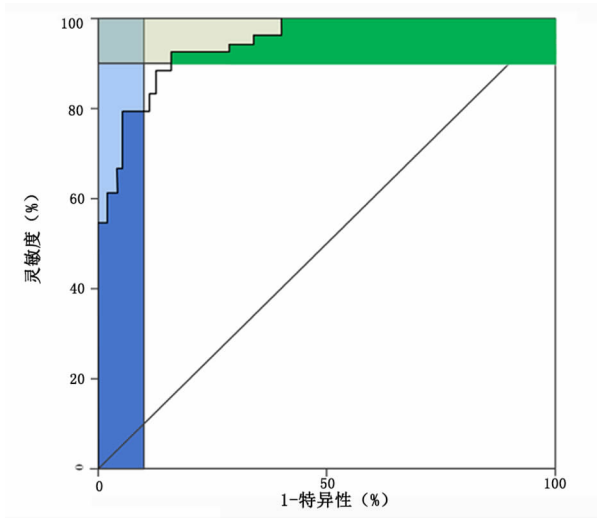


图 4 模型的区分度评价

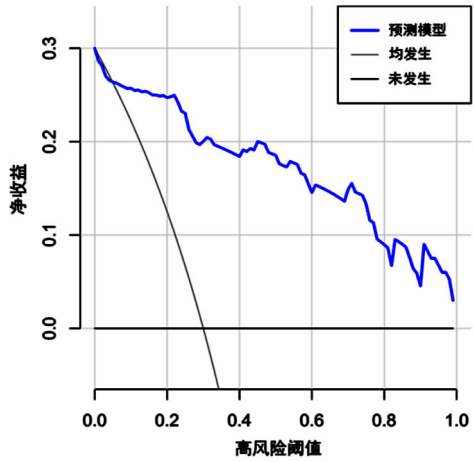


图 5 模型的有效性评价

讨论

近年来糖尿病肾病的发病率逐年升高,已经成为终末期肾病的最常见原因^[13]。研究显示^[14],T2DM 合并肾病患者较高的死亡率主要因为并发心血管疾病,而 CVC 是导致终末期肾病患者心血管疾病发生、发展的重要因素。

既往研究显示,透析治疗的人群中血管钙化的发生概率为 68%,其中 CVC 的发病率为 25% ~ 40%^[15]。本研究中,接受透析治疗的 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的概率为 32%。机体内磷代谢紊乱是糖尿病肾病患者血管钙化的重要影响因素,血清磷离子含量高于正常水平是启动钙化的决定性因素,而机体内血磷的增加以及肾功能的降低又与 FGF23 水平的升高密切关系^[16]。本研究中,钙化组血磷和 FGF23 水平均显著高于未钙化组,多因素分析显示,FGF23 未存在显著统计学差异,而血磷 > 1.97 mmol/L 为 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立危险因素。这可能是由于过高的血磷水平可直接在心脏瓣膜处沉积导致 CVC^[17],也可激活钠依赖的磷共同转运体,进而促进间质细胞的成骨表型转化^[18],最终引发 CVC。研究显示,血清中 iPTH 水平与血管钙化的发生呈显著正相关^[19]。本研究钙化组患者 iPTH 水平显著高于未钙化组,iPTH 为 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立危险因素。iPTH 在骨代谢和调控血钙、血磷浓度中具有重要作用^[20],iPTH 的过量分泌可加重 T2DM 合并肾病患

者机体内的磷代谢失衡,进而对心血管造成严重损害,增加 CVC 的发生风险。研究显示,糖尿病肾病患者的血清 ALB 水平与 CVC 的发生率呈负相关^[21],与本研究结果一致,提示营养不良可加速钙化的进程。研究显示,即使较低的 RRF 仍具有极强的清除能力,对减轻患者体内毒素蓄积具有重要作用,若 RRF 丧失,则患者体内水、盐的清除将完全依托血液透析,加重人体容量负荷,极易导致患者心功能减退、心力衰竭甚至死亡^[22,23]。因此,保护糖尿病肾病患者的 RRF 对提高患者的生存率至关重要。贫血、营养不良对 RRF 具有重要影响,RRF 下降幅度较大的患者 ALB 水平明显更低,提示低 ALB 是 RRF 功能下降的重要危险因素^[24]。随着 RRF 的下降,维生素 D₃ 水平降低,磷排泄发生异常,引发血磷升高,引发 iPTH 水平升高,促进 CVC 的发生^[25]。本研究中,钙化组患者的 RRF 显著低于非钙化组,RRF 与 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的关联强度存在非线性剂量-反应关系,随着 RRF 的下降,CVC 风险增加。多因素分析结果显示,RRF 为 T2DM 合并肾病患者发生 CVC 的独立保护因素。依据独立危险因素,本研究构建了 T2DM 合并肾病患者 CVC 的预测模型,该模型的 C-index 为 0.856 (95% CI: 0.827 ~ 0.874),AUC 为 0.862 (95% CI: 0.831 ~ 0.883),具有较高的准确性和区分度,且具有一定的临床适用性。

本研究的样本数量较少且较为单一,未对青壮年以及未进行透析治疗的患者进行相关统计分析,在未来的研究中我们将扩大样本数量。

参考文献

- 李军. 2 型糖尿病患者血清钙卫蛋白水平变化与心血管并发症有关[J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29(5): 397-401.
- 张茜, 王战建, 周亚茹, 等. 2022 版《中国老年 2 型糖尿病防治临床指南》专家解读[J]. 疑难病杂志, 2022, 21(5): 445-448.
- Calle P, Hotter G. Macrophage phenotype and fibrosis in hiabetic nephropathy[J]. Int J MolSci, 2020, 21(8): 2806.
- Wheeler DC, Stefansson BV, Jongs N, et al. Effects of dapagliflozin on major adverse kidney and cardiovascular events in patients with diabetic and nondiabetic chronic kidney disease: a prespecified analysis from the DAPA-CKD trial[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2021, 9(1): 22-31.
- 王雪荣, 许雯婷, 包婷, 等. 分泌型磷蛋白 24 与维持性血液透析患者心脏瓣膜钙化及心血管事件的相关性研究[J]. 安徽医科大学学报, 2022, 57(7): 1156-1160.
- Kielar M, Dumnicka P, Gala-bladzinska A, et al. Urinary NGAL measured after the first year post kidney transplantation predicts changes in glomerular filtration over one-year follow-Up[J]. J Clin Med, 2020, 10(1): 43-49.
- 李佳, 李庆超, 路华. 高通量血液透析与低通量血液透析对重症肾衰竭患者肾功能及预后的影响[J]. 新乡医学院学报, 2022, 39(1): 71-75.
- Shafi T, Levey AS. Measurement and estimation of residual kidney function in patients on dialysis[J]. Adv Chronic Kidney Dis, 2018, 25(1): 93-104.
- Torigoe K, Muta K, Tsuji K, et al. Urinary liver-type fatty acid-binding protein predicts residual renal function decline in patients on peritoneal dialysis[J]. Med Sci Monit, 2020, 26: e928236.
- 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.
- 邹宏昌, 程军, 陈艳霞, 等. 慢性肾脏病患者心脏瓣膜钙化风险预测模型的建立与验证[J]. 中国实用内科杂志, 2023, 43(6): 485-501.
- Yamada S, Kawai Y, Tsuneyoshi S, et al. Lower serum albumin level is associated with an increased risk for loss of residual kidney function in patients receiving peritoneal dialysis[J]. Ther Apher Dial, 2020, 24(1): 72-80.
- 王赫楠. 老年糖尿病无症状高尿酸血症患者颈动脉粥样硬化发生率及其影响因素[J]. 内科急危重症杂志, 2024, 30(2): 142-145.
- American Diabetes Association. Microvascular complications and foot care: standards of medical care in diabetes-2021[J]. Diabetes Care, 2021, 44(suppl 1): s151-167.
- Guo J, Zeng M, Zhang Y, et al. Serum alkaline phosphatase level predicts cardiac valve calcification in maintenance hemodialysis patients[J]. Blood Purif, 2020, 12: 1-10.
- 汪晓晨, 王立婷, 汤日宁, 等. 慢性肾脏病患者心脏瓣膜钙化的研究进展[J]. 中华肾脏病杂志, 2020, 36(11): 876-880.
- 王雪荣, 刘桂波, 许雯婷, 等. 维持性血液透析患者骨密度与心脏瓣膜钙化的相关性分析[J]. 中国血液净化, 2022, 21(1): 38-41.
- Li M, Ye ZC, Li CM, et al. The influence of cardiac valvular calcification on all-cause and cardiovascular mortality in maintenance hemodialysis patients[J]. Int Urol Nephrol, 2020, 52(5): 943-951.
- 王颜, 伍静, 苗起芬, 等. 维持性血液透析患者血清 OPN 和 iPTH 水平与血管钙化的相关性研究[J]. 临床床科杂志, 2022, 38(7): 518-523.
- Saud Mohammed Raja, Yemane Seyoum. Intradialytic complications among patients on twice-weekly maintenance hemodialysis: an experience from a hemodialysis center in Eritrea[J]. BMC Nephrol, 2020, 21(1): 163.
- 魏萌, 魏丽敏, 王萌, 等. 维持性血液透析患者血管钙化的危险因素分析[J]. 中国血液净化, 2020, 19(11): 742.
- Uchiyama K, Washida N, Morimoto K, et al. Effects of exercise on residual renal function in patients undergoing peritoneal dialysis: A post-hoc analysis of a randomized controlled trial[J]. Ther Apher Dial, 2020, 24(6): 668-676.
- Yamada S, Kawai Y, Tsuneyoshi S, et al. Lower serum albumin level is associated with an increased risk for loss of residual kidney function in patients receiving peritoneal dialysis[J]. Ther Apher Dial, 2020, 24(1): 72-80.
- 洪玉婷. 血清白蛋白水平对腹膜透析患者残余肾功能的影响[J]. 内蒙古医学杂志, 2020, 52(4): 394-396.
- Yang C, Ma X, Zhao W, et al. A longitudinal analysis of the relationship between serum uric acid and residual renal function loss in peritoneal dialysis patients[J]. Ren Fail, 2020, 42(1): 447-454.

(2023-08-30 收稿 2025-05-30 修回)

附表 1 2 组一般资料比较

项目	钙化组 (<i>n</i> =32)	非钙化组 (<i>n</i> =68)	统计值	<i>P</i> 值
年龄 (岁, $\bar{X} \pm s$)	63.23±4.06	62.94±3.95	0.339	0.735
男性[例 (%)]	18 (56.25%)	38 (55.88%)		
BMI (kg/m ² , $\bar{X} \pm s$)	23.62±2.31	23.58±2.19	0.084	0.933
收缩压 (mmHg, $\bar{X} \pm s$)	130.21±13.57	128.36±14.25	0.615	0.540
舒张压 (mmHg, $\bar{X} \pm s$)	81.75±6.28	80.54±7.03	0.830	0.409
T2DM 病程 (年, $\bar{X} \pm s$)	9.73±2.14	5.86±1.20	11.573	0.000
吸烟史[例 (%)]	11 (34.38%)	23 (33.82%)	0.003	0.957
饮酒史[例 (%)]	12 (37.50%)	26 (38.24%)	0.005	0.944
高血压[例 (%)]	5 (15.63%)	10 (14.71%)	0.014	0.904
高血脂[例 (%)]	4 (12.50%)	9 (13.24%)	0.01	0.919
eGFR (% , $\bar{X} \pm s$)	25.61±3.92	38.84±7.36	9.535	<0.001
TC (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	4.36±1.52	4.33±0.73	0.134	0.894
TG (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	1.54±1.04	1.52±1.00	0.092	0.927
HDL-C (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	1.19±0.50	1.20±0.28	0.128	0.898
LDL-C (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	2.71±0.91	2.69±0.67	0.124	0.902
Hb (g/L, $\bar{X} \pm s$)	85.18±10.29	85.21±10.66	0.013	0.989
BUN (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	12.56±1.85	9.34±1.74	8.460	<0.001
SCr (μmol/L, $\bar{X} \pm s$)	276.47±32.43	188.26±29.68	13.457	<0.001
ALB (g/L, $\bar{X} \pm s$)	32.58±5.76	38.92±5.43	5.342	<0.001
FGF23 (pg/mL, $\bar{X} \pm s$)	446.72±83.24	326.84±72.15	7.374	<0.001
HbA1c (% , $\bar{X} \pm s$)	8.45±2.19	8.39±2.06	0.133	0.894
UA (μmol/L, $\bar{X} \pm s$)	476.38±93.85	462.76±87.24	0.711	0.479
WBC (×10 ⁹ /L, $\bar{X} \pm s$)	9.38±2.74	9.26±1.62	0.274	0.785
CRP (mg/L, $\bar{X} \pm s$)	173.25±53.46	98.75±26.79	9.306	<0.001
血钙 (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	2.30±0.22	2.68±0.14	10.462	<0.001
血磷 (mmol/L, $\bar{X} \pm s$)	2.21±0.36	1.74±0.42	5.454	<0.001
钙磷乘积 (mg ² /dL ² , $\bar{X} \pm s$)	50.37±7.35	48.66±8.03	1.020	0.310
iPTH (pg/mL, $\bar{X} \pm s$)	168.35±44.28	95.37±23.40	10.795	<0.001
RRF (mL/min, $\bar{X} \pm s$)	1.22±0.18	0.84±0.25	7.701	<0.001

附表 2 变量赋值说明

变量	赋值
ALB	$<35.34\text{ g/L} =1, \geq 35.64\text{ g/L} =0$
血磷	$<1.97\text{ mmol/L} =1, \geq 1.97\text{ mmol/L} =0$
iPTH	$>123.75\text{ pg/mL} =1, \leq 123.75\text{ pg/mL} =0$
RRF	$>1.00\text{ mL/min} =1, \leq 1.00\text{ mL/min} =0$