

论 著

超声评估肾阻力指数与老年糖尿病肾病患者
颈动脉粥样硬化的关系*

张保振 李晓玉 刘晓艳 纪笑娟 李潇颖

首都医科大学附属北京积水潭医院, 北京 100032

[摘要] **目的** 探讨超声评估肾阻力指数 (RRI) 与老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的关系。**方法** 选取 2023 年 1 月—2023 年 12 月在北京积水潭医院收治的 120 例老年糖尿病肾病患者作为研究对象, 依据有无颈动脉粥样硬化分为研究组 [65 例, 有颈动脉内膜增厚和 (或) 斑块] 和对照组 (55 例)。采集一般临床资料, Pearson 相关系数分析颈动脉内膜中层厚度 (IMT) 与 RRI 的关系, 多因素 logistic 回归分析老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的影响因素, ROC 曲线分析 RRI 对颈动脉粥样硬化的预测价值。**结果** 两组糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇、尿酸、RRI、估算肾小球滤过率 (eGFR)、中性粒细胞与淋巴细胞比值 (NLR) 和 IMT 比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); Pearson 相关系数分析显示, IMT 与 RRI 呈正相关 ($r = 0.884, P < 0.001$); 多因素 logistic 回归分析显示, 糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇、尿酸、RRI、eGFR、NLR 均为老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化发生的独立危险因素 ($P < 0.05$); ROC 曲线显示, RRI 预测颈动脉粥样硬化发生的 AUC 为 0.818 (95% CI: 0.741 ~ 0.896, $P < 0.001$), Cut off 值为 0.71, 灵敏度为 0.677, 特异度为 0.891, 最大约登指数为 0.568。**结论** RRI 与老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化呈正相关, RRI 对颈动脉粥样硬化的发生具有一定的预测价值, 提示 RRI 可能作为评估老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的重要指标之一。

[关键词] 糖尿病肾病; 颈动脉粥样硬化; 肾阻力指数; 超声

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2024.06.002

Ultrasonic Assessment of the Relationship between Renal Resistance Index and
Carotid Atherosclerosis in Elderly Patients with Diabetic Nephropathy

Zhang Baozhen, Li Xiaoyu, Liu Xiaoyan, Ji Xiaojuan, Li Xiaoying

Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100032

[Abstract] **Objective** To investigate the relationship between renal resistance index (RRI) assessed by ultrasonography and carotid atherosclerosis in elderly patients with diabetic nephropathy. **Methods** A total of 120 elderly diabetic nephropathy patients admitted to Beijing Jishuitan Hospital affiliated to Capital Medical University from January 2023 to December 2023 were selected and grouped according to whether they had carotid atherosclerosis or not. Patients with thickening and/or plaque of carotid artery were selected as the study group (65 cases), otherwise as the control group (55 cases). General clinical data of patients were collected, the relationship between intima-media thickness (IMT) and RRI was analyzed by Pearson correlation analysis, the influencing factors of carotid atherosclerosis in elderly patients with diabetic nephropathy were analyzed by multivariate logistic regression analysis, and the predictive value of RRI on carotid atherosclerosis was analyzed by ROC curve. **Results** There were significant differences in duration of diabetes, glycosylated hemoglobin, fasting blood glucose, low-density lipoprotein cholesterol, uric acid, RRI, estimated glomerular filtration rate (eGFR), neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) and carotid IMT between the two groups ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that IMT was positively correlated with RRI ($r = 0.884, P < 0.001$). Multivariate logistic regression analysis showed that the duration of diabetes, HbA1c, fasting blood glucose, low density lipoprotein, uric acid, RRI, eGFR and NLR were all influential risk factors for carotid atherosclerosis ($P < 0.05$). ROC curve showed that the AUC of RRI for predicting carotid atherosclerosis in patients was 0.818 (95% CI: 0.741 ~ 0.896, $P < 0.001$), Cut off was 0.71, sensitivity was 0.677, specificity was 0.891, and the maximum approximate

* 国家自然科学基金项目 (81700330)

entry index was 0.568. **Conclusion** RRI is positively correlated with carotid atherosclerosis in elderly patients with diabetic nephropathy, and RRI has a certain predictive value for carotid atherosclerosis in patients with diabetic nephropathy, suggesting that RRI may be one of the important indicators to evaluate carotid atherosclerosis in elderly patients with diabetic nephropathy.

[**Key words**] Diabetic nephropathy; Carotid atherosclerosis; Renal resistance index; Ultrasonic

糖尿病肾病是糖尿病患者最常见的并发症之一,其发生与糖尿病患者肾脏长期受到高血糖的损害密切相关^[1]。据统计,全球糖尿病患者中约30%~40%出现肾脏病变,其中老年糖尿病肾病患者尤为常见^[2-3]。糖尿病肾病不仅会导致慢性肾脏病的发生与发展,还与全身多个器官的并发症密切相关,严重影响患者的生活质量^[4]。其中,颈动脉粥样硬化是老年糖尿病肾病患者常见的并发症之一,其发生与糖尿病引起的高血糖、高血脂等因素密切相关^[5-6]。超声评估肾阻力指数(Renal resistance index, RRI)是评估肾脏血流状态的重要指标,该指标的变化反映了肾脏微循环的改变^[7]。有研究表明,RRI不仅能检测到肾内循环紊乱,还可被视为反映全身血管变化的传感器,而不受肾功能的影响^[8]。有研究表明,RRI与估算肾小球滤过率(Estimated glomerular filtration rate, eGFR)和血清肌酐之间存在显著相关性,可用作生化参数的补充,与绝对阈值相比,RRI的连续性升高是肾功能逐步恶化的更好指标^[9]。Kotruchin等^[10]研究发现,RRI与动脉粥样硬化血管损伤密切相关。关于RRI与老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的关系,目前尚缺乏深入的研究和探讨,因此本研究拟探讨RRI与老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的关系,旨在为临床提供更准确的评估和诊断指标。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2023年1月—2023年12月在首都医科大学附属北京积水潭医院收治的120例老年糖尿病肾病患者作为研究对象。纳入标准:①2型糖尿病与糖尿病肾病符合《中国老年2型糖尿病诊疗措施专家共识(2018年版)》^[11]和《糖尿病肾病诊断及治疗规范》^[12]中相关诊断标准,其中糖尿病肾病患者尿微量白蛋白排泄率 $\geq 20 \mu\text{g}/\text{min}$,2型糖尿病患者尿微量白蛋白排泄率 $< 20 \mu\text{g}/\text{min}$;②年龄 > 60 岁;③无精神疾病;④患者及家属知情同意;⑤入院资料完整,入院后24h内均完善相关检查。排除标准:①存在不稳定性心绞痛、心肌梗死患者冠状动脉介入术后、心功能美国纽约心脏病协会IV级严重心脏病或心功能不全等;②有慢性阻塞性肺病、肺心病、呼吸衰竭等严重的呼吸系统疾病;③肝硬化失代偿期、肝酶升高大于正常上限3倍;④曾经接受肾移植或正在等待肾移植;⑤有其他重要器官疾病;⑥具有认知功能障碍或沟

通困难;⑦对超声检查有禁忌证,如出血倾向、皮肤破损等;⑧慢性肾脏疾病。依据患者有无颈动脉粥样硬化进行分组,将出现颈动脉内膜增厚和(或)斑块的患者作为研究组(65例),未出现者作为对照组(55例)。

1.2 方法

1.2.1 资料采集 采集性别、年龄、体质指数(Body mass index, BMI)、饮酒史、吸烟史、糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇、总胆固醇、甘油三酯、尿酸、RRI、收缩压(Systolic blood pressure, SBP)、舒张压(Diastolic blood pressure, DBP)、eGFR、外周血中性粒细胞与淋巴细胞比值(Neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、血小板与淋巴细胞比值(Platelet to lymphocyte ratio, PLR)、单核细胞与淋巴细胞比值(Mononuclear to lymphocyte ratio, MLR)、24h尿蛋白(24-hour urinary protein, 24h Upro)、尿白蛋白与尿肌酐比值(Urinary albumin to urinary creatinine ratio, UACR)、颈动脉内膜中层厚度(Intima-media thickness, IMT)。

1.2.2 RRI测量 首选右侧肾脏,使用探头探查腹部,在后外侧方位获取二维超声的肾脏长轴切面,确定肾内血管,应用脉冲多普勒模式,取样容积(宽约2~5mm)置于叶间动脉或者弓状动脉,获取3~5个相似的血流频谱,分别测量每个血流频谱的收缩期峰值速率及舒张末期速率,计算RRI, $\text{RRI} = (\text{收缩期峰值速率} - \text{舒张末期速率}) / \text{收缩期峰值速率}$ ^[13]。

1.2.3 颈动脉粥样硬化诊断标准 根据2009版血管超声检查指南, $\text{IMT} \geq 1.0 \text{ mm}$ 且 $\leq 1.5 \text{ mm}$ 为内膜增厚, $\text{IMT} > 1.5 \text{ mm}$ 为斑块^[14]。

1.3 统计学方法

应用SPSS27.0统计学软件进行数据分析。正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料组间比较采用 χ^2 检验;相关性分析采用Pearson相关系数;影响因素采用多因素logistic回归分析;预测价值采用ROC曲线分析;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

两组糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇、尿酸、RRI、eGFR、NLR和IMT比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

表 1 两组临床资料比较

Tab. 1 Comparison of clinical data between two groups

资料	对照组 (55 例)	研究组 (65 例)	χ^2/t 值	<i>P</i> 值
男性 [例 (%)]	21 (38.18)	28 (43.08)	0.296	0.587
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	70.05 \pm 5.28	68.11 \pm 5.42	1.977	0.050
BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	24.08 \pm 2.23	24.22 \pm 1.87	0.374	0.709
有饮酒史 [例 (%)]	12 (21.82)	16 (24.62)	0.130	0.718
有吸烟史 [例 (%)]	11 (20.00)	20 (30.77)	1.803	0.179
糖尿病病程 ($\bar{x} \pm s$, 年)	7.41 \pm 1.25	10.29 \pm 3.51	5.780	<0.001
糖化血红蛋白 ($\bar{x} \pm s$, %)	7.15 \pm 1.06	8.92 \pm 1.66	6.816	<0.001
空腹血糖 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	7.81 \pm 1.96	8.98 \pm 2.17	3.075	0.003
低密度脂蛋白胆固醇 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	2.64 \pm 0.45	3.82 \pm 0.61	11.869	<0.001
总胆固醇 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	4.72 \pm 0.58	4.87 \pm 0.61	1.373	0.173
甘油三酯 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	1.81 \pm 0.44	1.95 \pm 0.63	1.386	0.168
尿酸 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	341.87 \pm 28.45	373.73 \pm 35.54	5.353	<0.001
RRI ($\bar{x} \pm s$)	0.61 \pm 0.05	0.75 \pm 0.05	15.283	<0.001
SBP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	137.15 \pm 15.43	143.12 \pm 21.15	1.738	0.085
DBP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	82.11 \pm 11.81	81.85 \pm 11.27	0.123	0.902
eGFR [$\bar{x} \pm s$, mL/(min \cdot 1.73 m ²)]	125.71 \pm 39.26	87.18 \pm 29.77	6.107	<0.001
NLR ($\bar{x} \pm s$)	1.56 \pm 0.22	2.27 \pm 0.31	14.220	<0.001
PLR ($\bar{x} \pm s$)	115.01 \pm 25.34	117.38 \pm 26.08	0.502	0.616
MLR ($\bar{x} \pm s$)	5.46 \pm 1.01	5.75 \pm 0.83	1.727	0.087
24h Upro ($\bar{x} \pm s$, g/24 h)	1.79 \pm 0.37	1.82 \pm 0.41	0.418	0.677
UACR ($\bar{x} \pm s$, mg/g)	61.18 \pm 10.11	62.52 \pm 10.23	0.719	0.474
IMT ($\bar{x} \pm s$, mm)	0.65 \pm 0.09	1.68 \pm 0.24	30.073	<0.001

2.2 IMT 与 RRI 的相关性分析

Pearson 相关性分析显示, IMT 与 RRI 呈正相关 ($r=0.884$, $P<0.001$)。

2.3 老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的影响因素

以是否出现颈动脉粥样硬化作为因变量 (无 = 0, 有 = 1), 以糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血

糖、低密度脂蛋白胆固醇、尿酸、RRI、eGFR、NLR 作为自变量 (均为连续型变量, 原值输入), logistic 回归分析显示, 糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇、尿酸、RRI、eGFR、NLR 均为老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化发生的独立危险因素 ($P<0.05$), 见表 2。

表 2 多因素 logistic 回归分析结果

Tab. 2 Multivariate logistic regression analysis results

自变量	β	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
糖尿病病程	0.456	0.099	21.314	<0.001	1.577	1.300 ~ 1.914
糖化血红蛋白	0.965	0.190	25.763	<0.001	2.625	1.809 ~ 3.811
空腹血糖	0.365	0.104	12.330	<0.001	1.440	1.175 ~ 1.766
低密度脂蛋白胆固醇	2.441	0.448	29.734	<0.001	11.481	4.775 ~ 27.604
尿酸	0.032	0.007	19.815	<0.001	1.033	1.018 ~ 1.047
RRI	5.950	2.259	6.939	0.008	2.478	1.378 ~ 5.606
eGFR	-0.038	0.008	21.922	<0.001	0.963	0.948 ~ 0.978
NLR	2.830	0.573	24.407	<0.001	16.945	5.514 ~ 52.076

2.4 RRI 对老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化发生的预测价值

ROC 曲线显示, RRI 预测患者颈动脉粥样硬化的 AUC 为 0.818 (95% CI: 0.741 ~ 0.896, $P < 0.001$), Cut off 值为 0.71, 灵敏度为 0.677, 特异度为 0.891, 最大约登指数为 0.568, 见图 1。

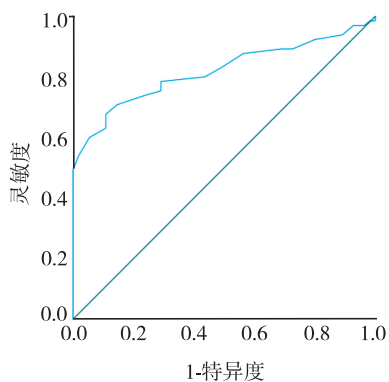


图 1 ROC 曲线
Fig. 1 ROC curve

3 讨论

本研究发现糖尿病病程、糖化血红蛋白、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇、尿酸、eGFR、NLR 均为老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化发生的独立危险因素。糖尿病患者患有高血糖的时间越长, 越容易出现糖尿病相关的并发症, 包括颈动脉粥样硬化。糖化血红蛋白和空腹血糖是糖尿病的代表性指标, 其升高表示血糖控制不良, 增加颈动脉粥样硬化的风险。低密度脂蛋白胆固醇升高会导致胆固醇在血管壁内沉积, 促进动脉粥样硬化的形成。尿酸是嘌呤代谢产物, 其升高与炎症反应的激活和氧化应激有关, 可促进颈动脉粥样硬化的发展^[15]。eGFR 是评估肾功能的指标, 其降低可能反映糖尿病肾病的存在, 而糖尿病肾病与颈动脉粥样硬化有相互影响的关系, 可能通过共同的病理机制导致两种疾病的发展。NLR 是炎症反应的指标, 其升高可反映慢性炎症的存在, 慢性炎症参与颈动脉粥样硬化的形成和进展^[16]。

目前临床多采用肾内动脉阻力指数预测颈动脉粥样硬化^[17-18]。肾内动脉阻力指数是通过超声多普勒技术测量获得的一个指标, 反映肾小球供血动脉和肾小球回流静脉之间的阻力差异。肾内动脉阻力指数常用来评估肾血管阻力变化, 通常用于评估肾脏疾病和高血压等患者的肾脏血流情况。较高的肾内动脉阻力指数通常意味着肾脏血流灌注减少和肾小球滤过率下降, 可能与肾功能损害和肾血管病变等疾病相关。而 RRI 是肾内动脉阻力指数的一种变体, 通过将肾小球供血动脉的阻力与肾小球回流静脉的阻力进行比值计算得

出的指标。RRI 相对于肾内动脉阻力指数具有更高的代表性, 因为它可以减少超声测量时来自仪器、测试者和环境干扰的影响^[19]。肾内动脉阻力指数被广泛应用于临床实践中, 用于评估肾血流的变化和肾脏疾病的严重程度。然而, 近期研究表明, RRI 也可能与颈动脉粥样硬化的风险相关。因老年糖尿病肾病患者通常存在肾功能损害和血管病变, 这些病理改变与颈动脉粥样硬化的发生风险密切相关。因此, 通过测量 RRI 来评估肾脏血流情况和肾脏病理改变, 可以间接反映出患者颈动脉粥样硬化的风险。RRI 是预测对比剂相关性肾病发展的一种新的超声学指标^[20]。本研究发现, 研究组 RRI 高于对照组, 且为老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化发生的独立危险因素, 在糖尿病肾病发展的过程中, 肾小动脉内膜增厚、肾小球硬化和间质纤维化等病理改变会导致肾血流灌注减少, 并引起肾血管自主神经调节紊乱, 进而导致 RRI 升高, 这种血流灌注不足可能通过多种机制增加颈动脉粥样硬化的发生风险。在糖尿病肾病患者中, 由于血管内皮功能受损和系统炎症反应的存在, 肾小动脉的收缩能力增强, 导致肾小动脉阻力增加, 进而通过影响血流动力学和血管壁的炎症反应等多种途径, 促进颈动脉内膜增厚和斑块形成, 增加颈动脉粥样硬化的风险^[21]。此外, 糖尿病肾病患者的高 RRI 与一系列代谢异常有关, 如血糖升高、胰岛素抵抗等, 这些代谢异常会引起内皮功能障碍、炎症反应的激活和氧化应激的增加, 从而促进颈动脉粥样硬化的形成^[22]。进一步研究发现, 高 RRI 与肾脏病理改变和糖尿病肾病的严重程度呈正相关, 而这些病理改变和严重程度与颈动脉粥样硬化的发生风险密切相关。因此可推测高 RRI 在老年糖尿病肾病患者中可能是一个与颈动脉粥样硬化风险相关的综合指标。本研究 ROC 曲线分析显示 RRI 对老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的预测具有较高的准确性和鉴别能力。

综上所述, RRI 与老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化呈正相关, RRI 对患者颈动脉粥样硬化具有一定的预测价值, 提示 RRI 可能作为预测老年糖尿病肾病患者颈动脉粥样硬化的重要指标。

参考文献

- [1] Putra I, Fakhruddin N, Nurrochmad A, et al. A review of medicinal plants with renoprotective activity in diabetic nephropathy animal models [J]. Life (Basel), 2023, 13 (2): 560.
- [2] Karalliedde J, Winocour P, Chowdhury T A, et al. Clinical practice guidelines for management of hyperglycaemia in adults with diabetic kidney disease [J]. Diabet Med, 2022, 39 (4): e14769.
- [3] Han Q, Zhang Y, Jiao T, et al. Urinary sediment microRNAs can be used as potential noninvasive biomarkers for diagnosis, reflecting the severity and prognosis of

- diabetic nephropathy [J]. *Nutr Diabetes*, 2021, 11 (1): 24.
- [4] Kausar M A, Anwar S, Eltayb W A, et al. MD simulation studies for selective phytochemicals as potential inhibitors against major biological targets of diabetic nephropathy [J]. *Molecules*, 2022, 27 (15): 4980.
- [5] Shen J, Zhang M, Sun M, et al. The relationship of miR-146a gene polymorphism with carotid atherosclerosis in Chinese patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Thromb Res*, 2015, 136 (6): 1149–1155.
- [6] Chen X M, Zhang Y, Shen X P, et al. Correlation between glucose fluctuations and carotid intima-media thickness in type 2 diabetes [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2010, 90 (1): 95–99.
- [7] Tüfekçioğlu G, Keşkek ŞÖ, Dilek O, et al. Renal resistive index in patients with polycystic ovary syndrome [J]. *Arch Endocrinol Metab*, 2019, 63 (3): 288–292.
- [8] Geraci G, Mulè G, Costanza G, et al. Relationship between carotid atherosclerosis and pulse pressure with renal hemodynamics in hypertensive patients [J]. *Am J Hypertens*, 2016, 29 (4): 519–527.
- [9] K C T, Das S K, Shetty M S. Renal Resistive index: revisited [J]. *Cureus*, 2023, 15 (3): e36091.
- [10] Kotruchin P, Hoshide S, Ueno H, et al. Differential impact of the renal resistive index on future cardiovascular events in hospitalized atherosclerotic cardiovascular patients according to left ventricular ejection fraction—the Jichi vascular hemodynamics in hospitalized cardiovascular patients (J-VAS) study [J]. *Circ J*, 2020, 84 (9): 1544–1551.
- [11] 中国老年医学学会老年内分泌代谢分会, 国家老年疾病临床医学研究中心 (解放军总医院), 中国老年糖尿病诊疗措施专家共识编写组. 中国老年 2 型糖尿病诊疗措施专家共识 (2018 年版) [J]. *中华内科杂志*, 2018, 57 (9): 626–641.
Chinese Geriatrics Society, Chinese Geriatrics Society, National Clinical Research Center for Geriatric Diseases (PLA General Hospital), Chinese expert consensus group for the diagnosis and treatment of elderly diabetes mellitus. Chinese expert consensus on the diagnosis and treatment of type 2 diabetes mellitus in the elderly (2018 edition) [J]. *Chin J Med*, 2018, 57 (9): 626–641.
- [12] 解放军肾脏病研究所学术委员会. 糖尿病肾病诊断及治疗规范 [J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2004, 13 (5): 463–465.
Academic Committee of Chinese PLA Institute of Nephrology. Criteria for diagnosis and treatment of diabetic nephropathy [J]. *J Nephrol Dialy Transplant*, 2004, 13 (5): 463–465.
- [13] 尹万红, 王小亭, 刘大为, 等. 重症超声临床应用技术规范 [J]. *中华内科杂志*, 2018, 57 (6): 397–417.
Yin W H, Wang X T, Liu D W, et al. Technical specification for clinical application of critical ultrasonography [J]. *Chin J Int Med*, 2018, 57 (6): 397–417.
- [14] 伍满燕, 梁文卿, 陈江天, 等. 颈动脉粥样硬化性疾病的诊治进展 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2019, 21 (11): 1223–1226.
Wu M Y, Liang W Q, Chen J T, et al. Progress in diagnosis and treatment of carotid atherosclerotic disease [J]. *Chin J Geriatr Heart Brain Vessel Dis*, 2019, 21 (11): 1223–1226.
- [15] Neogi T, Terkeltaub R, Ellison R C, et al. Serum urate is not associated with coronary artery calcification: the NHLBI Family Heart Study [J]. *J Rheumatol*, 2011, 38 (1): 111–117.
- [16] Kaya H, Ertaş F, Islamoğlu Y, et al. Association between neutrophil to lymphocyte ratio and severity of coronary artery disease [J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2014, 20 (1): 50–54.
- [17] Sasaki N, Maeda R, Ozono R, et al. Association of flow parameters and diameter in the common carotid artery with impaired glucose metabolism [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2022, 29 (5): 654–666.
- [18] Kawai T, Kamide K, Onishi M, et al. Usefulness of the resistive index in renal Doppler ultrasonography as an indicator of vascular damage in patients with risks of atherosclerosis [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2011, 26 (10): 3256–3262.
- [19] Freccero F, Petrucelli M, Cipone M, et al. Doppler evaluation of renal resistivity index in healthy conscious horses and donkeys [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (2): e0228741.
- [20] Shayganfar A, Moradi M, Moshiri R, et al. Is high preprocedural renal resistive index sensitive enough to predict iodine contrast-induced nephropathy in patients receiving intra-arterial iodinate contrast? [J]. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2021, 50 (3): 328–331.
- [21] Gao H, Yu Z, Li Y, et al. miR-100-5p in human umbilical cord mesenchymal stem cell-derived exosomes mediates eosinophilic inflammation to alleviate atherosclerosis via the FZD5/Wnt/ β -catenin pathway [J]. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, 2021, 53 (9): 1166–1176.
- [22] Sun H, Jiang J, Gong L, et al. Voltage-gated sodium channel inhibitor reduces atherosclerosis by modulating monocyte/macrophage subsets and suppressing macrophage proliferation [J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, 120: 109352.