

血清 β 淀粉样蛋白 40 与 β 淀粉样蛋白 42 水平在糖尿病肾病中的表达和诊断意义

杨海玉¹ 宋冬梅¹ 钱刚¹ 王艳¹ 王琼康²

¹泰州市中医院中心实验室,江苏泰州 225300; ²天津康汇医院老年医学科,天津 30000

通信作者:王琼康,Email:wangqiongkang@126.com

【摘要】 目的 探讨血清 β 淀粉样蛋白 40(A β 40)与 A β 42 水平在糖尿病肾病(DKD)中的表达水平和诊断意义。方法 选择 2018 年 1 月至 2020 年 1 月泰州市中医院收治的 87 例 DKD 患者作为观察组,以同期 78 例本院健康体检者作为对照组。比较两组 A β 40 与 A β 42 和基线资料的差异。再将 87 例 DKD 患者按 DKD 分期分为 DKD I~V 期 5 组,比较不同病情程度间血清 A β 40 与 A β 42 水平和基线资料的差异。采用多因素 Logistic 回归分析筛选 DKD 的影响因素,并绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线)评估 A β 40 与 A β 42 水平对 DKD 的诊断价值。结果 观察组血清中 A β 40 与 A β 42 水平均明显高于对照组[A β 40($\mu\text{g/L}$): 113.71 \pm 5.96 比 69.58 \pm 3.68, A β 42($\mu\text{g/L}$): 91.47 \pm 6.54 比 59.27 \pm 4.19, 均 $P<0.05$]。多因素 Logistic 回归分析显示, A β 40 [优势比(OR)=1.130, 95% 可信区间(95%CI)为 1.060~1.210, $P<0.001$] 与 A β 42(OR=1.100, 95%CI 为 1.020~1.180, $P=0.013$) 均是发生 DKD 的影响因素。ROC 曲线分析显示, A β 40 和 A β 42 对 DKD 的发生均有一定的预测价值(均 $P<0.05$), ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.940 和 0.880, 当 A β 40 的最佳截断值为 121 $\mu\text{g/L}$ 时,其敏感度为 89.4%, 特异度为 73.6%; 当 A β 42 的最佳截断值为 113 $\mu\text{g/L}$ 时,其敏感度为 78.7%, 特异度为 79.2%。随着病情严重程度加重, A β 40 与 A β 42 水平逐渐升高(均 $P<0.05$)。结论 A β 40 与 A β 42 水平在 DKD 患者血清中表达水平升高,且随病情严重程度逐渐升高,血清 A β 40 与 A β 42 水平在 DKD 的临床诊断方面有较高的应用价值,可对 DKD 的临床治疗起到指导作用。

【关键词】 糖尿病肾病; β 淀粉样蛋白 40; β 淀粉样蛋白 42; 临床检测

基金项目:江苏省泰州市科技支持计划项目(泰科计[2023]15号)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.06.014

Expression and diagnostic significance of serum amyloid β -protein 40 and amyloid β -protein 42 levels in diabetic nephropathy

Yang Haiyu¹, Song Dongmei¹, Qian Gang¹, Wang Yan¹, Wang Qiongkang²

¹Central Laboratory, Taizhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Taizhou 225300, Jiangsu, China; ²Department of Geriatrics, Tianjin Kanghui Hospital, Tianjin 30000, China

Corresponding author: Wang Qiongkang, Email:wangqiongkang@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the expression and diagnostic significance of serum amyloid β -protein 40 (A β 40) and A β 42 levels in diabetic kidney disease (DKD). **Methods** From January 2018 to January 2020, 87 patients with DKD admitted to Taizhou Hospital Traditional Chinese Medicine were collected as the observation group, and 78 healthy subjects undergoing physical examination in the same hospital during the same period were enrolled as the control group. Differences in A β 40, A β 42, and baseline data between the two groups were compared. The 87 DKD patients were further divided into five subgroups according to DKD stages (DKD I-V), differences in serum A β 40 and A β 42 levels and baseline characteristics among varying degrees of disease severity were compared. Multivariate Logistic regression analysis was used to screen for influencing factors of DKD. The diagnostic value of A β 40 and A β 42 levels for DKD was evaluated using receiver operator characteristic curve (ROC curve) analysis. **Results** Serum levels of A β 40 and A β 42 in observation group were higher than those in the control group [A β 40 ($\mu\text{g/L}$): 113.71 \pm 5.96 vs. 69.58 \pm 3.68, A β 42 ($\mu\text{g/L}$): 91.47 \pm 6.54 vs. 59.27 \pm 4.19, both $P<0.05$]. Multivariate Logistic regression analysis showed that both A β 40 [odds ratio (OR) = 1.130, 95% confidence interval (95%CI) was 1.060-1.210, $P<0.001$] and A β 42 (OR = 1.100, 95%CI was 1.020-1.180, $P=0.013$) were influencing factors for the development of DKD. ROC curve analysis showed that both A β 40 and A β 42 had certain predictive value for the occurrence of DKD (both $P<0.05$). Area under the curve (AUC) were 0.940 and 0.880, respectively. When the optimal cut-off value of A β 40 was 121 $\mu\text{g/L}$, its sensitivity was 89.4% and specificity was 73.6%; when the optimal cut-off value of A β 42 was 113 $\mu\text{g/L}$, its sensitivity was 78.7% and specificity was 79.2%. The levels of A β 40 and A β 42 gradually increased with the severity of the disease (all $P<0.05$). **Conclusion** Serum levels of A β 40 and A β 42 are elevated in patients with DKD and increase progressively with disease severity, the serum A β 40 and A β 42 levels have high clinical value in the diagnosis of DKD and can provide guidance for the clinical treatment of DKD.

【Key words】 Diabetic kidney disease; Amyloid β -protein 40; Amyloid β -protein 42; Clinical detection

Fund program: Taizhou Science and Technology Support Program Project, Jiangsu Province (Taikeji [2023]15)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.06.014

糖尿病是一组因胰岛素相对或绝对分泌不足或利用障碍引起的蛋白质、碳水化合物、脂肪等代谢紊乱性疾病,其中以糖代谢紊乱为主要标志^[1]。糖尿病临床症状主要表现为“三多一少”,即多尿、多饮、多食和体质量下降,随着病程的延长,肾、神经、血管、眼和心脏等器官或组织会出现功能减退及衰竭,甚至导致患者死亡^[2]。糖尿病肾病(diabetic kidney disease, DKD)是糖尿病主要且最严重的微血管并发症,以蛋白尿及肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)进行性降低为主要特征,常表现为高血压、大量蛋白尿、水肿等临床症状。DKD 的患病率呈逐年上升的趋势,并已成为我国终末期肾脏疾病(end stage renal disease, ESRD)的首位病因^[3]。DKD 的发病机制较复杂,尽管控制血压和血糖可以较为有效地延缓 DKD 的进展,但仍有较多糖尿病患者进展为 DKD 阶段,因此对 DKD 的早期诊断显得尤为重要^[4]。β 淀粉样蛋白(amyloid β-protein, Aβ)异常沉淀是认知功能障碍发生发展的重要机制之一,临床研究证实, Aβ 在 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者中呈现高表达状态,其机制可能与高胰岛素血症有关^[3-4]。高胰岛素血症可使 Aβ 降解减少、沉积增多,进而发生认知功能减退^[5]。Aβ 主要清除部位在肾脏,肾功能受损可能影响 Aβ 的清除而加重认知功能障碍^[6]。目前 Aβ 在 DKD 患者血清中的表达情况尚不明确,且国内外相关临床研究较少。Aβ 是一种氨基酸片段,且主要由脑组织合成,其中 Aβ40 和 Aβ42 含量较多^[5]。近年来, Aβ40 和 Aβ42 正逐渐成为研究阿尔兹海默病(Alzheimer's disease, AD)的重要生物标志物;而在其他疾病中, Aβ40 和 Aβ42 却很少被关注。本研究通过研究 DKD 患者血浆 Aβ40 和 Aβ42 的水平变化,旨在指导 DKD 的早期诊断与预后评估。

1 资料与方法

1.1 研究对象:选择 2018 年 1 月至 2020 年 1 月泰州市中医院收治的 87 例 DKD 患者作为观察组,

另纳入 78 例同期本院健康体检者作为对照组。两组性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、收缩压和舒张压比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$; 表 1),说明两组资料均衡,有可比性。

1.1.1 纳入标准:①所有患者的临床诊断符合中华医学会糖尿病学分会制定的《中国 2 型糖尿病防治指南(2014 版)》^[6]标准;②临床资料完整无缺失;③年龄 ≥ 18 岁。

1.1.2 排除标准:①有原发或继发性肾脏疾病;②有近期糖皮质激素使用史;③存在 DKD 急性感染、酮症酸中毒和恶性肿瘤;④其他重要器官存在病变。

1.1.3 DKD 分期依据:根据肾脏病预后质量倡议(kidney disease outcomes quality initiative, KDOQI),以 GFR 为评价指标分为 CKD I 期 21 例($GFR \geq 90 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2}$); CKD II 期 24 例($60 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2} \leq GFR < 90 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2}$); CKD III 期 19 例($30 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2} \leq GFR < 60 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2}$); CKD IV 期 13 例($15 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2} \leq GFR < 30 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2}$); CKD V 期 10 例($GFR < 15 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 73 \text{ m}^{-2}$)。

1.1.4 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并经泰州市中医院伦理委员会批准(审批号:2017-10-14),所采取的治疗和检测均获得患者或家属知情同意。

1.2 检测指标及方法:患者入院后,于清晨采集空腹状态静脉血 5 mL,离心 10 min,离心速度为 4 000 r/min,收集上层血清于 -80°C 保存。检测前将上清液置于冰上融化,采用酶联免疫吸附试验(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)检测上清液中 Aβ40 与 Aβ42 水平,试剂盒购于武汉纯度生物科技有限公司,操作步骤严格按试剂盒说明书和《临床生化检验质量管理要求》进行。GFR 通过放射性核素锝-99m 标记的二乙三胺五乙酸($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -diethylene triamine pentaacetic acid, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA)肾动态显像法进行测定。

1.3 统计学方法:使用 SPSS 19.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准

表 1 是否发生 DKD 两组患者一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	舒张压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性				
观察组	87	56	31	51.35 \pm 9.84	25.83 \pm 2.34	128.53 \pm 9.88	72.35 \pm 8.46
对照组	78	49	29	50.02 \pm 11.45	25.35 \pm 2.89	126.95 \pm 10.34	71.63 \pm 7.56
χ^2/t 值		0.040		0.800	1.180	1.000	0.570
P 值		0.836		0.423	0.240	0.317	0.567

注: 1 mmHg \approx 0.133 kPa

差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;计数资料以例(率)表示,采用 χ^2 检验;不同病情严重程度患者血清 A β 40 与 A β 42 水平比较采用单因素方差分析;将 DKD 发生的影响因素进行多因素 Logistic 回归分析,并绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线),检验标准 $\alpha = 0.05$ 。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组血清 A β 40 与 A β 42 水平比较(表 2):观察组血清 A β 40 与 A β 42 水平均明显高于对照组(均 $P < 0.05$)。

表 2 两组研究者血清 A β 40 与 A β 42 水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数(例)	A β 40($\mu\text{g/L}$)	A β 42($\mu\text{g/L}$)
观察组	87	113.71 \pm 5.96	91.47 \pm 6.54
对照组	78	69.58 \pm 3.68	59.27 \pm 4.19
t 值		10.910	7.170
P 值		0.000	0.002

2.2 影响 DKD 发生的多因素 Logistic 回归分析(表 3):多因素 Logistic 回归分析显示, A β 40 [优势比(odds ratio, OR) = 1.130, 95% 可信区间(95% confidence interval, 95%CI)为 1.060 ~ 1.210, $P < 0.001$] 与 A β 42 (OR = 1.100, 95%CI 为 1.020 ~ 1.180, $P = 0.013$)均是发生 DKD 的影响因素。

表 3 DKD 影响因素的多因素 Logistic 回归分析

变量	β 值	s_e	χ^2 值	P 值	OR 值	95%CI
A β 40	0.125	0.031	16.240	<0.001	1.130	1.060 ~ 1.210
A β 42	0.092	0.037	6.180	0.013	1.100	1.020 ~ 1.180

2.3 血清 A β 40 与 A β 42 诊断 DKD 的 ROC 曲线分析(表 4; 图 1):ROC 曲线分析显示, A β 40 与 A β 42 对 DKD 的发生均有一定诊断价值(均 $P < 0.05$), ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC)和 95%CI 分别为 0.940(0.900 ~ 0.970) 和 0.880(0.820 ~ 0.930)。

表 4 血清 A β 40 与 A β 42 对 DKD 的诊断价值分析

项目	AUC	95%CI	P 值	最佳截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数
A β 40	0.940	0.900 ~ 0.970	<0.050	121	89.4	73.6	0.630
A β 42	0.880	0.820 ~ 0.930	<0.050	113	78.7	79.2	0.579

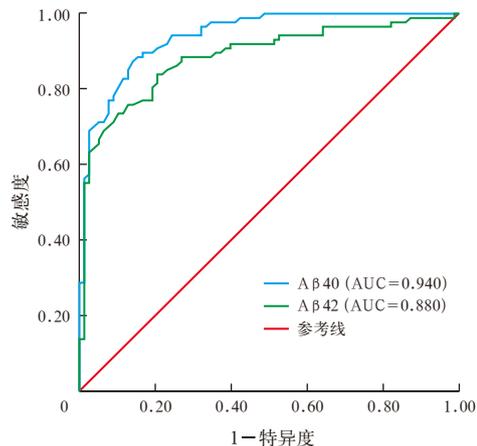


图 1 血清 A β 40 与 A β 42 诊断 DKD 的 ROC 曲线

2.4 观察组中不同分期 DKD 患者一般资料的比较(表 5):在观察组纳入的 87 例患者中,不同分期 DKD 患者性别、年龄、BMI、收缩压和舒张压比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

2.5 观察组中 DKD 的严重程度与血清 A β 40 与 A β 42 水平的关系(表 6):随着病情严重程度加重,血清 A β 40 与 A β 42 水平逐渐升高,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

表 6 不同 DKD 严重程度患者血清 A β 40 与 A β 42 水平比较($\bar{x} \pm s$)

分期	例数(例)	A β 40($\mu\text{g/L}$)	A β 42($\mu\text{g/L}$)
CKD I 期	21	93.89 \pm 5.84	68.84 \pm 2.71
CKD II 期	24	99.77 \pm 3.28	75.89 \pm 2.10
CKD III 期	19	104.80 \pm 3.50	85.78 \pm 4.42
CKD IV 期	13	111.70 \pm 3.29	95.03 \pm 4.31
CKD V 期	10	131.50 \pm 3.59	108.60 \pm 3.48
F 值		159.400	308.070
P 值		<0.001	<0.001

表 5 观察组 87 例 DKD 不同分期患者一般资料比较

分期	例数(例)	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	舒张压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性				
CKD I 期	21	13	8	51.53 \pm 3.52	25.49 \pm 2.14	126.48 \pm 2.48	72.53 \pm 6.39
CKD II 期	24	17	7	51.93 \pm 3.48	25.43 \pm 1.48	125.94 \pm 1.89	73.83 \pm 5.54
CKD III 期	19	13	6	52.01 \pm 4.98	26.01 \pm 2.49	125.62 \pm 2.92	72.29 \pm 4.87
CKD IV 期	13	9	4	53.01 \pm 3.24	25.14 \pm 0.89	126.83 \pm 1.79	73.99 \pm 1.29
CKD V 期	10	7	3	52.72 \pm 3.52	25.78 \pm 1.78	126.20 \pm 0.94	71.86 \pm 4.35
χ^2 / F 值		3.215		0.524	1.102	0.437	2.018
P 值		0.523		0.718	0.362	0.781	0.101

注: 1 mmHg \approx 0.133 kPa

3 讨论

糖尿病的发病率在世界范围内正逐年增加,其中低收入国家和中等收入国家中糖尿病发病率相对较高^[6]。有研究表明,全世界每年大约有 40% 的糖尿病患者发展为 DKD^[7]。DKD 是终末期肾脏疾病的主要发病原因,DKD 病理特征主要表现为肾小球基底膜增厚、肾小球系膜增生、结节性肾小球硬化和肾小管间质纤维化^[8]。DKD 的早期病变可以通过临床治疗逆转,而疾病一旦进展到临床期则不可逆转,并向肾功能衰竭发展,最终严重影响患者的生存质量和生命安全^[9]。因此,寻找一种行之有效的早期诊断 DKD 的方法和指标显得十分重要。A β 40 与 A β 42 是 40 个和 42 个氨基酸长度的蛋白^[10-11]。目前 DKD 的临床诊断方法中生化检测方法占据主体地位,通过检测患者尿中蛋白水平判断肾脏功能,然而外界因素的变化对尿蛋白检测的影响较大,结果不尽人意^[12]。因此本研究旨在寻找一种或多种指标来精确诊断 DKD 及进展程度。

多项研究表明,外周血 A β 40 与 A β 42 表达水平与患者罹患 AD 的风险存在密切关联,外周血 A β 40 与 A β 42 水平与 AD 发展程度呈负相关,但 A β 40 与 A β 42 在其他疾病背景中研究相对较少^[13-14]。本研究结果显示,外周血 A β 40 与 A β 42 水平与 DKD 发展程度有关且对 DKD 有诊断意义。通过比较 DKD 患者观察组和对照组患者信息,即确诊 DKD 患者健康人性别比例、年龄构成、BMI、收缩压和舒张压水平比较差异均无统计学意义,排除以上一般因素对实验结果的影响。通过比较观察组和对照组外周血中 A β 40 与 A β 42 的表达水平,发现观察组患者外周血 A β 40 与 A β 42 水平明显高于对照组;在观察组中,依据肾功能损害程度将患者分为 CKD I ~ V 等 5 个阶段,分析结果表明,性别、年龄、BMI、收缩压和舒张压差异在以上 5 个阶段中并不显著,说明患者的一般临床资料不是影响肾功能损害的相关因素;同时检测不同 CDK 分期患者外周血 A β 40 与 A β 42 的水平表明,随着肾功能损害程度的加重,外周血 A β 40 与 A β 42 的水平也随之升高,且差异有统计学意义。提示在糖尿病患者外周血中 A β 40 与 A β 42 水平显著增高,且会随着肾功能损害程度的加重而升高。外周血中 A β 40 与 A β 42 水平对诊断 DKD 及预测肾功能损害程度有积极作用和参考意义,可根据外周血中 A β 40 与 A β 42 水平变化及时制定治疗方案,从而改善患者

预后。但本研究也有一定的局限性,观察组和对照组纳入样本量相对较少、一般临床资料纳入的影响因素也相对较少,需要进一步增加样本量以及排除其他影响研究结果的因素。

综上所述,DKD 患者外周血中 A β 40 与 A β 42 水平显著升高,且随 DKD 病情程度的加重,患者 A β 40 与 A β 42 水平逐渐升高,外周血 A β 40 与 A β 42 对 DKD 患者的临床辅助诊断有一定价值,从而指导临床治疗^[15]。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 苗素芳,张维娜,张姣姣.血清 Zonulin 和 Metrn1 水平与糖尿病肾病患者病情及预后的关系[J].新疆医科大学学报,2023,46(11):1513-1518. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5551.2023.11.018.
- [2] Srivastava SP, Zhou H, Shenoi R, et al. Renal Angptl4 is a key fibrogenic molecule in progressive diabetic kidney disease[J]. Sci Adv, 2024, 10(49): eadn6068. DOI: 10.1126/sciadv.adn6068.
- [3] 于萍,安研,董雪洁,等. GLP-1 受体激动剂对糖尿病肾病患者心血管事件风险及血清 ApoB/ApoA1 比值的影响[J].中西医结合心脑血管病杂志,2025,23(11):1723-1726. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2025.11.020.
- [4] Li S, Liu RX, Zhang JH, et al. Electronic cigarette use and risk of chronic kidney disease: a dose-response analysis with propensity score matching in a nationally representative cohort[J]. BMC Public Health, 2025, 25(1): 2957. DOI: 10.1186/s12889-025-24026-y.
- [5] Hannouneh ZA, Cervantes CE, Hanouneh M, et al. Sodium-glucose cotransporter 2 inhibitors in diabetic kidney disease and beyond[J]. Glomerular Dis, 2025, 5(1): 119-132. DOI: 10.1159/000543685.
- [6] 中华医学会糖尿病学分会.中国 2 型糖尿病防治指南(2024 版)[J].中国糖尿病杂志,2025,17(1):16-139. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115791-20241203-00705.
- [7] 隋源,姜冰冰,勾晓梅,等. TyG-BMI、HAR、GRI 与糖尿病视网膜膜病变的关系[J].天津医药,2025,53(1):93-97. DOI: 10.11958/20241485
- [8] Wei Y, Yang HY, Zhou L, et al. Targeting lipid metabolic reprogramming to alleviate diabetic kidney disease: molecular insights and therapeutic strategies[J]. Front Immunol, 2025, 16: 1549484. DOI: 10.3389/fimmu.2025.1549484.
- [9] 李昕阳.肾脏超声检查在不同时期糖尿病肾病患者诊断中的价值与临床分析[J].中国医疗器械信息,2022,28(3):83-85. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6586.2022.03.026.
- [10] Benina N, Buitrago L, De Simone FI, et al. Plasma pTau 217: β -amyloid 1-42 ratio for enhanced accuracy and reduced uncertainty in detecting amyloid pathology[J]. Brain, 2026, 21: awag001. DOI: 10.1093/brain/awag001.
- [11] Schwarz JA, Schulz P, Utz J, et al. Comparison of Erlangen score with pTau/A β 1-42 ratio for predicting cognitive decline and conversion to Alzheimer's disease[J]. Brain Sci, 2025, 15(4): 334. DOI: 10.3390/brainsci15040334.
- [12] Wang YF, You YK, Guo JB, et al. C-reactive protein promotes diabetic kidney disease via Smad3-mediated NLRP3 inflammasome activation[J]. Mol Ther, 2025, 33(1): 263-278. DOI: 10.1016/j.ythe.2024.11.018.
- [13] Coşkun Yavuz Y, Biyik Z, Sak F, et al. From stage 1 to end-stage renal failure: Amyloid β 42, amyloid β 40, amyloid β 42/40 ratio, p-tau181 and cognitive function relationship[J]. Nefrologia (Engl Ed), 2025, 45(9): 501357. DOI: 10.1016/j.nefro.2025.501357.
- [14] Zhang CY, Gu LM, Xie H, et al. Glucose transport, transporters and metabolism in diabetic retinopathy[J]. Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis, 2024, 1870(3): 166995. DOI: 10.1016/j.bbdis.2023.166995.
- [15] 邓林,王少清,李萃萃,等.蛋白质组学在糖尿病肾病诊断及治疗中的应用研究进展[J].保健医学研究与实践,2022,19(9):171-176. DOI: 10.11986/j.issn.1673-873X.2022.09.043.

(收稿日期:2025-06-30)
(责任编辑:邸美仙)