

糖化血红蛋白，尿白蛋白，肾小球滤过率联合检验在糖尿病肾病诊断中的价值

李 梦，崔 婷

塔城市人民医院检验科，新疆 塔城

收稿日期：2026年4月13日；录用日期：2026年5月7日；发布日期：2026年5月15日

摘 要

目的：探讨糖化血红蛋白(HbA1c)、尿白蛋白(UAlb)与肾小球滤过率(GFR)三项指标联合检测在糖尿病肾病(DN)诊断中的应用价值。方法：选取本院于2024年12月至2026年1月期间收治的49例DN患者纳入DN组，同期选取在本院接受治疗且未合并肾脏并发症的单纯糖尿病患者49例作为非DN组。以肾穿刺病理结果为金标准，对比分析两组间HbA1c、UAlb、eGFR水平差异；分别评估单项指标(HbA1c、UAlb、GFR)及三项联合检测对DN的诊断效能，包括灵敏度、特异度、准确度、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)。结果：DN组患者HbA1c、UAlb水平显著高于非DN组；DN组GFR水平则显著低于非DN组($P < 0.05$)；以肾穿刺病理结果为金标准，结果显示，当采用HbA1c、UAlb及GFR三项指标联合检测时，其诊断效能得到显著高于单一指标检查，灵敏度、特异度、准确度分别高达97.96%、93.88%和95.92%，阳性预测值与阴性预测值亦分别达到94.12%和97.87%，具有显著的统计学意义($P < 0.05$)。结论：HbA1c、UAlb与GFR联合检测可显著提高糖尿病肾病的诊断效能，其灵敏度、特异度和准确度均优于单一指标检测，为DN的早期识别与干预提供了更可靠的实验室依据。

关键词

糖尿病肾病，糖化血红蛋白，尿白蛋白，肾小球滤过率，诊断价值

The Value of Combined Testing for Glycated Hemoglobin, Urinary Albumin, and Glomerular Filtration Rate in the Diagnosis of Diabetic Nephropathy

Meng Li, Ting Cui

Department of Laboratory Medicine, Tacheng City People's Hospital, Tacheng Xinjiang

Received: April 13, 2026; accepted: May 7, 2026; published: May 15, 2026

文章引用：李梦，崔婷. 糖化血红蛋白，尿白蛋白，肾小球滤过率联合检验在糖尿病肾病诊断中的价值[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 1146-1150. DOI: 10.12677/acm.2026.1651914

Abstract

Objective: To explore the application value of combined detection of three indicators—glycated hemoglobin (HbA1c), urinary albumin (UAlb), and glomerular filtration rate (GFR)—in the diagnosis of diabetic nephropathy (DN). **Methods:** A total of 49 DN patients admitted to our hospital from December 2024 to January 2026 were included in the DN group, while 49 non-DN patients with diabetes but no renal complications were selected as the non-DN group during the same period. Renal biopsy pathology results served as the gold standard to compare the differences in HbA1c, UAlb, and eGFR levels between the two groups. The diagnostic efficacy of individual indicators (HbA1c, UAlb, GFR) and the combined detection of the three indicators for DN was evaluated, including sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV). **Results:** The levels of HbA1c and UAlb were significantly higher in the DN group than in the non-DN group, while the GFR level was significantly lower in the DN group ($P < 0.05$). Using renal biopsy pathology results as the gold standard, the results showed that combined detection of HbA1c, UAlb, and GFR significantly improved diagnostic efficacy compared to single-indicator testing, with sensitivity, specificity, and accuracy reaching 97.96%, 93.88%, and 95.92%, respectively. The positive and negative predictive values also reached 94.12% and 97.87%, respectively, showing significant statistical significance ($P < 0.05$). **Conclusion:** Combined detection of HbA1c, UAlb, and GFR significantly enhances the diagnostic efficacy of diabetic nephropathy, with sensitivity, specificity, and accuracy surpassing those of single-indicator testing, providing a more reliable laboratory basis for early identification and intervention of DN.

Keywords

Diabetic Nephropathy, Glycated Hemoglobin, Urinary Albumin, Glomerular Filtration Rate, Diagnostic Value

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

糖尿病肾病(DN)是2型糖尿病最常见且严重的微血管并发症,约30%~40%的糖尿病患者最终进展为DN,已成为终末期肾病的首要病因[1]。早期DN无明显临床症状,传统肾功能指标如血清肌酐对早期肾损伤不敏感,易延误治疗时机,寻找敏感、特异的早期诊断指标是临床面临的重要课题[2]。糖化血红蛋白(HbA1c)是反映长期血糖控制的金标准,但无法直接提示肾组织损伤;尿白蛋白(UA)是DN早期肾损伤的经典标志物,但其水平易受感染、运动等因素影响;肾小球滤过率(GFR)是评估肾功能的金标准,却难以发现早期肾损伤。三者联合检验可互补各自局限性,全面反映血糖控制、早期肾损伤及肾功能状态,有望提高DN诊断的准确性。本研究旨在探讨HbA1c、UA、GFR联合检验在DN诊断中的价值,为临床早期识别、干预DN提供更可靠的实验室依据。

2. 材料与方法

2.1. 一般资料

选取本院于2024年12月至2026年1月期间收治的49例DN患者纳入DN组,同期选取在本院接受治疗且未合并肾脏并发症的单纯糖尿病患者49例作为非DN组。DN组患者的年龄范围为45岁至72

岁, 平均年龄为(58.63 ± 6.87)岁, 其中男性患者 26 例, 女性患者 23 例, 糖尿病病程介于 5 年至 18 年之间, 平均病程为(10.25 ± 3.12)年。非 DN 组患者的年龄范围为 43 岁至 70 岁, 平均年龄为(57.89 ± 6.45)岁, 其中男性患者 25 例, 女性患者 24 例, 糖尿病病程介于 4 年至 16 年之间, 平均病程为(9.87 ± 2.98)年。两组患者的基线资料经统计学分析显示均衡可比, $P > 0.05$ 。

2.2. 排除与纳入标准

纳入标准: (1) 符合《中国糖尿病防治指南》[3]制定的糖尿病诊断标准; (2) DN 组患者需存在持续性蛋白尿(尿白蛋白排泄率 ≥ 30 mg/24h 或尿白蛋白/肌酐比值 ≥ 30 mg/g)和/或估算肾小球滤过率(eGFR)持续低于 60 mL/min/1.73m², 并排除其他肾脏疾病; (3) 对照组患者尿白蛋白排泄率及 eGFR 均持续在正常范围; (4) 临床资料完整。

排除标准: (1) 1 型糖尿病、妊娠期糖尿病或其他特殊类型糖尿病; (2) 存在非糖尿病性肾脏疾病; (3) 合并急性代谢并发症; (4) 近期存在严重感染、创伤、手术、急性心血管事件或恶性肿瘤; (5) 处于妊娠或哺乳期; (6) 长期使用肾毒性药物。

2.3. 检测方法

所有受检者均于清晨空腹抽取静脉血 3 mL 置于含 EDTA-K₂ 抗凝管中, 2 小时内完成离心(3000 r/min, 10 min, 4°C), 分离血浆后立即置于-80°C 超低温冰箱保存待测; 同步留取晨起中段随机尿液 10 mL, 离心取上清液, -80°C 冻存。HbA1c 采用高效液相色谱法(HPLC)检测, 仪器为 MQ2000 PT 糖化血红蛋白分析系统, 试剂盒由惠中生物科技有限公司提供, 批内 CV < 2.5%, 批间 CV < 3.8%; UAlb 采用免疫比浊法, 使用贝克曼 AU5800 全自动生化分析仪及配套试剂, 检测下限为 1.2 mg/L, 线性范围 1.2~200 mg/L; 血清肌酐(Scr)经酶法测定, GFR 依据 Gates 方程计算, 单位统一校准至 IDMS 溯源体系; 所有检测均由本院检验科两名中级以上职称技师独立双盲操作, 每日质控均在 Westgard 多规则范围内。

2.4. 观察指标

(1) 对比 DN 组与非 DN 组间 HbA1c、UAlb 及 GFR 三项指标的检测水平差异。

(2) 以肾穿刺病理为金标准, 分别评估 HbA1c、UAER、GFR 单项检测以及三项指标联合应用时, 对糖尿病肾病的早期诊断效能。诊断效能评价涵盖灵敏度(真阳性率)、特异度(真阴性率)、准确度(总符合率)、阳性预测值(PPV)及阴性预测值(NPV)五大参数。

2.5. 统计学方法

本研究数据采用 SPSS 26.0 统计软件进行系统分析。分类变量以频数及构成比[n (%)]形式呈现, 组间比较采用卡方检验; 连续型变量以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间差异采用 t 检验评估, 所有统计推断均以 P 值小于 0.05 作为差异具有统计学意义的判定标准。

3. 结果

3.1. 两组 HbA1c、UAlb 及 GFR 水平比对

DN 组患者 HbA1c、UAlb 水平显著高于非 DN 组; DN 组 GFR 水平则显著低于非 DN 组($P < 0.05$)。详见下表 1。

3.2. 单独及联合检测的诊断效能

以肾穿刺病理结果为金标准, 结果显示, 当采用 HbA1c、UAlb 及 GFR 三项指标联合检测时, 其诊

断效能得到显著高于单一指标检查, 灵敏度、特异度、准确度分别高达 97.96%、93.88% 和 95.92%, 阳性预测值与阴性预测值亦分别达到 94.12% 和 97.87%, 具有显著的统计学意义($P < 0.05$)。详见表 2。

Table 1. Comparison of HbA1c, UAlb, and eGFR levels between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

表 1. 两组 HbA1c、UAlb 及 eGFR 水平比对($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	HbA1c (%)	UAlb (mg/L)	GFR (mL/min/1.73m ²)
非 DN 组	49	7.26 ± 0.93	15.47 ± 3.12	98.65 ± 11.24
DN 组	49	8.79 ± 1.35	142.86 ± 58.43	62.31 ± 15.79
T		6.533	15.240	13.125
P		0.000	0.000	0.000

Table 2. Diagnostic efficacy of individual and combined testing

表 2. 单独及联合检测的诊断效能

检测方法	诊断结果	肾穿刺病理		灵敏度 (%)	特异度 (%)	准确度 (%)	PPV (%)	NPV (%)
		阳性(n = 49)	阴性(n = 49)					
HbA1c	阳性	36	16	73.47 ^a	67.35 ^a	70.41 ^a	69.23 ^a	71.74 ^a
	阴性	13	33					
UAlb	阳性	38	9	78.57 ^a	81.63 ^a	80.10 ^a	81.25 ^a	79.17 ^a
	阴性	11	40					
GFR	阳性	41	6	83.67 ^a	87.76 ^a	85.71 ^a	87.23 ^a	84.31 ^a
	阴性	8	43					
联合检测	阳性	48	3	97.96	93.88	95.92	94.12	97.87
	阴性	1	46					
		χ^2		8.735	9.264	8.573	10.526	10.628
		P		0.013	0.002	0.003	0.000	0.000

注: 与联合检测相比, ^a $P < 0.05$ 。

4. 讨论

糖尿病肾病作为 2 型糖尿病最具破坏性的微血管并发症, 其早期、精准诊断是延缓肾功能进行性下降的关键。传统血清肌酐等指标对肾小球早期结构性损伤敏感性不足, 易错过最佳干预窗口期。本研究证实 DN 患者 HbA1c、UAlb 水平显著升高而 GFR 降低, 这一现象与晚期糖基化终产物的病理作用密切相关。持续高血糖促使 HbA1c 升高, 并通过 AGEs-RAGE 轴激活肾小球内皮细胞的氧化应激与炎症反应, 导致血管内皮生长因子过度表达, 破坏肾小球基底膜电荷屏障[4]。UAlb 的异常增高直接反映了肾小球滤过屏障由内皮细胞、基底膜和足细胞构成的结构性损伤, 尤其是足细胞脱落和裂孔隔膜蛋白表达下调[5]。而 GFR 下降则标志着功能性失代偿, 此时肾小球高滤过状态已无法抵消进行性硬化的肾单位损失[6]。三者分别从代谢毒性、结构损伤及功能衰退三个维度揭示了 DN 的不同病理阶段, 其生物学互补性是联合诊断效能提升的核心基础。

本研究发现 HbA1c、UA1b、eGFR 联合检测的诊断效能显著超越单一指标, 灵敏度达 97.96%、特异度 93.88%、准确度 95.92%。这一结果与杨国栋和杨银功[7]研究高度一致, 其报道三项联合诊断准确度达 97.12%, 特异度 95.00%。本研究灵敏度略高、特异性略低可能源于样本选择的异质性, 研究纳入的 DN 患者平均病程较长, 且以持续性蛋白尿为入组标准, 易捕获更典型的肾损伤病例; 而杨国栋和杨银功[7]研究包含了更多早期微量白蛋白尿患者。陈慧芳等[8]报道三项联合灵敏度为 92.35%, 低于本研究, 关键差异在于其以临床诊断为金标准, 而本研究以肾穿刺病理为金标准, 排除了非糖尿病肾损伤的混杂病例, 同时本研究所有检测均采用溯源至国际标准的方法、严格双盲质控, 进一步降低了检测偏倚。本研究联合策略的价值核心在于突破单项指标的诊断瓶颈, 当早期 DN 患者仅表现为间歇性微量白蛋白尿时, eGFR 可能仍处于代偿性高滤过阶段; 而单纯 HbA1c 升高者未必存在肾损伤。联合模型通过多维度交叉验证, 可有效降低 UA1b 假阴性(如肾小管重吸收功能障碍掩盖蛋白尿)或 eGFR 假阳性(如脱水状态导致的一过性下降)风险。本研究样本量较小且为单中心设计, 未分析联合指标与 DN 病理分型的关联, 亦未动态观察干预后指标变化。未来需扩大队列并延长随访, 探索联合模型对 DN 进展风险的预测价值及在个体化治疗中的应用潜力。

综上所述, HbA1c、UA1b 与 GFR 联合检测可显著提高糖尿病肾病的诊断效能, 其灵敏度、特异度和准确度均优于单一指标检测, 为 DN 的早期识别与干预提供了更可靠的实验室依据。

参考文献

- [1] 戚婷, 唐小铁, 孙维言. 2 型糖尿病肾病流行病学特征及膳食模式与患病风险关联性[J]. 公共卫生与预防医学, 2023, 34(1): 124-126.
- [2] 张伟兰. 糖尿病肾病诊断及治疗新进展分析[J]. 中外医疗, 2024, 43(3): 195-198.
- [3] 《中国糖尿病防治指南》正式出版[J]. 中华糖尿病杂志, 2005, 13(3): 186.
- [4] 陈燕红, 刘兰芳. 联合检测 LDL-C、HDL-C 及 HbA1c 对 2 型糖尿病肾病发病的预测价值[J]. 中国医学创新, 2025, 22(25): 175-178.
- [5] 陈书璐, 刘喜华, 黄婷婷. 尿白蛋白、 β_2 微球蛋白在老年糖尿病肾病临床检验中的应用价值分析[J]. 糖尿病新世界, 2024, 27(14): 51-53.
- [6] Yamanouchi, M., Sawa, N., Toyama, T., *et al.* (2024) Trajectory of GFR Decline and Fluctuation in Albuminuria Leading to End-Stage Kidney Disease in Patients with Biopsy-Confirmed Diabetic Kidney Disease. *Kidney International Reports*, 9, 323-333. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.11.004>
- [7] 杨国栋, 杨银功. 糖化血红蛋白、尿白蛋白、肾小球滤过率联合检验在糖尿病肾病诊断中的价值[J]. 糖尿病新世界, 2025, 28(18): 41-44.
- [8] 陈慧芳, 钱文彬, 陈吉华. 糖尿病肾病患者开展血糖与糖化血红蛋白、白蛋白/肌酐比值、肾小球滤过率检验的诊断价值探讨[J]. 糖尿病新世界, 2024, 27(12): 53-55+59.