

CKM综合征视角下尿酸白蛋白比值在心血管疾病中的研究进展

王小琴¹, 杨 璞^{2*}

¹大理大学临床医学院, 云南 大理

²大理大学第一附属医院心内科, 云南 大理

收稿日期: 2026年8月15日; 录用日期: 2026年9月8日; 发布日期: 2026年9月16日

摘 要

目的: 心血管-肾脏-代谢(CKM)综合征的提出将代谢异常、慢性肾脏病与心血管疾病整合为统一的疾病谱系, 对新型整合性生物标志物的探索提出了新要求。尿酸/白蛋白比值(UAR)作为一种简便的血清学复合指标, 理论上可捕捉CKM进程中“代谢失衡→氧化损伤→靶器官损害”的关键环节。本文旨在系统梳理UAR在心血管疾病领域的研究进展。方法: 系统检索PubMed、CNKI、万方等数据库, 纳入UAR与冠心病、心房颤动、心脏瓣膜病、心力衰竭及慢性肾脏病合并心血管疾病相关的原创性研究, 对关键证据进行归纳与评价。结果: 在冠心病领域, UAR与冠脉病变严重程度及PCI术后无复流显著相关(荟萃分析OR = 3.04); 在心房颤动领域, 双队列研究证实UAR每增加一个标准差, 1年全因死亡风险增加约16%, 且能为CHA₂DS₂-VASc评分提供增量预测价值; 在心脏瓣膜病领域, 术前血清UAR是成人心脏瓣膜术后急性肾损伤的独立危险因素(OR = 1.467), 基于UAR构建的列线图模型AUC达0.779; 在心力衰竭领域, UAR可独立预测心衰患者短期死亡或再入院(HR = 1.594); 在慢性肾脏病腹膜透析患者中, UAR亦是心脑血管事件的独立预测因子(HR = 1.042)。结论: UAR在多个心血管疾病场景中均显示出与预后相关的预测价值, 但当前研究普遍存在截断值不统一、以回顾性单中心设计为主的局限。未来需在前瞻性队列中进一步验证UAR的预测价值, 并探索其作为CKM早期筛查工具的可行性。

关键词

尿酸/白蛋白比值, 心血管-肾脏-代谢综合征, 心血管疾病, 心脏瓣膜病, 急性肾损伤, 心力衰竭, 生物标志物

Research Progress of Uric Acid-to-Albumin Ratio in Cardiovascular Disease from the Perspective of CKM Syndrome

Xiaoqin Wang¹, Ying Yang^{2*}

*通讯作者。

文章引用: 王小琴, 杨璞. CKM 综合征视角下尿酸白蛋白比值在心血管疾病中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(9): 1744-1753. DOI: 10.12677/acm.2026.1693217

¹Clinical Medical College, Dali University, Dali Yunnan²Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Dali University, Dali Yunnan

Received: August 15, 2026; accepted: September 8, 2026; published: September 16, 2026

Abstract

Objective: The proposal of Cardiovascular-Kidney-Metabolic (CKM) syndrome integrates metabolic abnormalities, chronic kidney disease, and cardiovascular disease into a unified disease spectrum, highlighting the urgent need for novel integrated biomarkers. The uric acid-to-albumin ratio (UAR), a simple serological composite indicator, incorporates both uric acid (reflecting oxidative stress and metabolic burden) and albumin (reflecting antioxidant defense and nutritional status). Theoretically, UAR can capture the key cascade of “metabolic imbalance → oxidative damage → target organ damage” in the CKM continuum. This review aims to systematically summarize the research progress of UAR in the field of cardiovascular disease. **Methods:** We systematically searched PubMed, CNKI, Wanfang, and other databases for original studies investigating the association between UAR and coronary artery disease, atrial fibrillation, valvular heart disease, heart failure, and chronic kidney disease with cardiovascular complications. **Key evidence** was summarized and critically evaluated. **Results:** In coronary artery disease, UAR was significantly associated with the severity of coronary lesions and the no-reflow phenomenon after PCI (pooled OR = 3.04 in meta-analysis). In atrial fibrillation, a two-cohort study demonstrated that each standard deviation increase in UAR was associated with an approximately 16% increase in 1-year all-cause mortality, and UAR provided incremental predictive value beyond the CHA₂DS₂-VASc score. In valvular heart disease, pre-operative serum UAR was identified as an independent risk factor for acute kidney injury after cardiac valve surgery (OR = 1.467), and a nomogram incorporating UAR achieved an AUC of 0.779. In heart failure, UAR independently predicted short-term death or readmission (HR = 1.594). In patients with chronic kidney disease undergoing peritoneal dialysis, UAR was an independent predictor of cardiovascular and cerebrovascular events (HR = 1.042). **Conclusion:** UAR demonstrates consistent prognostic value across multiple cardiovascular disease settings. However, current evidence is limited by heterogeneous cutoff values and predominantly retrospective, single-center designs. Future prospective cohort studies are warranted to validate the predictive value of UAR and to explore its feasibility as an early screening tool for CKM syndrome.

Keywords

Uric Acid-to-Albumin Ratio, Cardiovascular-Kidney-Metabolic Syndrome, Cardiovascular Disease, Valvular Heart Disease, Acute Kidney, Heart Failure, Biomarker

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

心血管疾病(CVD)至今仍是全球范围内导致死亡和致残的首要原因。虽然降压、降脂、降糖等传统危险因素的管理取得了显著进展,但残余心血管风险仍然存在,提示现有风险评估工具尚存局限,亟需探索新型生物标志物以优化危险分层策略[1] [2]。

2023 年,美国心脏协会(AHA)正式提出“心血管-肾脏-代谢综合征”(Cardiovascular-Kidney-

Metabolic syndrome, CKM)的概念, 将心血管疾病、慢性肾脏病和代谢性疾病整合为统一的疾病谱系[3]。该框架强调代谢异常通过慢性炎症、氧化应激等机制驱动肾脏损伤, 进而加速心血管事件的恶性循环, 并提出了从代谢危险因素(0 期)到终末期心血管/肾脏疾病(4 期)的疾病分期体系[4]。AHA 特别将尿白蛋白/肌酐比值(uACR)列为核心筛查指标, uACR 不仅作为慢性肾脏病的诊断标志物, 也是心衰和心血管结局的独立预测因子, 其下降已被证实伴随心血管、心衰和肾脏终点风险的降低[5]。

然而, uACR 反映的是血管内皮已损伤的结果(肾脏滤过屏障破坏导致白蛋白漏出), 无法充分捕捉损伤发生前代谢异常所驱动的氧化应激与炎症负荷。尿酸/白蛋白比值(Uric acid-to-albumin ratio, UAR)作为一种简便的血清学复合指标, 同时纳入尿酸(反映氧化应激与代谢负荷)与白蛋白(反映抗氧化防御与营养状态), 理论上可反映 CKM 进程中“代谢失衡→氧化损伤→靶器官损害”的关键中间环节。与 uACR 相比, UAR 的优势在于只需抽血即可计算, 无需留取尿液, 更适合在基层医疗和大规模筛查场景中推广。

目前 UAR 的研究虽然涉及冠心病、心房颤动、瓣膜病、心力衰竭和慢性肾脏病等多个领域, 但各研究分散、证据零散, 缺乏在 CKM 框架下的系统性整合与评价。

本文旨在 CKM 框架下系统梳理 UAR 在不同心血管疾病场景中的研究证据, 明确各领域证据强度与不足之处, 为后续研究提供参考。

2. UAR 的病理生理学基础

2.1. 尿酸的“双面性”：从抗氧化到促氧化

生理浓度下, 尿酸具有抗氧化特性, 可清除部分自由基。但当血清尿酸浓度超过其溶解度阈值时, 尿酸转变为促氧化剂[6]。高尿酸血症通过以下机制促进心血管损害: (1) 激活肾素-血管紧张素系统, 诱导血管收缩与血压升高; (2) 抑制一氧化氮合酶活性, 减少一氧化氮生成, 损害内皮依赖性血管舒张; (3) 促进氧自由基生成, 加剧氧化应激; (4) 激活 NLRP3 炎症小体, 促进 IL-1 β 、IL-18 等炎症因子的释放[7]。流行病学研究已证实, 高尿酸血症是高血压、冠心病、心力衰竭和心房颤动的独立危险因素[8]。一项社区前瞻性队列研究发现, 血清尿酸每增加 1 mg/dL, 微白蛋白尿发生风险增加 42% (OR = 1.42, 95% CI 1.27~1.59) [9]。

2.2. 白蛋白的心血管保护机制

血清白蛋白是血浆中含量最丰富的蛋白质, 其心血管保护作用包括: (1) 强大的抗氧化能力——白蛋白分子上的游离巯基可直接清除活性氧自由基; (2) 抗炎特性——白蛋白可结合并清除炎症介质; (3) 维持血管完整性——白蛋白是血管内皮糖萼的重要组成部分, 对维持血管屏障功能至关重要; (4) 维持胶体渗透压——防止组织水肿与血流动力学紊乱[10]。低白蛋白血症与心力衰竭、冠心病及心房颤动患者的不良预后密切相关[11]。

2.3. UAR 的“双向失衡假说”

UAR 的理论基础可概括为“双向失衡”假说: 高尿酸血症代表氧化应激与炎症反应的增强(破坏力上升), 而低白蛋白血症则反映抗氧化防御能力与营养状态的下降(防御力下降)。两者的比值放大了个体间的风险差异。理论上, UAR 较单独使用尿酸或白蛋白能提供更全面的风险信息[5] [9]。从 CKM 框架来看, 尿酸对应代谢异常这一上游环节, 白蛋白对应肾脏/炎症/营养状态这一中下游环节, 因此 UAR 天然是一个“从代谢到靶器官损伤”的整合性指标。

2.4. UAR 的“双向失衡”在不同心血管疾病中的病理意义

UAR 的“双向失衡”在不同心血管疾病中呈现出差异化的病理特征。在心房颤动中, 尿酸的促氧化

效应可诱发心房电重构(缩短心房有效不应期, 增加触发活动)和结构重构(促进心房纤维化), 而低白蛋白血症则削弱了心肌细胞的抗氧化防御能力, 使心房肌对氧化应激损伤更为敏感, 两者协同促进了房颤的发生与维持[5]。在冠心病领域, UAR 升高主要反映冠脉粥样硬化斑块的进展不稳定性: 尿酸激活 NLRP3 炎症小体促进斑块内炎症反应, 而白蛋白降低则减少了对血管内皮糖萼的保护, 加剧了内皮功能障碍, 二者共同驱动了从稳定型心绞痛到急性冠脉综合征的病理演变[12] [13]。在心力衰竭中, UAR 的升高既是代谢 - 炎症 - 营养状态的综合映射: 尿酸升高反映神经内分泌系统过度激活和嘌呤代谢紊乱, 而白蛋白降低则提示肝脏合成功能受损和全身营养不良状态, 这种双向失衡加速了心衰患者从代偿期向失代偿期的转变[14] [15]。在心脏瓣膜病中, 术前 UAR 升高可能预示着更严重的系统性炎症负荷和更差的营养储备, 从而增加术后急性肾损伤和不良事件的风险[16] [17]。这种疾病特异性的病理关联提示, UAR 的预测价值并非简单的“一刀切”, 而是需要在具体疾病背景下进行个体化解读。

3. UAR 在冠心病中的研究证据

3.1. UAR 与冠脉病变严重程度

Yalcinkaya 等 2024 年开展了一项回顾性研究, 纳入 558 例慢性稳定型心绞痛患者, 依据 SYNTAX 评分分为低评分组(≤ 22)和中 - 高分组(> 22)。结果显示, 中 - 高分组的 UAR 水平显著高于低评分组($P < 0.001$), UAR 与 SYNTAX 评分呈显著正相关($r = 0.55$, 95% CI 0.49~0.60, $P < 0.001$)。多因素分析显示, $UAR > 1.34$ 是预测中 - 高 SYNTAX 评分的独立危险因素(OR = 3.8, 95% CI 2.3~6.2, $P < 0.001$), 而单独的白蛋白和尿酸均未达到独立预测的统计学意义[12]。另一项 2025 年发表于 Cureus 的研究同样证实, 在急性冠脉综合征(ACS)患者中 UAR 与 SYNTAX 评分呈正相关, 可作为评估冠脉病变严重程度的新型炎症标志物[13]。该研究的优点在于在大样本稳定型心绞痛人群中验证了 UAR 与 SYNTAX 评分的独立相关性, 且报告了具体的截断值(1.34)便于临床参考。然而, 其局限性同样明显: 单中心回顾性设计难以避免选择偏倚, 研究对象均为慢性稳定型心绞痛患者, 结论能否推广至急性冠脉综合征人群尚需验证[12]。另一项 2025 年发表于 Cureus 的研究在急性冠脉综合征患者中验证了这一发现, 但该研究样本量较小, 且未提供最佳截断值的置信区间, 限制了其临床转化价值[13]。

3.2. UAR 与 PCI 术后无复流

无复流现象(no-reflow, NR)是急诊 PCI 后的严重并发症, 与住院死亡率增加和不良心血管事件密切相关。Ozbay 等 2025 年发表的系统综述与荟萃分析纳入 3 项观察性研究、共 2199 例患者, 结果显示高 UAR 与无复流风险显著相关(合并 OR = 3.04, 95% CI 2.26~4.10, $P < 0.00001$), 各研究间异质性极低($I^2 = 0\%$), 结论较为稳健[18]。然而, 该荟萃分析纳入的研究数量有限(仅 3 项), 且均为观察性研究, 无法完全排除残余混杂因素的影响。国内龚俊荣等的 NSTEMI 研究虽然样本量适中($n = 324$), AUC 达 0.869, 但同样为单中心回顾性设计, 缺乏外部验证队列, 其预测模型的外推性尚待确认[19]。

国内研究亦支持上述发现。一项针对急性非 ST 段抬高心肌梗死(NSTEMI)患者的回顾性研究纳入 324 例 24 小时内接受 PCI 的患者, 其中 39 例发生无复流/慢血流。多因素 logistic 回归显示 UAR 为无复流/慢血流的独立影响因素($P < 0.05$)。ROC 曲线显示 UAR 预测无复流/慢血流的 AUC 为 0.869, 高于 SYNTAX 评分(AUC = 0.860)和尿素(AUC = 0.676), 提示 UAR 可作为 NSTEMI 患者 PCI 术后无复流/慢血流的有效预测指标[19]。

3.3. UAR 与颈动脉斑块

颈动脉斑块是全身动脉粥样硬化的重要窗口。Zhang 等 2025 年基于中国人群的大样本研究($n = 12,481$

例冠心病患者)显示, UAR 与颈动脉斑块显著相关($OR = 1.03$, 95% CI 1.02~1.05)。分层分析表明, 在年龄 ≥ 60 岁($OR = 1.60$, 95% CI 1.34~1.90)、合并高血压($OR = 1.46$, 95% CI 1.20~1.78)或血脂异常($OR = 1.06$, 95% CI 1.02~1.10)的患者中关联更强[20]。Zhang 等的大样本研究($n = 12,481$)具有样本量大、分层分析详尽等优点, 且在中国人群中验证了 UAR 与颈动脉斑块的关联, 为 UAR 在亚临床动脉粥样硬化筛查中的应用提供了重要依据[20]。但该研究未报告颈动脉斑块的超声评估标准(如 Crouse 评分或斑块面积), 限制了不同研究间的结果可比性。此外, 该研究为横断面设计, 无法确立 UAR 与颈动脉斑块之间的时间先后关系。

3.4. 小结

冠心病领域的研究共识是 UAR 与冠脉病变严重程度、PCI 术后无复流及颈动脉斑块均呈正相关。然而, 各研究的最佳截断值差异较大(1.34~3.04 不等), 且绝大多数为回顾性、单中心设计, 缺乏前瞻性外部验证。从 CKM 框架来看, 冠心病属于 CKM 3~4 期, UAR 的预测价值与代谢驱动动脉粥样硬化的理论一致, 但尚需更高质量的研究加以确认。

4. UAR 在心房颤动中的研究证据

4.1. 双队列外部验证

Gong 等 2026 年发表了一项设计严谨的双队列研究。该研究采用双队列设计——主队列为华西医院 1908 例房颤患者, 验证队列为 MIMIC 重症监护数据库 1366 例房颤患者。限制性立方样条分析显示 UAR 与 1 年死亡率呈 J 型关联(非线性 $P < 0.001$)。主队列中, UAR 每增加一个标准差, 1 年全因死亡风险增加 16.2% ($HR = 1.162$, 95% CI 1.036~1.304); MIMIC 验证队列中结果为 13.7% ($HR = 1.137$, 95% CI 1.092~1.185), 高度一致[5]。其优点在于: 采用独立外部验证队列(MIMIC 数据库), 显著增强了结论的外推性; 限制性立方样条分析揭示了 UAR 与死亡率之间的 J 型关联, 为截断值的确定提供了方法学参考。局限性包括: 两项队列均基于住院患者数据, 研究结果能否推广至社区人群和门诊房颤患者尚不明确; 此外, 该研究未纳入膳食因素和降尿酸药物使用信息, 可能引入残余混杂。

4.2. 超越 CHA_2DS_2 -VASc 评分的增量价值

将 UAR 加入 CHA_2DS_2 -VASc 评分后, C-index 从 0.654 提升至 0.692 ($P = 0.001$), 净重分类指数达 0.178。机器学习 SHAP 分析一致将 UAR 列为主要死亡预测因子之一[5]。这表明 UAR 提供了传统风险评分未能捕捉的代谢 - 炎症维度信息。该研究通过 C-index 和净重分类指数等指标, 量化了 UAR 对 CHA_2DS_2 -VASc 评分的增量预测价值, 为 UAR 的临床应用提供了统计学依据[5]。然而, SHAP 分析虽将 UAR 列为主要预测因子, 但其解释性仍局限于模型层面, UAR 的具体“阈值效应”和“饱和效应”需要前瞻性干预研究加以验证。

4.3. 小结

房颤是目前 UAR 证据最充分的领域, 原因在于双队列设计完成了独立外部验证、UAR 能提升 CHA_2DS_2 -VASc 评分的预测能力、且机制上与房颤的炎症 - 氧化应激病理高度契合。从 CKM 框架来看, 房颤属于 CKM 早期心血管表现, UAR 在此阶段预测最强, 提示其主要用于 CKM 早期预警。

5. UAR 在心脏瓣膜病中的研究证据

5.1. 术前 UAR 预测瓣膜术后急性肾损伤

赵晓茹等 2024 年发表于《中华肾脏病杂志》的回顾性研究($n = 422$)证实术前血清尿酸/白蛋白比值

(sUAR)是成人心脏瓣膜术后急性肾损伤(AKI)的独立危险因素。术后 AKI 发生率为 33.6%，多因素回归显示 sUAR 的 OR = 1.467 (95% CI 1.308~1.645, $P < 0.001$), 预测 AKI 的 AUC 为 0.710 (95% CI 0.659~0.760), 最佳截断值为 7.28 $\mu\text{mol/g}$ [16]。赵晓茹等的回顾性研究($n = 422$)证实了术前 sUAR 对心脏瓣膜术后 AKI 的预测价值, AUC 为 0.710 [16]。其优点在于聚焦于临床需求明确的手术并发症预测场景, 且报告了最佳截断值(7.28 $\mu\text{mol/g}$), 便于临床操作。局限性包括: 单中心回顾性设计, AKI 的诊断依赖血清肌酐标准而非尿量标准, 可能低估了 AKI 的真实发生率; 此外, 该研究未区分手术类型(瓣膜置换 vs 瓣膜成形术), 不同手术方式对 AKI 的影响可能存在差异。

该团队 2025 年发表于 *Journal of Inflammation Research* 的列线图研究($n = 440$)进一步确认了 sUAR (OR = 1.467)、年龄(每 10 年 OR = 1.612)、房颤(OR = 2.485)和血红蛋白(OR = 0.985)为独立危险因素。列线图模型的 AUC 提升至 0.779 (95% CI 0.734~0.824)。值得注意的是, sUAR 的预测效能(AUC = 0.709)优于单独使用尿酸(AUC = 0.687)和白蛋白(AUC = 0.588), 证实了复合指标的优势[17]。该团队后续的列线图研究将 sUAR 与年龄、房颤和血红蛋白整合为预测模型, AUC 提升至 0.779 [17]。该模型的优点是变量选择基于多因素回归, 且通过列线图形式实现了个体化风险预测, 临床可操作性强。然而, 该模型同样基于同一中心的数据进行开发和内部验证, 缺乏外部验证队列, 其在实际临床决策中的净获益需要进一步通过决策曲线分析来评估。

5.2. TAVI 术后的 UAR

Biter 等 2023 年的研究显示, 术前 UAR > 1.68 可独立预测 TAVI 术后 12 个月主要不良心脑血管事件(HR = 2.478); Levent 等的研究则显示 UAR > 2.03 是 TAVI 术后全因死亡的独立预测因子(HR = 2.958) [21] [22]。Biter 等和 Levent 等的研究均在 TAVI 术后人群中验证了 UAR 的预测价值[21] [22]。两篇研究的优点在于将 UAR 的应用场景拓展至 TAVI 这一快速发展的介入领域, 具有临床前沿性。但两者均存在显著局限性: 样本量较小, 且均为单中心回顾性设计, 缺乏独立验证, 其研究结论的稳健性尚需更大规模的前瞻性多中心研究加以确认。

5.3. 小结

心脏瓣膜病是 UAR 研究的新兴方向, 目前证据主要集中在术后并发症(AKI)和 TAVI 术后预后预测。但全部为回顾性、单中心设计, 缺乏前瞻性外部验证, 证据尚处于初步探索阶段。

6. UAR 在心力衰竭中的研究证据

6.1. UAR 预测心衰患者短期预后

赵胜彪等 2024 年基于中国心力衰竭数据库($n = 1893$)的回顾性队列研究显示, UAR 预测 90 天全因死亡的 AUC 为 0.715 (95% CI 0.626~0.804), 最佳截断值为 17.48, 高 UAR 组的死亡风险为低 UAR 组的 1.09 倍(OR = 1.09, 95% CI 1.02~1.20, $P = 0.017$) [14]。赵胜彪等基于中国心力衰竭数据库的研究($n = 1893$)样本量充足, AUC 达 0.715 [14]。其优点在于使用了统一的多中心心力衰竭数据库, 数据采集标准化程度较高。局限性包括: 回顾性队列分析无法排除未测量混杂因素的影响; 数据库未包含随访期间的药物调整信息(如利尿剂、ACEI/ARB 的使用变化), 可能影响预后的独立评估。

Liu 等 2024 年基于同一数据库的研究关注 28 天死亡或再入院(发生率 8.6%)。RCS 分析显示 UAR 与 28 天结局呈线性正相关($P = 0.008$)。校正混杂因素后, 高 UAR 组的 HR 为 1.594 (95% CI 1.032~2.462, $P = 0.036$) [15]。Liu 等基于同一数据库的研究与赵胜彪等的研究结论相互印证, 增强了证据的可靠性[15]。但其局限性相似: 均为回顾性分析, 且该研究关注的 28 天终点事件发生率较低(8.6%), 可能限制了多因

素校正后结论的统计稳健性。

6.2. 小结

心衰领域两项研究均基于 1893 例大样本, 结论一致, 但均为回顾性分析, 缺乏前瞻性外部验证。截断值(17.48)远高于冠心病和房颤研究, 可能与心衰患者普遍存在低白蛋白血症有关。从 CKM 框架来看, 心衰属于 CKM 终末期(4 期), UAR 在此阶段预测价值仍然存在但效应量减弱, 可能与其病理机制不再以氧化-炎症为主导有关。

7. UAR 在慢性肾脏病中的研究证据

7.1. UAR 与腹膜透析患者心脑血管事件

顾芸芸等 2025 年纳入 533 例 CKD 5 期腹膜透析患者, 以 UAR 最佳截断值 14.77 分为高、低两组。Kaplan-Meier 分析显示高 UAR 组心脑血管事件发生率显著升高(Log-Rank $\chi^2 = 11.498$, $P < 0.001$), 5 年累积发生率高达 86.5%。多因素 Cox 回归证实 UAR 升高是心脑血管事件的独立危险因素(HR = 1.042, 95% CI 1.021~1.063, $P < 0.05$) [23]。顾芸芸等的研究($n = 533$)将 UAR 的应用拓展至 CKD 5 期腹膜透析人群 [23]。其优点在于研究对象为临床管理中预后评估需求明确的透析患者群体, 且随访时间足够长(5 年), 累积事件终点数据较为完整。局限性包括: 单中心回顾性设计, 透析方案(CAPD vs APD)的差异可能影响研究结果; 此外, 未报告 UAR 的动态变化对预后的影响, 仅单次基线测量可能低估了 UAR 的预测价值。

7.2. 小结

CKD 是 CKM 框架的核心环节, UAR 在该人群中预测价值明确, 但证据仍以回顾性、单中心为主。

8. CKM 框架下 UAR 定位与实证空白

8.1. uACR 与 UAR: 互补而非代替

uACR 与 UAR 虽然缩写相似, 但内涵截然不同。uACR 反映的是血管内皮已损伤的结果(白蛋白从血中漏至尿中), 已被写入 KDIGO 和 AHA 指南, 其下降可作为治疗有效的替代终点[5, 1]。UAR 则反映“破坏(尿酸)÷ 防御(白蛋白)”的失衡状态, 是一种血清学风险状态指标。两者不是替代关系, 而是互补——uACR 看“损伤结果”, UAR 看“风险状态”。目前尚无研究在同一 CKM 人群中直接比较两者的预测效能。在 CKM 筛查的临床应用场景中, uACR 与 UAR 可形成“从初筛到精筛”的序贯策略: UAR 作为血清学指标, 适用于基层医疗和大规模社区筛查的首轮风险分层(优势为无需留尿、操作简便、即时得出结果, 患者接受度高); 对于 UAR 升高的高危人群, 可进一步进行 uACR 检测以确认是否存在肾脏靶器官损伤[1][5]。两者分别从“代谢-炎症负荷”和“靶器官损伤结果”两个维度提供信息: UAR 捕捉的是 CKM 进程中“代谢失衡→氧化损伤”的前期风险状态, 而 uACR 反映的是“肾脏滤过屏障破坏”的已损伤结果。联合应用 UAR 与 uACR 可能为 CKM 的早期识别和风险分层提供更全面的评估框架, 这一假设有待前瞻性队列研究的验证。

8.2. UAR 研究证据与 CKM 分期的对应关系

将 UAR 在不同心血管疾病中的研究证据映射至 AHA 提出的 CKM 0~4 期分期体系, 有助于明确 UAR 在各疾病阶段的应用价值。CKM 2 期(亚临床心血管/肾脏疾病): 颈动脉斑块是亚临床动脉粥样硬化的典型表现, Zhang 等的研究证实 UAR 与颈动脉斑块显著相关(OR = 1.03), 提示 UAR 可能作为 CKM 2 期人群亚临床靶器官损害的筛查指标[20]。CKM 3 期(早期临床心血管疾病): 冠心病和心房颤动属于 CKM

3 期的典型疾病表现。Yalcinkaya 等和 Prasad 等的研究证实 UAR 与冠脉病变严重程度相关[12] [13]，Ozbay 等的荟萃分析进一步证实 UAR 可预测 PCI 术后无复流(OR=3.04) [18]，提示 UAR 在 CKM 3 期冠心病人群中具有预后评估价值。Gong 等的研究则证实 UAR 可独立预测房颤患者的 1 年全因死亡风险(HR = 1.16/SD) [5]，为 UAR 在 CKM 3 期房颤人群中的应用提供了双队列验证证据。CKM 4 期(晚期临床心血管疾病/终末期肾病)：心力衰竭和终末期肾病属于 CKM 4 期的核心疾病谱。赵胜彪等和刘晓等的研究证实 UAR 可预测心衰患者的短期死亡和再入院风险[14] [15]，顾芸芸等的研究则将 UAR 的预测价值拓展至 CKD 5 期腹膜透析人群的心脑血管事件(HR = 1.042) [23]。值得注意的是，UAR 的预测效应量随 CKM 分期进展呈现递减趋势——从 CKM 3 期房颤的 HR = 1.16/SD 降至 CKM 4 期心衰的 HR = 1.59 (28 天)，这可能反映了随着疾病进入终末期，传统危险因素(如神经内分泌激活、容量超负荷等)逐渐主导预后，而 UAR 所代表的代谢 - 炎症通路的相对贡献有所减弱。

8.3. UAR 与 CKM 的理论契合

UAR 的两个组分对应 CKM 的两个关键环节：尿酸对应“代谢负荷”(CKM 上游)，白蛋白对应“肾脏/炎症/营养状态”(CKM 中下游)。因此，UAR 同时覆盖了 CKM 因果链的两端，理论上可作为 CKM 的整合性生物标志物[3] [4]。

8.4. 实证空白

截至目前，尚无研究直接报告 UAR 在 CKM 0~4 期人群中的分布特征，亦无研究验证 UAR 能否预测 CKM 分期的进展。这一实证空白恰是未来研究的重要方向。

9. 总结与展望

9.1. 核心发现(如表 1 所示)

Table 1. Summary of evidence for UAR in different cardiovascular disease settings
表 1. 不同心血管疾病背景下 UAR 证据概要

研究场景	核心结论	关键数据	证据强度
心房颤动	UAR 独立预测死亡，超越 CHA ₂ DS ₂ -VASc	HR = 1.16/SD，双队列验证	最强
PCI 术后无复流	UAR 升高→无复流风险增加	OR = 3.04 (I ² = 0%)	较强
NSTEMI 术后无复流/慢血流	UAR 预测 AUC = 0.869	AUC = 0.869	较强
心脏瓣膜术后 AKI	sUAR 是独立危险因素	OR = 1.47，列线图 AUC = 0.779	中等
TAVI 术后死亡	UAR > 2.03 预测全因死亡	HR = 2.958	中等
颈动脉斑块	大样本验证关联	OR = 1.03 (n = 12,481)	中等
CKD 腹膜透析	预测心脑血管事件	HR = 1.042，5 年事件率 86.5%	中等
心力衰竭	预测短期死亡/再入院	HR = 1.59 (28 天)	初步
UAR 与 CKM 分期	无直接关联研究	—	空白

UAR 在不同心血管场景中普遍显示出与预后相关的信号，但证据强度差异明显——房颤领域因双队列外部验证而证据较为充分，心衰和 CKM 分期领域尚属空白。上述证据强度的差异，可能与各研究间 UAR 最佳截断值的高度异质性密切相关。异质性的来源主要包括：(1) 疾病类型差异：冠心病研究的最佳截断值最低(1.34~3.04)，而心衰研究的截断值最高(17.48)，这可能与心衰患者普遍存在的低白蛋白血症

导致 UAR 基线水平整体升高有关, 提示不同疾病场景需要适配不同的阈值标准; (2) 结局指标差异: 预测冠脉病变严重程度(SYNTAX 评分)的截断值(1.34)低于预测 PCI 术后无复流和心衰死亡等硬终点事件的截断值, 提示预测“中间表型”和“硬终点”可能需要不同的风险切点; (3) 研究人群差异: 不同研究之间在地域(中国 vs 西方)、人种、基础疾病谱等方面存在差异, 但尚无直接的头对头比较研究加以证实; (4) 实验室检测差异: 不同研究中尿酸和白蛋白的检测方法、试剂品牌、正常值范围可能存在差异, 进一步增加了截断值的异质性[12][13][18]-[20]。因此, 在临床实践中直接套用某一研究的最佳截断值存在风险, 未来需要基于多中心、大样本的标准数据集来建立 UAR 的统一切点标准, 或开发基于 UAR 连续变量的动态风险评分工具。

9.2. 局限性

当前研究存在以下核心问题: (1) 截断值不统一(1.34~17.48), 无法临床推广; (2) 绝大多数为回顾性、单中心设计, 缺乏前瞻性外部验证; (3) UAR 与 uACR 的头对头比较缺失; (4) 机制研究不足; (5) 干预性研究完全空白。

9.3. 未来方向

(1) 横断面研究: 验证 UAR 在 CKM 0~4 期人群中的分布趋势; (2) 前瞻性队列: 验证 UAR 能否预测 CKM 分期进展; (3) 头对头比较: 在同一人群中比较 UAR 与 uACR 的预测效能; (4) 干预性研究: 验证降低 UAR 能否改善预后。

参考文献

- [1] Bozkurt, B., Rossignol, P. and Vassalotti, J.A. (2025) Albuminuria as a Diagnostic Criterion and a Therapeutic Target in Heart Failure and Other Cardiovascular Disease. *European Journal of Heart Failure*, **27**, 2357-2371. <https://doi.org/10.1002/ehf.3683>
- [2] Yau, K., Cherney, D.Z.I. and Odutayo, A. (2025) Biomarkers for Cardiovascular-Kidney Metabolic Syndrome: Clinical Utility in Diagnosis, Screening, and Treatment. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 3-6. <https://doi.org/10.1111/dom.70044>
- [3] Ndumele, C.E., Neeland, I.J., Tuttle, K.R., Chow, S.L., Mathew, R.O., Khan, S.S., *et al.* (2023) A Synopsis of the Evidence for the Science and Clinical Management of Cardiovascular-Kidney-Metabolic (CKM) Syndrome: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, **148**, 1636-1664. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000001186>
- [4] Kramer, H.J. and Bakris, G.L. (2026) The Urinary Albumin-to-Creatinine Ratio Can Direct Personalized Prevention and Treatment for Cardiovascular and Chronic Kidney Disease. *Journal of Internal Medicine*, **299**, 444-466. <https://doi.org/10.1111/joim.70066>
- [5] Gong, A., Cao, Y., Li, Z., Li, F., Li, W., Ren, B., *et al.* (2026) Uric Acid-to-Albumin Ratio as a Cardiometabolic Marker for Predicting Adverse Outcomes in Patients with Atrial Fibrillation: Evidence from Two Independent Cohorts. *Frontiers in Endocrinology*, **17**, Article 1786997. <https://doi.org/10.3389/fendo.2026.1786997>
- [6] 靳正逸, 刘齐龙, 胡佳琪, 等. 高尿酸血症与心血管疾病关系的研究进展[J]. 内科理论与实践, 2025, 20(4): 334-339.
- [7] 刘济玮, 周立君. NLRP3 炎症小体在心血管疾病中的作用的研究进展[J]. 心血管康复医学杂志, 2023, 32(5): 545-548.
- [8] 曹紫晨, 金梦龙, 付真彦. 高尿酸血症与心脑血管疾病的研究进展[J]. 医学研究杂志, 2024, 53(2): 164-168.
- [9] Wu, Y., Xu, H., Tu, X. and Gao, Z. (2025) Role of Metabolic Conditions in Cardioresenal Diseases: Initiating Pathways and Therapeutic Targeting. *Frontiers in Nutrition*, **12**, Article 1701084. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1701084>
- [10] Zoanni, B., Brioschi, M., Mallia, A., Gianazza, E., Eligini, S., Carini, M., *et al.* (2023) Novel Insights about Albumin in Cardiovascular Diseases: Focus on Heart Failure. *Mass Spectrometry Reviews*, **42**, 1113-1128. <https://doi.org/10.1002/mas.21743>
- [11] Biancucci, M., Barbiero, R., Pennella, B., Cannatà, A., Ageno, W., Tangianu, F., *et al.* (2025) Hypoalbuminaemia and

- Heart Failure: A Practical Review of Current Evidence. *European Journal of Heart Failure*, **27**, 293-306. <https://doi.org/10.1002/ehf.3363>
- [12] Yalcinkaya, D., Karacali, K., Ilhan, B.C. and Yarlioglu, M. (2023) Relation between Serum Uric Acid to Albumin Ratio and Severity of Chronic Coronary Artery Disease. *Angiology*, **75**, 386-393. <https://doi.org/10.1177/00033197231161902>
 - [13] Prasad, B.K., Dutta, B. and Iqbal, F. (2025) Utility of C-Reactive Protein-to-Albumin and Uric Acid-to-Albumin Ratios for Assessing Coronary Artery Disease Severity in Acute Coronary Syndrome: A Study from a Major Tertiary Care Center in Northeast India. *Cureus*, **17**, e87170. <https://doi.org/10.7759/cureus.87170>
 - [14] 赵胜彪, 刘军军, 王连生, 等. 尿酸与白蛋白比值对心力衰竭患者预后的临床价值研究[J]. 重庆医学, 2024, 53(13): 1994-1999.
 - [15] Liu, X., Chu, A. and Ding, X. (2024) Elevated Uric Acid to Serum Albumin Ratio: A Predictor of Short-Term Outcomes in Chinese Heart Failure Patients. *Frontiers in Nutrition*, **11**, Article 1481155. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1481155>
 - [16] 赵晓茹, 邵泽华, 张文雯, 等. 术前血清尿酸/白蛋白比值对心脏瓣膜术后急性肾损伤的预测价值[J]. 中华肾脏病杂志, 2024, 40(3): 201-208.
 - [17] Zhao, X., Wang, J., Bai, W., Zhang, W., Huang, C., Qin, Z., *et al.* (2025) Development and Internal Validation of a Nomogram for Predicting Acute Kidney Injury after Cardiac Valve Surgery Using the Serum Uric Acid-to-Albumin Ratio. *Journal of Inflammation Research*, **18**, 16747-16760. <https://doi.org/10.2147/jir.s563670>
 - [18] Ozbay, M.B., Degirmen, S., Gullu, A., Nriagu, B.N., Omer, M., Özen, Y., *et al.* (2025) Association between the Serum Uric Acid to Albumin Ratio and the No-Reflow Phenomenon after Percutaneous Coronary Intervention (PCI): A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, **17**, e81712. <https://doi.org/10.7759/cureus.81712>
 - [19] 龚俊荣, 李亚飞, 戴贺, 等. 血尿酸/白蛋白比值对急性非 ST 段抬高心肌梗死 PCI 术后患者无复流/慢血流的预测价值[J]. 中国临床研究, 2025, 38(2): 257-260.
 - [20] Zhang, Q., Sheng, J., Wang, S., Lai, Z., Liu, F., Zhang, B., *et al.* (2025) Elevated Uric Acid/Albumin Ratio as a Predictor of Carotid Plaque in Patients with Coronary Artery Disease: A Chinese CSCD-TCM Plus Study. *Angiology*, **77**, 1161-1169. <https://doi.org/10.1177/00033197251392662>
 - [21] Biter, H.I. and Tosu, A.R. (2023) The Prognostic Significance of Uric Acid/Albumin Ratio in Patients with Aortic Stenosis Following Transcatheter Aortic Valve Implantation for Major Adverse Cardiac and Cerebral Events. *Medicina*, **59**, Article 686. <https://doi.org/10.3390/medicina59040686>
 - [22] Levent, F., Gül, İ., Koca, F., Şenöz, O. and Sarıca, S.A. (2023) Role of the Uric Acid/Albumin Ratio in Predicting Mortality of Patients Who Underwent Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Cardiovascular Surgery and Interventions*, **10**, 8-14. <https://doi.org/10.5606/e-cvsi.2023.1446>
 - [23] 顾芸芸, 顾进, 孙敦坡, 等. 探讨尿酸/白蛋白比值与慢性肾病腹膜透析患者发生心脑血管事件的关系[J]. 国际医药卫生导报, 2025, 31(6): 1020-1026.