

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2025.02.012

❖ 临床医学研究 ❖

血清尿酸/白蛋白比值与脓毒症患者并发急性肾损伤的相关性及预测价值

杨玲, 郭强

(苏州大学附属第一医院呼吸与危重症医学科, 江苏 苏州 215000)

【摘要】目的: 探讨血清尿酸(UA)/白蛋白(Alb)比值(sUAR)与脓毒症并发急性肾损伤(AKI)的相关性, 评估其预测价值。**方法:** 回顾性分析 196 例脓毒症患者临床资料, 根据是否发生 AKI 将其分为 AKI 组($n=95$)与非 AKI 组($n=101$)。比较两组患者血清 sUAR 水平及其他临床指标, 使用 Logistic 回归分析筛选脓毒症相关 AKI(SA-AKI)的危险因素, 并使用受试者工作特征(ROC)曲线评价相关指标的预测价值。**结果:** 与非 AKI 组相比, AKI 组年龄较大($P<0.05$), 合并冠心病比例、急性生理学和慢性健康状况 II(APACHE II)评分、脓毒症相关器官衰竭(SOFA)评分及降钙素原(PCT)、血肌酐、UA 水平、sUAR 水平更高($P<0.05$), Alb 水平更低($P<0.05$)。Logistic 回归分析得出, 年龄较大($OR=1.718$)、合并冠心病($OR=1.478$)、较高 SOFA 评分($OR=2.201$)和较高 sUAR 水平($OR=2.487$)是 SA-AKI 的危险因素($P<0.05$)。ROC 曲线分析得出, sUAR 预测 SA-AKI 发生的曲线下面积(AUC)为 0.778, 截断值为 $>8.2 \mu\text{mol/g}$, 敏感度为 81.1%, 特异度为 64.4%; 且 sUAR 联合 SOFA 评分预测 SA-AKI 的 AUC 更高, 为 0.855。**结论:** 血清 sUAR 水平升高与 SA-AKI 密切相关, sUAR 对脓毒症患者并发 AKI 有一定预测价值, 联合 SOFA 评分可提高预测效能。

【关键词】 急性肾损伤; 脓毒症; 尿酸; 白蛋白; 早期预测

【中图分类号】 R631.2 **【文献标志码】** A

Correlation between serum uric acid /albumin ratio and acute kidney injury in patients with sepsis and its predictive value

YANG Ling, GUO Qiang

(Department of Respiratory and Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000, Jiangsu, China)

【Abstract】Objective: To investigate the correlation between serum uric acid (UA)/albumin (Alb) ratio (sUAR) and sepsis complicated with acute kidney injury (AKI), and to evaluate its predictive value. **Methods:** The clinical data of 196 patients with sepsis were retrospectively analyzed. According to the occurrence of AKI, they were divided into AKI group ($n=95$) and non-AKI group ($n=101$). The differences of serum sUAR level and other clinical indicators between the two groups were compared. Logistic regression analysis was used to screen the risk factors of sepsis-associated AKI (SA-AKI), and the predictive value of related indicators was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results:** Compared with the non-AKI group, the AKI group was older ($P<0.05$), the proportion of combined coronary heart disease, acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score, sepsis-related organ failure (SOFA) score, procalcitonin (PCT), serum creatinine, UA level, sUAR level were higher ($P<0.05$), and the Alb level was lower ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that older age ($OR=1.718$), combined coronary heart disease ($OR=1.478$), higher SOFA score ($OR=2.201$) and higher sUAR level ($OR=2.487$) were risk factors for SA-AKI ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of sUAR in predicting SA-AKI was 0.778, the cutoff value was $>8.2 \mu\text{mol/g}$, the sensitivity was 81.1%, and the specificity was 64.4%. The AUC of sUAR combined with SOFA score in predicting SA-AKI was higher, which was 0.855. **Conclusion:** The increase of serum sUAR level is closely related to SA-AKI. sUAR has a certain predictive value for AKI in patients with sepsis, and combined with SOFA score can improve the predictive efficacy.

【Key words】 Acute kidney injury; Uremia; Uric acid; Albumin; Early prediction

基金项目: 江苏省卫生计生委面上项目(H201618); 江苏省姑苏卫生人才培养项目(GSW2020010)

作者简介: 杨玲(1994-), 女, 硕士, 住院医师。E-mail: yangl1327@163.com

通讯作者: 郭强, 博士。E-mail: gq00110702@163.com

急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 是脓毒症患者常见且严重的一种并发症,可增加患者 ICU 停留时间、治疗费用,并导致病死率增高^[1]。脓毒症相关 AKI (sepsis-associated acute kidney injury, SA-AKI) 是重症监护室 (ICU) 中 AKI 的主要原因,约占 AKI 总数的 50%^[2]。文献^[3-4]报道,脓毒症所致的 AKI 发生率超过 45%,患者病死率可达 60% 以上。目前,AKI 的诊断主要以血肌酐和尿量作为依据,但以此来判断 AKI 相比实际肾损伤存在延迟,且除予以肾脏替代疗法外,尚缺乏更好治疗手段。因此,早期识别高危群体对 SA-AKI 的防治尤为重要。研究^[5-6]表明,高尿酸 (uric acid, UA)、低白蛋白 (albumin, Alb) 水平是 AKI 的危险因素,血清 UA/Alb 比值 (serum uric acid to albumin ratio, sUAR) 作为综合二者的指标,被认为是预测 AKI 的新型指标,与 ICU 患者 AKI 发生和病死率存在关联^[7]。有研究^[8]发现, sUAR 增高与心脏外科手术患者并发 AKI 相关,但目前关于 sUAR 与 SA-AKI 的关系尚缺乏报道, sUAR 能否预测脓症患者 AKI 的发生仍不清楚。为此,本研究探讨 SA-AKI 的危险因素,并分析 sUAR 对脓毒症并发 AKI 的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2021 年 1 月至 2022 年 6 月苏州大学附属第一医院收治的 196 例脓症患者为研究对象。纳入标准:(1)满足脓毒症 3.0 的诊断标准^[9];(2)年龄 ≥ 18 岁;(3)临床资料齐全。排除标准:(1)既往有慢性肾病病史者;(2)其他原因引起的 AKI;(3)入院前已诊断为 AKI;(4)恶性肿瘤;(5)合并严重血液系统疾病;(6)严重感染;(7)妊娠或哺乳期女性;(8)ICU 入住时间不足 48 h。研究对象中,男性 122 例,女性 74 例;年龄 (62.25 \pm 10.17) 岁。根据是否发生 AKI 将患者分为 AKI 组 ($n=95$) 与非 AKI 组 ($n=101$)。本研究经本院伦理委员会批准。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集 查阅病历,对患者入院时一般资料进行收集,包括性别、年龄、体质量指数、合并疾病情况、感染源及急性生理学和慢性健康状况 II (APACHE II) 评分、脓毒症相关器官衰竭 (sequential organ failure assessment, SOFA) 评分等。在入院 6 ~ 8 h 时,对患者进行外周静脉血采集,抽取 5 mL,使用全自动生化分析仪检测血清 UA 和 Alb 水平,并计算 sUAR 值。此外,收集患者白细胞计数、淋巴细胞、C 反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、降钙素原

(procalcitonin, PCT)、血肌酐等实验室检测数据。

1.2.2 AKI 的诊断及分组 参照 2012 年改善全球肾脏病预后组织制定的标准^[10]进行 AKI 的诊断,患者 48 h 内血肌酐上升 $\geq 26.5 \mu\text{mol/L}$,或者 7 d 内血肌酐上升超过基线值的 1.5 倍。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行数据分析。计量资料用 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料用 [$n(\%)$] 表示,组间比较采用独立样本 χ^2 检验;SA-AKI 的危险因素经 Logistic 回归分析;相关指标对 SA-AKI 的预测价值用受试者工作特征 (ROC) 曲线来评价。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

与非 AKI 组相比,AKI 组年龄较大 ($P < 0.05$),合并冠心病比例、APACHE II 评分和 SOFA 评分更高 ($P < 0.05$);而性别、体质量指数等其他一般资料比较,无统计学差异 ($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

资料	非 AKI 组 ($n=101$)	AKI 组 ($n=95$)	t/χ^2 值	P 值
年龄 (岁)	60.78 \pm 10.34	63.81 \pm 9.36	2.122	0.035
性别			0.715	0.398
男	60 (59.41)	62 (65.26)		
女	41 (40.59)	33 (34.74)		
体质量指数 (kg/m^2)	22.36 \pm 3.31	22.04 \pm 3.68	0.641	0.522
合并疾病				
高血压	43 (42.57)	48 (50.53)	1.245	0.265
糖尿病	12 (11.88)	13 (13.68)	0.143	0.705
冠心病	18 (17.82)	30 (30.53)	4.334	0.037
感染源			1.500	0.827
呼吸系统	60 (59.41)	57 (60.00)		
泌尿系统	12 (11.88)	14 (14.74)		
腹腔	16 (15.84)	10 (10.53)		
血流	7 (6.93)	8 (8.42)		
其他	6 (5.94)	6 (6.32)		
APACHE II 评分 (分)	17.23 \pm 5.19	20.36 \pm 6.24	3.827	<0.001
SOFA 评分 (分)	7.78 \pm 2.31	10.36 \pm 2.69	7.217	<0.001

2.2 两组患者实验室指标比较

与非 AKI 组相比,AKI 组 PCT、血肌酐、UA 及 sUAR 水平均更高 ($P < 0.05$),Alb 水平更低 ($P < 0.05$);两组白细胞、CRP 等实验室检测结果无统计学差异 ($P > 0.05$)。见表 2。

表2 两组患者实验室指标比较($\bar{x} \pm s$)

指标	非 AKI 组 ($n=101$)	AKI 组 ($n=95$)	t 值	P 值
白细胞 ($\times 10^9/L$)	9.58 \pm 2.39	9.72 \pm 3.15	0.352	0.725
淋巴细胞 ($\times 10^9/L$)	1.01 \pm 0.32	0.97 \pm 0.32	0.875	0.383
PCT (ng/mL)	10.12 \pm 3.55	12.36 \pm 3.19	4.636	<0.001
CRP (mg/L)	51.36 \pm 12.98	54.58 \pm 13.47	1.704	0.090
血肌酐 ($\mu\text{mol/L}$)	72.54 \pm 12.36	77.85 \pm 14.17	2.800	0.006
UA ($\mu\text{mol/L}$)	323.58 \pm 92.69	368.45 \pm 101.25	3.238	0.001
Alb (g/L)	43.14 \pm 3.31	41.69 \pm 3.27	3.083	0.002
sUAR ($\mu\text{mol/g}$)	7.24 \pm 2.36	9.02 \pm 2.74	4.882	<0.001

2.3 SA-AKI 发生的多因素 Logistic 回归分析

以是否发生 SA-AKI 为因变量(是 = 1, 否 = 0), 纳入表 1 和表 2 中存在统计学差异的变量行 Logistic 回归分析。结果得出, 年龄较大 ($OR = 1.718$)、合并冠心病 ($OR = 1.478$)、较高 SOFA 评分 ($OR = 2.201$) 和较高 sUAR 水平 ($OR = 2.487$) 是 SA-AKI 的危险因素 ($P < 0.05$)。见表 3。

表3 SA-AKI 发生的多因素 Logistic 回归分析

因素	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95% CI
年龄	0.541	0.223	5.886	0.016	1.718	1.110 ~ 2.659
冠心病	0.391	0.174	5.050	0.025	1.478	1.051 ~ 2.079
SOFA 评分	0.789	0.313	6.354	0.012	2.201	1.192 ~ 4.065
sUAR	0.911	0.278	10.739	0.001	2.487	1.442 ~ 4.288

2.4 sUAR 对 SA-AKI 的预测价值分析

ROC 曲线分析得出, sUAR 预测 SA-AKI 发生的曲线下面积 (AUC) 为 0.778, 截断值为 $>8.2 \mu\text{mol/g}$, 敏感度为 81.1%, 特异度为 64.4%。SOFA 评分预测 SA-AKI 的 AUC 为 0.763, sUAR 联合 SOFA 评分预测 SA-AKI 的 AUC 更高, 为 0.855。见图 1 及表 4。

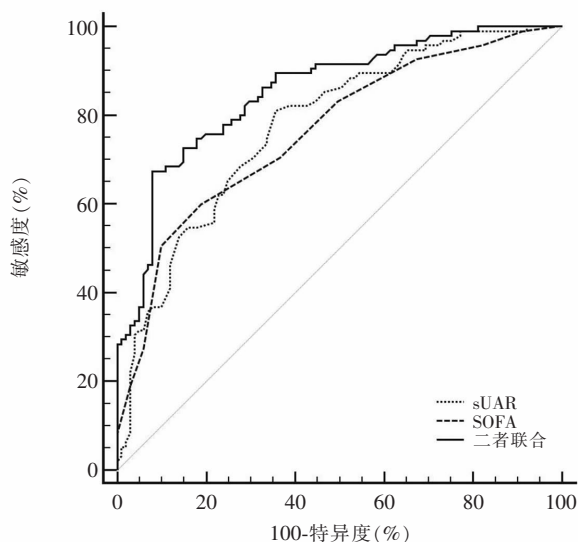


图1 sUAR、SOFA 评分及其联合预测 SA-AKI 的 ROC 曲线

表4 sUAR 及 SOFA 评分预测 SA-AKI 的 ROC 曲线分析结果

指标	截断值	AUC 值	95% CI	P 值	敏感度 (%)	特异度 (%)
sUAR	$>8.2 \mu\text{mol/g}$	0.778	0.713 ~ 0.834	<0.001	81.1	64.4
SOFA 评分	>9 分	0.763	0.697 ~ 0.821	<0.001	60.0	81.2
二者联合	-	0.855	0.798 ~ 0.901	<0.001	67.4	92.1

3 讨论

SA-AKI 是脓毒症患者常见的并发症, 其发生与 ICU 住院时间延长、住院费用增加和院内病死率增高有关^[11]。脓毒症患者 AKI 发生率较高, 且可导致不良预后^[12], 故筛查 SA-AKI 的危险因素, 早期对高危人群予以识别并干预, 以降低患者 AKI 发生风险尤为重要。本研究探讨 SA-AKI 的危险因素及 sUAR 的预测价值。结果表明, 较高 sUAR 水平与 SA-AKI 的发生密切相关, 且 sUAR 对 SA-AKI 具有一定预测价值。

研究^[13-14]表明, 血清 UA 增高、Alb 水平下降是 AKI 的危险因素。有研究^[15-16]显示, UA 可能参与了 AKI 的发生发展, 是 SA-AKI 发生的影响因素, 血清 Alb 低水平是心脏外科手术患者发生 AKI 的危险因素, 且在非心脏手术患者中也发现 AKI 患者术后血清 Alb 水平低于非 AKI 患者^[17]。在本研究中, 相比非 AKI 组, AKI 组血清 UA 增高, Alb 水平下降。Logistic 回归分析表明, 综合二者的 sUAR 是 SA-AKI 的危险因素。sUAR 是 UA、Alb 的比值。Yeter 等^[7]报道 sUAR 与 ICU 重症患者发生 AKI 相关。最近研究^[18]发现, sUAR 对造影剂所致的肾损伤有预测价值。本研究中, 入院时 sUAR 每升高 $1 \mu\text{mol/g}$, 脓毒症患者发生 AKI 的风险便增高 2.487 倍, sUAR 预测 SA-AKI 的 AUC 为 0.778, 可见 sUAR 可作为 SA-AKI 的预测因子, 有一定预测价值。sUAR 水平影响 SA-AKI 发生的机制尚不清楚, 根据 UA 和 Alb 的功能推断其原因可能是, 一方面, UA 具有促氧化的作用, 较高 UA 水平可引起肾素-血管紧张素系统激活, 与炎症、氧化应激和血管内皮功能障碍密切相关, 可诱导肾功能障碍^[19]; 另一方面, 血清 Alb 有着抗氧化活性, 能够抑制肾小管坏死, 其水平下降可反映机体炎症状态^[20]。而 SA-AKI 的发生机制涉及多方面, 如炎症反应、氧化应激、肾低灌注和肾毒素分泌增多等均在其中发挥着重要作用^[21]。故 sUAR 作为反映炎症、氧化应激状态的一个综合性指标, 可能是其与 SA-AKI 密切相关的作用机制。

本研究还发现, 冠心病是 SA-AKI 的危险因素, 这与既往报道^[22]一致。冠心病可导致患者心输出量减少, 进而引起肾静脉压上升, 使得肾灌注压下

降,而肾灌注压决定着肾小球滤过率,故冠心病所致的肾小球灌注损伤可能会引起肾功能损害;此外,冠心病还可造成血栓栓塞,引起肾梗死,这也会对肾功能产生不良影响^[23]。SOFA 评分是判定重症患者器官功能损害的重要评分系统,对脓毒症的病情诊断和预后评估有着重要作用。本研究显示,较高 SOFA 评分是 SA-AKI 的危险因素,与先前相关报道^[24]相符。此外,本研究还发现,年龄较大是 SA-AKI 发生的影响因素,也与既往研究^[25]一致。本研究还分析了 sUAR 联合 SOFA 评分对 SA-AKI 的预测价值。结果显示,二者联合的 AUC 达到 0.855,相比单一指标提高。表明 sUAR 联合 SOFA 评分联合预测 SA-AKI 的效能更高。

综上,高 sUAR 水平与 SA-AKI 的发生密切相关,sUAR 对脓毒症患者发生 AKI 有预测价值,其联合 SOFA 评分可较好预测 SA-AKI 的发生。

参考文献

[1] Kim JY, Yee J, Yoon HY, *et al.* Risk factors for vancomycin-associated acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis [J]. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 2022, 88 (9): 3977 - 3989.

[2] Muaddi L, Ledgerwood C, Sheridan R, *et al.* Acute renal failure and its complications, indications for emergent dialysis, and dialysis modalities [J]. *Critical Care Nursing Quarterly*, 2022, 45 (3): 258 - 265.

[3] Vanmassenhove J, Kielstein J, Jörres A, *et al.* Management of patients at risk of acute kidney injury [J]. *The Lancet*, 2017, 389 (10084): 2139 - 2151.

[4] Harris PL, Umberger RA. Long-term renal outcomes in adults with sepsis-induced acute kidney injury: a systematic review [J]. *Dimensions of Critical Care Nursing*, 2020, 39(5): 259 - 268.

[5] 蔡娅茜, 谢若男, 梁文琪, 等. 尿酸/高密度脂蛋白胆固醇预测脓毒症相关性急性肾损伤的临床研究 [J]. *中国中西医结合肾病杂志*, 2023, 24(5): 401 - 404.

[6] 颜伟健, 胡杨青, 卢琳, 等. 急性脑血管疾病并发急性肾损伤相关因素的分析 [J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2013, 10 (3): 68 - 70, 74.

[7] Yeter HH, Eyupoglu D, Paşayev T, *et al.* Role of uric acid albumin ratio in predicting development of acute kidney injury and mortality in intensive care unit patients [J]. *Turkish Journal of Nephrology*, 2019, 28(3): 160 - 167.

[8] 张挺挺, 王龙林, 王贵平. 血清尿酸/白蛋白比值预测 ST 段抬高型心肌梗死患者 PCI 术后急性肾损伤的多模型研究 [J]. *现代医院*, 2024, 24(2): 320 - 324.

[9] Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, *et al.* The third interna-

tional consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3) [J]. *JAMA*, 2016, 315(8): 801 - 810.

[10] Kellum JA, Lameire N, KDIGO AKI Guideline Work Group. Diagnosis, evaluation, and management of acute kidney injury: a KDIGO summary (part 1) [J]. *Critical Care*, 2013, 17(1): 204.

[11] Tang W, Huang J, Huang X, *et al.* Effect of alkaline phosphatase on sepsis-associated acute kidney injury patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine*, 2020, 99(4): e18788.

[12] 亢志琴, 黄静, 杨美霞. 脓毒症合并急性肾损伤患者炎症因子、血流动力学变化与肾功能转归的关系 [J]. *川北医学院学报*, 2023, 38(11): 1492 - 1495, 1521.

[13] Ejaz AA, Johnson RJ, Shimada M, *et al.* The role of uric acid in acute kidney injury [J]. *Nephron*, 2019, 142(4): 275 - 283.

[14] Wiedermann CJ, Wiedermann W, Joannidis M. Hypoalbuminemia and acute kidney injury: a meta-analysis of observational clinical studies [J]. *Intensive Care Medicine*, 2010, 36(10): 1657 - 1665.

[15] 蒋远霞, 唐艳, 易扬, 等. 高尿酸血症是脓毒症患者发生急性肾损伤的独立危险因素 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(9): 1178 - 1183.

[16] Lee EH, Baek SH, Chin JH, *et al.* Preoperative hypoalbuminemia is a major risk factor for acute kidney injury following off-pump coronary artery bypass surgery [J]. *Intensive Care Medicine*, 2012, 38 (9): 1478 - 1486.

[17] Li N, Qiao H, Guo JF, *et al.* Preoperative hypoalbuminemia was associated with acute kidney injury in high-risk patients following non-cardiac surgery: a retrospective cohort study [J]. *BMC Anesthesiology*, 2019, 19(1): 171.

[18] Şaylık F, Çınar T, Akbulut T, *et al.* Serum uric acid to albumin ratio can predict contrast-induced nephropathy in ST-elevation myocardial infarction patients undergoing primary percutaneous coronary intervention [J]. *Angiology*, 2023, 74(1): 70 - 78.

[19] Borghi C, Agabiti-Rosei E, Johnson RJ, *et al.* Hyperuricaemia and gout in cardiovascular, metabolic and kidney disease [J]. *European Journal of Internal Medicine*, 2020, 80: 1 - 11.

[20] Don BR, Kaysen G. Serum albumin: relationship to inflammation and nutrition [J]. *Seminars in Dialysis*, 2004, 17(6): 432 - 437.

[21] 胡俊, 徐丽, 樊红. 脓毒症相关急性肾损伤机制及治疗靶点的研究进展 [J]. *医学综述*, 2023, 29(9): 1671 - 1679.

[22] 王馨, 陶于洪, 杨佳, 等. 重症监护病房中脓毒症患者并发急性肾损伤的危险因素分析 [J]. *四川大学学报(医学版)*, 2020, 51 (5): 708 - 713.

[23] 杨世诚, 马玉凤, 张鹏, 等. 达格列净对 2 型糖尿病患者 PCI 后对比剂诱导急性肾损伤的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2024, 104 (22): 2059 - 2065.

[24] 张明, 李涛, 孙楠楠, 等. 脓毒症相关急性肾损伤发生的危险因素分析 [J]. *山东医药*, 2021, 61(13): 46 - 48.

[25] 王娜, 李培兰. 脓毒症合并急性肾损伤的危险因素及预后分析 [J]. *内科急危重症杂志*, 2018, 24(3): 198 - 200, 209.

(收稿日期: 2024 - 06 - 27

修回日期: 2024 - 09 - 02)