

血清白蛋白 / 肌酐比值在脓毒症患者预后评估中的作用

包志远 李鹏 张琳

安徽医科大学第四附属医院急诊科, 合肥 238000

通信作者: 张琳, Email: ch1990640014@fy.ahmu.edu.cn

【摘要】 目的 探讨血清白蛋白 / 肌酐比值 (sACR) 在脓毒症患者预后评估中的作用。**方法** 采用回顾性队列研究方法, 选择 2023 年 10 月至 2024 年 10 月安徽医科大学第四附属医院急诊重症监护病房 (ICU) 及综合 ICU 收治的新发脓毒症患者作为研究对象。收集患者的基线资料、入院 24 h 内实验室指标 [包括白细胞计数 (WBC)、C-反应蛋白 (CRP)、降钙素原 (PCT)、血清白蛋白、肌酐], 计算 sACR; 同时计算患者入院时急性生理学及慢性健康状况评分 II (APACHE II) 和序贯器官衰竭评分 (SOFA); 记录患者 28 d 生存情况及生存时间。根据脓毒症严重程度将患者分为脓毒症组和脓毒性休克组, 再根据 28 d 生存情况将患者分为存活组和死亡组。比较各组上述指标的差异; 采用 Cox 比例风险回归分析探讨脓毒症 28 d 预后的独立影响因素; 绘制受试者工作特征曲线 (ROC 曲线) 分析各指标对脓毒症患者 28 d 预后的预测价值, 并采用 DeLong 检验比较各指标曲线下面积 (AUC)。**结果** 共纳入 177 例新发脓毒症患者, 其中脓毒症组 66 例, 脓毒性休克组 111 例; 存活组 94 例, 死亡组 83 例。脓毒症组与脓毒性休克组年龄、WBC、CRP、PCT、APACHE II 评分、SOFA 评分及 sACR 水平差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 其中脓毒症组 sACR 高于脓毒性休克组 [2.98 (1.82, 4.10) 比 2.26 (1.19, 3.08)]; 存活组与死亡组 WBC、CRP、PCT、APACHE II 评分、SOFA 评分及 sACR 水平差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 其中存活组 sACR 高于死亡组 [3.17 (1.87, 4.20) 比 1.80 (0.95, 2.25)]。Cox 比例风险回归分析显示, CRP [风险比 (HR) = 1.004, 95% 置信区间 (95%CI) 为 1.001 ~ 1.007, $P = 0.043$], APACHE II 评分 (HR = 1.078, 95%CI 为 1.049 ~ 1.108, $P < 0.001$)、SOFA 评分 (HR = 1.105, 95%CI 为 1.027 ~ 1.189, $P = 0.008$) 为脓毒症患者 28 d 全因死亡的独立危险因素, sACR 为脓毒症患者 28 d 全因死亡的独立保护因素 (HR = 0.795, 95%CI 为 0.646 ~ 0.978, $P = 0.030$)。ROC 曲线分析显示, CRP、APACHE II 评分、SOFA 评分和 sACR 对脓毒症患者 28 d 预后有一定预测价值, 其中 sACR 的 AUC = 0.765, 最佳截断值为 2.446, 对应敏感度为 66.0%、特异度为 77.1%。DeLong 检验显示, sACR 与 SOFA 评分的预测效能相近, 优于 CRP, 但差于 APACHE II 评分。**结论** sACR 作为一种新型复合生物标志物, 对脓毒症患者的病情严重程度评估及预后评估具有潜在辅助预测价值。

【关键词】 白蛋白 / 肌酐比值; 脓毒症; 预后; 生物标志物

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20260318-00127

Role of serum albumin-to-creatinine ratio in assessing the prognosis of sepsis

Bao Zhiyuan, Li Peng, Zhang Lin

Department of Emergency, the Fourth Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 238000, China

Corresponding author: Zhang Lin, Email: ch1990640014@fy.ahmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the role of serum albumin-to-creatinine ratio (sACR) in prognostic assessment of patients with sepsis. **Methods** A retrospective cohort study was conducted. Patients with newly diagnosed sepsis admitted to the emergency intensive care unit (ICU) and comprehensive ICU of the Fourth Affiliated Hospital of Anhui Medical University from October 2023 to October 2024 were enrolled. Baseline data and laboratory parameters within 24 hours of admission, including white blood cell count (WBC), C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT), serum albumin, and creatinine, were collected, and sACR was calculated. The Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) and Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) were recorded at admission. The 28-day survival status and survival time were documented. Patients were divided into sepsis group and septic shock group according to sepsis severity, and further divided into survivor group and non-survivor group based on 28-day outcomes. The above parameters were compared between groups. Cox proportional hazards regression analysis was used to identify independent prognostic factors for 28-day mortality. Receiver operator characteristic curves (ROC curves) were plotted to evaluate the predictive value of each indicator, and the areas under the curves (AUCs) were compared using DeLong's test. **Results** A total of 177 patients with newly diagnosed sepsis were included, comprising 66 in the sepsis group and 111 in the septic shock group; 94 survived and 83 died within 28 days. Significant differences were observed between the sepsis and septic shock groups in age, WBC, CRP, PCT, APACHE II score, SOFA score, and sACR (all $P < 0.05$), with sACR being higher in the sepsis group [2.98 (1.82, 4.10) vs. 2.26 (1.19, 3.08)]. Significant differences were also found between survivors and non-survivors in WBC, CRP, PCT, APACHE II score, SOFA score, and sACR (all $P < 0.05$), with sACR being higher in survivors [3.17 (1.87, 4.20) vs. 1.80 (0.95, 2.25)]. Cox regression analysis showed

that CRP ($HR=1.004$, 95%CI was 1.001–1.007, $P=0.043$), APACHE II score ($HR=1.078$, 95%CI was 1.049–1.108, $P<0.001$), and SOFA score ($HR=1.105$, 95%CI was 1.027–1.189, $P=0.008$) were independent risk factors for 28-day all-cause mortality, while sACR was an independent protective factor ($HR=0.795$, 95%CI was 0.646–0.978, $P=0.030$). ROC curve analysis revealed that CRP, APACHE II score, SOFA score, and sACR had certain predictive value for 28-day prognosis; the AUC of sACR was 0.765, with an optimal cut-off value of 2.446, yielding a sensitivity of 66.0% and specificity of 77.1%. DeLong's test indicated that the predictive performance of sACR was similar to that of SOFA score, superior to CRP, but inferior to APACHE II score. **Conclusion** As a novel composite biomarker, sACR has potential adjunctive value in assessing disease severity and predicting prognosis in patients with sepsis.

【Key words】 Albumin-to-creatinine ratio; Sepsis; Prognosis; Biomarker

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20260318-00127

脓毒症是机体对感染反应失调导致的危及生命的器官功能障碍,发病率和病死率高^[1]。脓毒症是医院重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者的主要死亡原因之一。目前尚无法准确估算脓毒症的全球负担。根据最新估计,脓毒症已成为重大全球健康问题,每年影响约 4 900 万人,导致全球约 1 100 万人死亡,约占全球总死亡人数的 20%,使脓毒症成为关键致死因素,尤其在医疗资源有限的中低收入国家^[2-3]。在 20 世纪,抗菌药物的使用使脓毒症病死率下降至 30%~50%,而随着治疗技术的发展,病死率进一步下降至约 18%。尽管总体病死率随时间推移有所下降,但脓毒症导致的病死率仍居高不下^[4]。

目前,临床用于脓毒症预后评估的手段主要包括临床评分系统与生物标志物检测。急性生理学及慢性健康状况评分 II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, APACHE II)、序贯器官衰竭评分(Sequential Organ Failure Assessment, SOFA)等经典评分系统虽能综合评估患者病情严重程度,但指标繁多、计算复杂,依赖完整的临床资料,难以满足急诊及 ICU 快速评估患者病情的临床需求;而降钙素原(procalcitonin, PCT)、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)等炎症标志物虽检测便捷,但受感染类型、患者基础疾病、治疗干预等因素影响,特异性与预后预测准确性有限,单一标志物难以全面反映脓毒症的病理生理进程^[1,4]。此外,部分评估脓毒症预后的新型生物标志物虽具有较高的预测价值,但检测成本高昂、检测周期长,难以在基层医疗机构及临床常规诊疗中推广应用。因此,挖掘基于临床常规检测,简便易得且可快速评估的脓毒症预后生物标志物,成为当前重症医学领域的研究热点与临床迫切需求。

白蛋白是人体血浆中含量最丰富的蛋白质,不仅是机体营养状态的核心评价指标,更在调节全身炎症反应、维持血管内皮完整性、抗氧化损伤等方

面发挥关键作用,其水平降低与脓毒症患者器官功能衰竭和死亡风险升高密切相关^[5-7];而肌酐是诊断急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的金标准。脓毒症相关 AKI 是脓毒症最常见的并发症,其发生发展与脓毒症患者的预后紧密关联,也是评估脓毒症器官损伤程度的重要指标^[8]。血清白蛋白/肌酐比值(serum albumin-to-creatinine ratio, sACR)作为一种新型复合生物标志物,基于临床常规检测的白蛋白与肌酐指标计算获得,无需额外检测成本,可同步反映机体营养状态、肾功能损伤程度及全身炎症反应水平。已有研究证实, sACR 可作为评估急性胰腺炎等多种急危重症患者短期及长期预后的有效指标^[9],但关于 sACR 与脓毒症患者 28 d 全因病死率的关联及病情严重程度的相关性研究,目前仍较为匮乏。

基于此,本研究以急诊 ICU 及综合 ICU 的脓毒症患者作为研究对象,通过分析 sACR 与脓毒症患者病情严重程度的相关性,探讨其对脓毒症患者 28 d 预后的预测价值,旨在为临床提供一种简便、高效、可推广的脓毒症预后评估生物标志物,弥补当前临床脓毒症预后评估中缺乏简便有效指标的不足,为脓毒症患者的早期风险分层、个体化治疗决策提供客观的参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用回顾性队列研究方法,选择 2023 年 10 月至 2024 年 10 月安徽医科大学第四附属医院急诊 ICU 及综合 ICU 收治的新发脓毒症患者作为研究对象。

1.1.1 纳入标准:符合 2016 年脓毒症 3.0 诊断标准,即存在感染或高度怀疑感染,且 SOFA 评分 ≥ 2 分。

1.1.2 排除标准:① 患者或家属拒绝参与本研究;② 年龄 <18 周岁;③ 入院 24 h 内未检测血清白蛋白和肌酐,无法计算 sACR;④ 妊娠期或哺乳期女性;⑤ 合并恶性肿瘤、血液系统疾病、免疫缺陷疾病;⑥ 合并肝硬化失代偿、慢性肾脏病 3 期及以上

等严重肝肾基础疾病。

1.2 伦理学：本研究经医院伦理委员会审批通过（审批号：KYXM202408-006），所有研究流程符合医学伦理学要求。

1.3 临床资料：收集患者的基线临床资料，包括年龄、性别；入院 24 h 内静脉血检测的实验室指标，包括白细胞计数（white blood cell count, WBC）、CRP、PCT、血清白蛋白、肌酐，其中血清白蛋白采用溴甲酚绿法检测，肌酐采用苦味酸法检测，计算 sACR；同时计算患者入院时 APACHE II 评分和 SOFA 评分。记录患者 28 d 的生存情况及生存时间。

1.4 研究分组：根据脓毒症严重程度将患者分为脓毒症组和脓毒性休克组，其中脓毒性休克组诊断标准为符合脓毒症 3.0 诊断标准，且经充分液体复苏后仍需使用血管升压药维持平均动脉压 ≥ 65 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa），或血乳酸 > 2 mmol/L；再根据 28 d 生存情况将患者分为存活组和死亡组。

1.5 统计学分析：采用 SPSS 21.0 统计软件进行数据分析。计量资料采用 Shapiro-Wilk 正态性检验，正态分布资料以均数 $\pm$ 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，两组间比较采用独立样本 t 检验；非正态分布资料以中位数（四分位数）[$M(Q_1, Q_3)$] 表示，两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数（构成比）表示，组间比较采用 χ^2 检验。以脓症患者 28 d

生存情况为因变量，以是否死亡为结局事件，综合临床意义、单因素分析、多重共线性检验共同筛选自变量，采用方差膨胀系数（variance inflation factor, VIF）评价多重共线性，采用前进法构建多因素 Cox 比例风险回归模型，分析脓症患者预后的独立影响因素，模型先通过比例风险假定检验验证适用性。绘制受试者工作特征曲线（receiver operator characteristic curve, ROC 曲线），计算曲线下面积（area under the curve, AUC）、最佳截断值及对应的敏感度和特异度，评估 sACR 对脓症患者 28 d 全因病死率的预测价值。采用 DeLong 检验完成各指标 AUC 两两比较。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 患者一般资料比较（表 1~2）：共纳入 177 例新发脓症患者，其中脓毒症组 66 例，脓毒性休克组 111 例；存活组 94 例，死亡组 83 例。脓毒症组与脓毒性休克组年龄、WBC、CRP、PCT、APACHE II 评分、SOFA 评分及 sACR 水平差异均有统计学意义，其中脓毒症组 sACR 高于脓毒性休克组（均 $P < 0.05$ ），性别分布差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；存活组与死亡组 WBC、CRP、PCT、APACHE II 评分、SOFA 评分及 sACR 水平差异均有统计学意义，其中存活组 sACR 高于死亡组（均 $P < 0.05$ ），年龄和性别分布差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$ ）。

表 1 脓毒症组与脓毒性休克组 ICU 患者的一般资料比较

组别	例数 (例)	年龄[岁, $M(Q_1, Q_3)$]	男性 [例(%)]	WBC [$\times 10^9/L$, $M(Q_1, Q_3)$]	CRP (mg/L, $\bar{x} \pm s$)	PCT [ng/L, $M(Q_1, Q_3)$]	APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	SOFA 评分 [分, $M(Q_1, Q_3)$]	sACR [$M(Q_1, Q_3)$]
脓毒症组	66	68.71 (59.00, 80.00)	40 (60.6)	15.02 (8.63, 20.32)	1110.33 $\pm$ 610.85	19.09 (2.81, 27.89)	19.99 $\pm$ 9.11	7.08 (4.75, 9.00)	2.98 (1.82, 4.10)
脓毒性 休克组	111	62.73 (51.00, 76.00)	66 (59.5)	19.45 (13.47, 24.83)	1610.90 $\pm$ 750.33	47.20 (14.70, 80.96)	22.81 $\pm$ 8.52	11.37 (8.00, 14.00)	2.26 (1.19, 3.08)
统计量值		$Z = -2.261$	$\chi^2 = 0.023$	$Z = -3.021$	$t = -4.842$	$Z = -5.315$	$t = -2.08$	$Z = -6.534$	$Z = -3.328$
P 值		0.024	0.880	0.003	0.001	0.001	0.039	0.001	0.001

注：ICU 为重症监护病房，WBC 为白细胞计数，CRP 为 C-反应蛋白，PCT 为降钙素原，APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II，SOFA 为序贯器官衰竭评分，sACR 为血清白蛋白 / 肌酐比值

表 2 存活组与死亡组 ICU 患者的一般资料比较

组别	例数 (例)	年龄[岁, $M(Q_1, Q_3)$]	男性 [例(%)]	WBC [$\times 10^9/L$, $M(Q_1, Q_3)$]	CRP [mg/L, $M(Q_1, Q_3)$]	PCT [ng/L, $M(Q_1, Q_3)$]	APACHE II 评分 (分, $M(Q_1, Q_3)$)]	SOFA 评分 [分, $M(Q_1, Q_3)$]	sACR [$M(Q_1, Q_3)$]
存活组	94	63.55 (52.75, 77.00)	51 (54.3)	15.56 (8.63, 20.32)	127.49 (58.00, 190.59)	32.00 (3.33, 57.51)	16.86 (11.00, 21.25)	7.54 (5.00, 10.00)	3.17 (1.87, 4.20)
死亡组	83	66.55 (54.00, 80.00)	55 (66.3)	20.34 (13.47, 24.83)	160.66 (110.00, 214.63)	42.06 (14.50, 73.84)	27.30 (22.00, 32.00)	12.29 (10.00, 16.00)	1.80 (0.95, 2.25)
统计量值		$Z = -1.548$	$\chi^2 = 2.647$	$Z = -4.255$	$Z = -2.928$	$Z = -2.561$	$Z = -8.036$	$Z = -7.304$	$Z = -6.073$
P 值		0.122	0.104	0.001	0.003	0.010	0.001	0.001	0.001

注：ICU 为重症监护病房，WBC 为白细胞计数，CRP 为 C-反应蛋白，PCT 为降钙素原，APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II，SOFA 为序贯器官衰竭评分，sACR 为血清白蛋白 / 肌酐比值

2.2 脓毒症患者 28 d 预后的影响因素 (表 3): 以 28 d 生存情况为因变量, 是否死亡为结局事件, 结合临床意义、单因素分析及 VIF 共线性检验筛选自变量, 最终将 CRP、PCT、APACHE II 评分、SOFA 评分和 sACR 纳入多因素 Cox 回归模型。多重共线性检验显示, 所有纳入变量 VIF 均 <5 , 不存在统计学多重共线性。CRP、APACHE II 评分、SOFA 评分为脓毒症患者 28 d 全因死亡的独立危险因素, sACR 为脓毒症患者 28 d 全因死亡的独立保护因素 (均 $P < 0.05$)。

表 3 影响脓毒症患者 28 d 预后的单因素和多因素 Cox 回归分析

指标	单因素分析		多因素分析	
	HR 值 (95%CI)	P 值	HR 值 (95%CI)	P 值
年龄	1.007 (0.993 ~ 1.022)	0.302		
性别	1.325 (0.840 ~ 2.089)	0.227		
WBC	1.024 (1.008 ~ 1.041)	0.003		
CRP	1.004 (1.001 ~ 1.007)	0.005	1.004 (1.001 ~ 1.007)	0.043
PCT	1.007 (1.001 ~ 1.014)	0.017	0.993 (0.985 ~ 1.001)	0.087
APACHE II 评分	1.101 (1.076 ~ 1.126)	<0.001	1.078 (1.049 ~ 1.108)	<0.001
SOFA 评分	1.209 (1.149 ~ 1.273)	<0.001	1.105 (1.027 ~ 1.189)	0.008
sACR	0.584 (0.483 ~ 0.707)	0.001	0.795 (0.646 ~ 0.978)	0.030

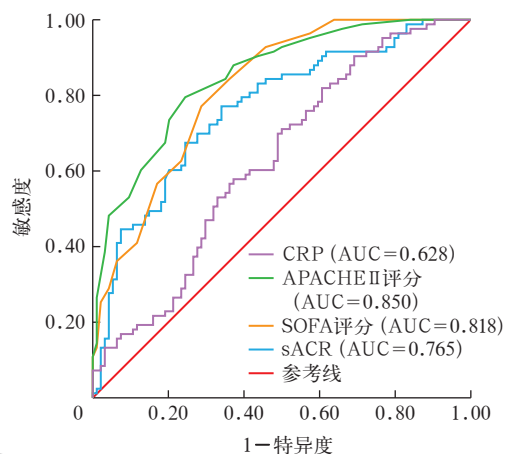
注: 纳入模型所有变量方差膨胀系数 (VIF) 均 <5 , 无多重共线性; WBC 为白细胞计数, CRP 为 C-反应蛋白, PCT 为降钙素原, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, SOFA 为序贯器官衰竭评分, sACR 为血清白蛋白 / 肌酐比值, HR 为风险比, 95%CI 为 95% 置信区间; 空白代表无此项

2.3 sACR 对脓毒症患者预后的预测价值: ROC 曲线分析显示 (表 4; 图 1), CRP、APACHE II 评分、SOFA 评分和 sACR 对脓毒症患者 28 d 全因病死亡率有一定预测价值, 其中 sACR 的 AUC=0.765, 最佳截断值为 2.446, 对应敏感度为 66.0%、特异度为 77.1%。采用 DeLong 检验对各参数的 AUC 进行比较 (表 5), 结果显示, sACR 与 SOFA 评分的预测效能相近, 优于 CRP, 但差于 APACHE II 评分。

表 4 各指标对脓毒症患者 28 d 预后的预测效能

指标	AUC (95%CI)	约登指数	最佳截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)
CRP	0.628 (0.546 ~ 0.709)	0.213	99.73 mg/L	81.9	39.4
APACHE II 评分	0.850 (0.795 ~ 0.905)	0.550	21.50 分	79.5	75.5
SOFA 评分	0.818 (0.757 ~ 0.878)	0.484	9.50 分	77.1	71.3
sACR	0.765 (0.695 ~ 0.835)	0.431	2.446	66.0	77.1

注: CRP 为 C-反应蛋白, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, SOFA 为序贯器官衰竭评分, sACR 为血清白蛋白 / 肌酐比值, AUC 为曲线下面积, 95%CI 为 95% 置信区间



注: CRP 为 C-反应蛋白, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, SOFA 为序贯器官衰竭评分, sACR 为血清白蛋白 / 肌酐比值, ROC 曲线为受试者工作特征曲线, AUC 为曲线下面积

图 1 各指标预测脓毒症患者 28 d 预后的 ROC 曲线

表 5 脓毒症患者 CRP、APACHE II 评分和 SOFA 评分与 sACR 的 AUC 比较

指标	AUC 差值 (95%CI)	标准误差	Z 值	P 值
CRP	0.137 (0.042 ~ 0.232)	0.048	2.834	0.005
APACHE II 评分	0.085 (0.005 ~ 0.166)	0.041	2.084	0.037
SOFA 评分	0.053 (-0.022 ~ 0.128)	0.038	1.387	0.165

注: CRP 为 C-反应蛋白, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, SOFA 为序贯器官衰竭评分, sACR 为血清白蛋白 / 肌酐比值, AUC 为曲线下面积, 95%CI 为 95% 置信区间

3 讨论

本研究结果证实, sACR 与脓毒症患者病情严重程度呈显著负相关, 脓毒性休克组 sACR 水平显著低于单纯脓毒症组, 且死亡组 sACR 水平远低于存活组; 多因素 Cox 比例风险回归分析显示, sACR 是脓毒症患者 28 d 全因死亡的独立保护因素, 这一结果表明 sACR 可同步反映脓毒症患者的营养状态、肾功能损伤及全身炎症反应程度, 能够为临床分层评估脓毒症病情严重程度、预判短期预后提供客观参考指标, 具备较好的临床应用价值。Lin 等^[10]一项探讨 ICU 患者 28 d 死亡危险因素的多中心研究表明, sACR 与 ICU 患者 28 d 死亡风险密切相关, 且 sACR 可能作为高风险人群的早期预警指标, 与本研究结论一致。而本研究进一步明确了 sACR 与脓毒症病情严重程度的关联性, 弥补了现有研究的不足。

脓毒症的核心病理生理改变为感染引发的全身炎症反应综合征及继发的多器官功能损伤, 而 sACR 的两个构成指标均与脓毒症的病理进程密切相关。血清白蛋白作为人体最主要的血浆蛋白, 不仅是机

体营养状态的核心评价指标,更在抗炎、抗氧化、维持血管内皮完整性中发挥关键作用^[5]。脓毒症状态下,机体处于过度炎症激活状态,肿瘤坏死因子、白细胞介素等炎症因子大量释放驱动炎症级联放大并损伤血管内皮屏障,炎症导致毛细血管渗漏综合征,使血清白蛋白大量外渗至组织间隙,导致分布性低蛋白血症,同时炎症抑制肝脏合成功能、加速白蛋白降解,共同导致低蛋白血症的发生^[6];而白蛋白具有的抗氧化特性可通过清除机体产生的氧自由基、抑制脂质过氧化反应,减轻脓毒症引发的内皮功能障碍和器官损伤^[11]。研究证实,血清白蛋白水平降低与脓毒症患者的炎症程度、器官衰竭发生率及病死率呈正相关^[7, 12],其水平变化可直接反映脓毒症患者的全身炎症反应调控能力和组织损伤修复潜力。肌酐是诊断 AKI 的金标准^[8]。脓毒症相关 AKI 是脓症患者常见并发症之一,发生率高达 50%,其本质是肾灌注不足、炎症介质损伤及氧化应激共同作用的结果,而 AKI 的发生又会进一步加重脓毒症患者的全身代谢紊乱和多器官功能衰竭,显著增加死亡风险^[13]。白蛋白下降与肾功能损伤常在脓毒症病程中同步进展,单一指标仅能反映局部病理环节,难以兼顾两者交互影响。sACR 将白蛋白的营养-抗炎-抗氧化特性与肌酐的肾功能评估价值相结合,整合了机体炎症损伤、内皮功能状态及肾功能损伤等多重病理信息,相较于单一指标,可有效规避单一标志物评估的局限性,更能全面、立体地反映脓毒症患者的全身病理生理紊乱程度与病情进展状态,这也是其能有效评估脓症患者病情严重程度和远期预后的核心机制。

作为一种新型复合生物标志物,sACR 在多种急危重症的预后评估中已得到广泛验证与认可,具备良好的普适性临床应用价值。Guo 等^[14]一项针对老年心力衰竭患者血清白蛋白/肌酐比值与再入院关系的研究显示,sACR 水平降低是老年心力衰竭患者再入院和死亡的独立危险因素,其可反映心力衰竭患者的营养状态、肾功能损伤及心肌重构程度;Nseir 等^[15]证实,sACR 能有效预测难治性艰难梭状芽孢杆菌相关腹泻患者的 30 d 全因病死率,指标变化与患者的肠道黏膜损伤、全身炎症反应及营养状况密切相关;Wang 等^[9]的美国重症监护医学信息数据库 IV (Medical Information Mart for Intensive Care-IV, MIMIC-IV) 的回顾性分析显示,sACR 是重症急性胰腺炎患者短期和长期全因死亡的独立危险

因素,其水平与患者的胰腺坏死程度、全身炎症反应综合征发生率及器官衰竭数量呈负相关。上述多项研究充分证明,sACR 可跨病种评估急危重症患者的病情与预后,稳定性和可靠性较强。本研究将 sACR 的应用拓展至脓毒症领域,证实其与脓毒症患者的短期预后密切相关,与既往研究结论保持一致。sACR 作为一项临床常规检验即可获取、计算简便且成本低廉的复合指标,可在多种急危重症中实现对患者全身病理生理状态的综合性评估。其核心临床价值在于突破了传统单一生物标志物仅能反映单一病理损伤环节的局限性,有效整合炎症、营养、器官功能损伤等多维度病理信息,可为重症患者的病情分层及预后判断提供全面、可靠的参考依据。

本研究显示,脓毒性休克组 sACR 水平显著低于脓毒症组,提示 sACR 可作为早期识别脓毒症严重程度的有效指标。脓毒性休克阶段的核心特征为严重的血管内皮功能障碍、微循环灌注不足及顽固性低血压,此时患者的低蛋白血症程度更重,且 AKI 发生率显著升高^[1],二者共同导致 sACR 水平大幅下降。ROC 曲线分析显示,APACHE II 评分预测脓症患者 28 d 预后的 AUC=0.850,效能最优;SOFA 评分次之(AUC=0.818);sACR 的 AUC=0.765,与 SOFA 评分预测效能相近,且显著优于 CRP,具有中等偏上的预测价值。sACR 最佳截断值为 2.446,特异度达 77.1%,这一结果提示,临床中可将 sACR 作为脓症患者病情分层的参考指标,且评估效能等同于 SOFA 评分,虽略逊于 APACHE II 评分,但 sACR 的计算仅依赖于临床常规检测的血清白蛋白和肌酐指标,无需额外的检测成本和时间,相较于 APACHE II 等复杂评分系统,更适合在急诊和 ICU 的快速病情评估中应用,尤其在医疗资源有限的基层医疗机构,具有更高的临床实用价值。

现有研究已证实多种生物标志物可用于脓毒症的预后评估,如 PCT、CRP、乳酸等,但其均存在一定局限性。PCT 和 CRP 虽能灵敏反映机体早期全身炎症反应程度,但特异性不足,在脓毒症晚期炎症趋于平稳或患者合并基础性慢性炎症、自身免疫性疾病时,其预测价值会显著下降^[16];乳酸可有效反映机体组织灌注与缺氧状态,但易受肝肾功能、机体代谢水平及乳酸清除能力等多种混杂因素干扰,评估稳定性有限^[17]。而 sACR 作为新型复合指标,与传统炎症指标、单一器官功能指标形成良好互补。本研究多因素 Cox 回归分析结果也证实,CRP、

APACHE II 评分、SOFA 评分为脓毒症患者预后的独立危险因素,而 sACR 为独立保护因素,进一步印证 sACR 可作为可靠的新型评估指标,有效弥补传统标志物的评估短板。

本研究仍存在一定的局限性:① 本研究为单中心回顾性队列研究,样本仅来自单家三甲医院 ICU,加之严格的纳排标准剔除了合并严重肝肾疾病、恶性肿瘤、免疫缺陷等人群,存在一定选择偏倚,研究结论外推至其他层级医院及特殊人群受到限制。虽经样本量核算,177 例样本及 83 例死亡事件可满足统计分析要求,但仍需多中心、大样本前瞻性研究进一步验证结论。② 本研究仅检测患者入院 24 h 的基线 sACR 水平,未开展入院后 24 h 和 72 h 等时间点的动态监测。受回顾性病历检验数据限制,本研究缺乏标准化连续复查数据,无法分析 sACR 动态变化规律,难以明确指标动态趋势对病情演变的预警价值。③ 本研究仅以 28 d 全因病死率作为单一预后指标,未纳入 ICU 住院时间、机械通气时间、器官功能恢复等多维度过程性指标。因部分患者存在转科、转诊,通气时长、器官功能评估记录缺失等,无法标准化提取相关数据,评价维度存在局限,难以全面反映患者远期恢复情况。④ 本研究未探讨营养支持、肾脏替代治疗等临床干预措施对 sACR 水平的影响,上述干预可直接改变血清白蛋白与肌酐水平,相关干预因素可能对指标评估效能产生干扰,后续研究需校正此类混杂因素。

综上, sACR 作为一种新型复合生物标志物,对脓毒症患者的病情严重程度及预后评估具有潜在的辅助预测价值。sACR 基于临床常规检测指标计算,具有操作简单、成本低廉、结果易得的优势,可在临床中快速应用,为脓毒症患者的早期病情分层、预后评估和治疗决策提供客观参考依据。未来需开展多中心、大样本的前瞻性研究,进一步验证 sACR 对脓毒症患者预后的预测价值,探讨其动态变化规律及其与其他生物标志物的联合应用效果,构建更精准的脓毒症预后预测模型,为脓毒症的个体化诊疗提供新的思路和方法。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 包志远: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草文章、统计分析; 李鹏: 酝酿和设计实验、采集数据、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析、支持性贡献; 张琳: 实施研究,对文章的知识性内容作批评性审阅,行政、技术或材料支持、指导、支持性贡献

参考文献

- [1] Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3)[J]. JAMA, 2016, 315(8): 801-810. DOI: 10.1001/jama.2016.0287.
- [2] Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990-2017: analysis for the Global Burden of Disease Study[J]. Lancet, 2020, 395(10219): 200-211. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32989-7.
- [3] Mayr FB, Yende S, Angus DC. Epidemiology of severe sepsis[J]. Virulence, 2014, 5(1): 4-11. DOI: 10.4161/viru.27372.
- [4] Hotchkiss RS, Moldawer LL, Opal SM, et al. Sepsis and septic shock[J]. Nat Rev Dis Primers, 2016, 2: 16045. DOI: 10.1038/nrdp.2016.45.
- [5] Ferrer R, Mateu X, Masada E, et al. Non-oncotic properties of albumin. A multidisciplinary vision about the implications for critically ill patients[J]. Expert Rev Clin Pharmacol, 2018, 11(2): 125-137. DOI: 10.1080/17512433.2018.1412827.
- [6] Hariri G, Joffre J, Deryckere S, et al. Albumin infusion improves endothelial function in septic shock patients: a pilot study[J]. Intensive Care Med, 2018, 44(5): 669-671. DOI: 10.1007/s00134-018-5075-2.
- [7] Murat SN, Kurtul A, Yarlioglu M. Impact of serum albumin levels on contrast-induced acute kidney injury in patients with acute coronary syndromes treated with percutaneous coronary intervention[J]. Angiology, 2015, 66(8): 732-737. DOI: 10.1177/0003319714551979.
- [8] Luo XX, Liu DY, Li CC, et al. The predictive value of the serum creatinine-to-albumin ratio (sCAR) and lactate dehydrogenase-to-albumin ratio (LAR) in sepsis-related persistent severe acute kidney injury[J]. Eur J Med Res, 2025, 30(1): 25. DOI: 10.1186/s40001-024-02269-6.
- [9] Wang JJ, Li H, Luo HW, et al. Association between serum creatinine to albumin ratio and short- and long-term all-cause mortality in patients with acute pancreatitis admitted to the intensive care unit: a retrospective analysis based on the MIMIC-IV database[J]. Front Immunol, 2024, 15: 1373371. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1373371.
- [10] Lin WG, Fu C, Miao JW, et al. Association between the serum albumin-creatinine ratio and 28-day intensive care unit mortality among patients with sepsis: a multicenter retrospective cohort study[J]. Front Med (Lausanne), 2024, 11: 1484370. DOI: 10.3389/fmed.2024.1484370.
- [11] Taverna M, Marie AL, Mira JP, et al. Specific antioxidant properties of human serum albumin[J]. Ann Intensive Care, 2013, 3(1): 4. DOI: 10.1186/2110-5820-3-4.
- [12] 张静静, 金旭婷, 李若寒, 等. ICU 住院期间平均血清白蛋白水平和患者预后的相关性分析——一项多中心回顾性队列研究[J]. 中国急救医学, 2022, 42(6): 476-480. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2022.06.003.
- [13] Cooperative Antimicrobial Therapy of Septic Shock (CATSS) Database Research Group. Acute kidney injury in septic shock: clinical outcomes and impact of duration of hypotension prior to initiation of antimicrobial therapy[J]. Intensive Care Med, 2009, 35(5): 871-881. DOI: 10.1007/s00134-008-1367-2.
- [14] Guo LL, Liu L, Li TW, et al. Association between serum albumin-to-creatinine ratio and readmission in elderly heart failure patients: a retrospective cohort study[J]. Gerontology, 2025, 71(1): 28-38. DOI: 10.1159/000542616.
- [15] Nseir W, Njida J, Amara A, et al. Serum albumin to creatinine ratio as predictor for 30-day all-cause mortality in patients with Clostridium Difficile-associated Diarrhea[J]. Ann Clin Lab Sci, 2021, 51(4): 557-561.
- [16] Schuetz P, Albrich W, Mueller B. Procalcitonin for diagnosis of infection and guide to antibiotic decisions: past, present and future[J]. BMC Med, 2011, 9: 107. DOI: 10.1186/1741-7015-9-107.
- [17] Nguyen HB, Rivers EP, Knoblich BP, et al. Early lactate clearance is associated with improved outcome in severe sepsis and septic shock[J]. Crit Care Med, 2004, 32(8): 1637-1642. DOI: 10.1097/01.ccm.0000132904.35713.a7.

(收稿日期: 2026-03-18)

(本文编辑: 张耘菲)