·临床研究·

钙卫蛋白联合尿肾损伤分子 1 对脓毒症患者急性肾损伤早期预测与预后评估的临床价值

赖宇洁　刘霞　陈佳　屈小伶
首都医科大学附属北京友谊医院医疗保健中心内科，北京 100050
通信作者：赖宇洁，Email：lyyy01988@163.com

【摘要】 目的　探讨钙卫蛋白（calprotectin，CP）联合尿肾损伤分子 1（kidney injury molecule-1，KIM-1）对脓毒症患者急性肾损伤（acute kidney injury，AKI）的预测价值与预后评估。**方法**　回顾性选取 2022 年 1 月至 2025 年 2 月于首都医科大学附属北京友谊医院诊治的 200 例脓毒症患者作为研究对象，按照脓毒症患者住院期间有无出现 AKI 分为 AKI 组（n=71）和非 AKI 组（n=129）；参照 AKI 分期标准，Ⅰ期定义为轻度 AKI 组（n=44）、Ⅱ～Ⅲ期定义为重度 AKI 组（n=27）；并根据患者 28 d 预后情况将 AKI 组分为死亡组（n=21）和生存组（n=50）。比较各组患者 CP、KIM-1、急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ（acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ，APACHE Ⅱ）、序贯器官衰竭评分（sequential organ failure assessment，SOFA）的水平；采用受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve，ROC 曲线）分析 CP、KIM-1 及两项联合参数预测脓毒症患者发生 AKI 的曲线下面积（area under curve，AUC）、敏感度及特异度；采用 Pearson 法分析 CP、KIM-1 与 APACHE Ⅱ、SOFA 的相关性，采用 Spearman 法分析 CP、KIM-1 与 AKI 分期的相关性；采用 Cox 回归风险模型分析 CP、KIM-1 对脓毒症并发 AKI 患者 28 d 预后的影响。**结果**　AKI 组患者 APACHE Ⅱ［（16.17±4.09）分比（13.30±2.44）分］、SOFA［（5.42±1.46）分比（3.40±1.11）分］、血清 CP［（150.55±26.07）μg/L 比（128.79±24.09）μg/L］、尿 KIM-1［（42.72±9.90）ng/L 比（33.76±10.64）ng/L］均高于非 AKI 组（P<0.05）。重度 AKI 组患者血清 CP［（159.67±31.40）μg/L 比（144.94±20.63）μg/L］、尿 KIM-1［（48.42±10.76）ng/L 比（39.22±7.52）ng/L］、APACHE Ⅱ［（18.04±4.83）分比（15.02±3.09）分］、SOFA［（6.22±1.50）分比（4.93±1.21）分］均高于轻度 AKI 组患者（P<0.05）。死亡组患者的 CP［（169.52±27.84）μg/L 比（142.57±20.86）μg/L］、KIM-1［（48.09±8.70）ng/L 比（40.46±9.57）ng/L］均高于生存组（P<0.05）；两组患者 APACHE Ⅱ、SOFA 比较，差异无统计学意义（P>0.05）。ROC 曲线分析显示，CP、KIM-1 及两项联合预测脓毒症患者发生 AKI 的 AUC 分别为 0.734、0.754、0.872。相关性分析显示，CP、KIM-1 与 APACHE Ⅱ评分、SOFA 评分、AKI 分期呈正相关（r=0.494、0.325，sp=0.250、0.459，P<0.05）。Cox 回归风险分析显示，CP、KIM-1 是脓毒症并发 AKI 患者 28 d 预后的独立影响因素（P<0.05）。**结论**　CP、KIM-1 在脓毒症并发 AKI 患者中呈异常升高趋势，且其表达水平会随 AKI 严重程度升高而增加，监测 CP、KIM-1 水平变化有助于预测脓毒症患者并发 AKI，且 CP 联合 KIM-1 的预测效能更高，对指导临床防治 AKI 具有积极作用。

【关键词】 钙卫蛋白；尿肾损伤分子 1；脓毒症；急性肾损伤
DOI：10.3969/j.issn.1671-2390.2026.10.007

Clinical value of calprotectin combined with urinary kidney injury molecule-1 for early prediction and prognostic assessment of acute kidney injury in patients with sepsis

Lai Yu-jie, Liu Xia, Chen Jia, Qu Xiao-ling
Department of Internal Medicine, Medical and Health Care Center of Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, *China*

Corresponding author: *Lai Yu-jie*, *Email*: *lyyy*01988@163. *com*

【Abstract】 **Objective** To investigate the predictive value and prognostic assessment role of calprotectin (CP) combined with urinary kidney injury molecule-1 (KIM-1) for acute kidney injury (AKI) in patients with sepsis. **Methods** A retrospective study enrolled 200 patients with sepsis treated at Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, from January 2022 to February 2025. Patients were divided into an AKI group (n=71) and a non-AKI group (n=129) according to whether AKI occurred during hospitalization. According to the AKI staging criteria, stage Ⅰ was defined as mild AKI (n=44), while stages Ⅱ-Ⅲ were defined as severe AKI (n=27). Based on 28-day outcomes in the AKI group, patients were further divided into a death group (n=21) and a survival group (n=50). CP, KIM-1, acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ (APACHE Ⅱ), and sequential organ failure assessment (SOFA) levels were compared among the groups. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to assess the area under the curve (AUC), sensitivity, and specificity for CP, KIM-1, and the combined indicators in predicting AKI in patients with sepsis. Pearson analysis was used to evaluate correlations between CP, KIM-1 and APACHE Ⅱ/SOFA, and Spearman analysis was used to assess correlations between CP, KIM-1 and AKI stage. A Cox regression risk model was used to analyze the effect of CP and KIM-1 on 28-day prognosis in sepsis patients with AKI. **Results** Compared with the non-AKI group, the AKI group showed higher APACHE Ⅱ (16.17±4.09 *vs* 13.30±2.44) and SOFA (5.42±1.46 *vs* 3.40±1.11) as well as higher serum CP ([150.55±26.07] μg/L *vs* [128.79±24.09] μg/L) and urinary KIM-1 ([42.72±9.90] ng/L *vs* [33.76±10.64] ng/L) (P<0.05). Compared with the mild AKI group, the severe AKI group had higher serum CP ([159.67±31.40] μg/L *vs* [144.94±20.63] μg/L), urinary KIM-1 ([48.42±10.76] ng/L *vs* [39.22±7.52] ng/L), APACHE Ⅱ (18.04±4.83 *vs* 15.02±3.09), and SOFA (6.22±1.50 *vs* 4.93±1.21) (P<0.05). Compared with the survival group, the death group had higher CP ([169.52±27.84] μg/L *vs* [142.57±20.86] μg/L) and KIM-1 ([48.09±8.70] ng/L *vs* [40.46±9.57] ng/L) (P<0.05), while there were no statistically significant differences between the two groups in APACHE Ⅱ and SOFA (P>0.05). ROC curve analysis showed AUC values for CP, KIM-1, and the combined indicators in predicting AKI in patients with sepsis of 0.734, 0.754, and 0.872, respectively. Correlation analysis showed that CP and KIM-1 were positively correlated with APACHE Ⅱ score, SOFA score, and AKI stage (r=0.494, 0.325; sp=0.250, 0.459; P<0.05). Cox regression risk analysis indicated that CP and KIM-1 were independent factors affecting 28-day prognosis in sepsis patients with AKI (P<0.05). **Conclusion** CP and KIM-1 are abnormally elevated in sepsis patients with AKI, and their expression levels increase with the severity of AKI. Monitoring changes in CP and KIM-1 can help predict AKI in patients with sepsis, and the combined predictive performance of CP with KIM-1 is higher. This has positive significance for guiding the clinical prevention and treatment of AKI.

【Key words】 Calprotectin; Urinary kidney injury molecule-1; Sepsis; Acute kidney injury

DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2026.10.007

急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)为脓毒症患者的常见并发症[1]。据国外相关研究报道,脓毒症患者的AKI发生率高达57.40%[2],且随着AKI的继发,脓毒症患者的病死率也会显著升高。有研究指出,脓毒症合并AKI患者的病死率为25.80%,显著高于单纯脓毒症患者的病死率5.60%[3]。在此情况下,早期识别并诊断脓毒症患者继发AKI显得尤为重要。目前,临床对于AKI的诊断主要依赖血肌酐(serum creatinine, Scr)和尿量,但Scr的升高通常发生在肾小球滤过率下降50%之后,尿量则易受利尿剂、容量状态等因素影响,并且尿量减少在AKI的早期阶段不明显,故均有可能延误AKI早期诊断,进而影响临床早期治疗。钙卫蛋白(calprotectin, CP)是一种钙结合蛋白,其表达水平与全身炎症反应强度密切相关。脓毒症是由感染所引起的全身炎症反应综合征,在炎症反应的作用下可使肾脏损伤,加剧炎症反应。因此,本研究认为检测CP水平变化对预测脓毒症患者发生AKI具有一定价值。据李俊玉等[4]研究报道,CP预测脓毒症患者发生AKI的曲线下面积(area under the curve, AUC)为

0.716。考虑到CP预测脓毒症患者发生AKI的AUC低于0.800，预测效能一般，本研究将CP与肾损伤分子1（kidney injury molecule-1，KIM-1）联合，以此提高预测效能。KIM-1为临床评估肾脏损伤的常用指标，除能早期反映肾损伤外，其水平还与肾损伤严重程度呈正相关。据既往研究报道，KIM-1预测AKI的AUC为0.771[5]，同样低于0.800，这表明单独依靠KIM-1预测AKI也存在一定的局限性。因此，本研究提出CP联合KIM-1来评估AKI。但对于上述两种指标联合预测AKI的AUC、敏感度及特异度如何，尚无研究报道。为进一步明确CP联合KIM-1的预测效能，本研究纳入200例脓毒症患者进行回顾性分析，旨在探讨两者联合对脓毒症患者发生AKI的预测价值，并分析其对脓毒症并发AKI患者预后的影响。

对象与方法

一、研究对象

采用二元响应（AKI与非AKI）的样本量计算公式$n=\frac{Z_{1-a/2}^2\times P(1-P)}{E^2}$，其中$Z_{1-a}$=1.96是置信水平的临界值，$P$是预期比例，$E$是误差容限。依据戎珊等[6]研究中指出741例脓毒症患者中有335例患者发生AKI，P_0=0.4521，故临床预估26例脓毒症患者中，有10例患者发生AKI，AKI比例为P_1=0.3846，假设E为两者的概率差0.0675，由此可以计算出样本量n=209，其中有9例缺损数据，最终本研究纳入200例患者。

选取2022年1月至2025年2月于首都医科大学附属北京友谊医院诊治的200例脓毒症患者作为研究对象。脓毒症诊断标准：符合《第三版脓毒症与感染性休克定义国际共识》[7]中拟定的脓毒症和脓毒症休克的诊断标准。AKI诊断标准：符合《急性肾损伤诊断与分类专家共识》[8]中拟定的AKI诊断标准，在48 h内Scr升高≥26.5 μmol/L，或7 d内Scr水平升高≥1.5倍基线值，或尿量＜0.5 mL·kg^{-1}·h^{-1}超过6 h。肾损伤程度判定标准：参考AKI分期，以AKIⅠ期判定为轻度AKI，Ⅱ～Ⅲ期判定为重度AKI。纳入标准：（1）符合脓毒症的诊断标准；（2）年龄＞18岁；（3）既往无AKI病史；（4）临床资料齐全。排除标准：（1）合并慢性肾功能不全；（2）合并高血压肾病或糖尿病肾脏疾病；（3）既往接受过肾脏手术；（4）近期3个月内接受过糖皮质激素类或免疫抑制剂及抗生素类治疗。本研究经首都医科大学附属北京友谊医院伦理委员会审批（审批号：2022-P2-024-01）。

二、研究方法

1. 分组　所有患者按照住院期间有无出现AKI分为AKI组（n=71）和非AKI组（n=129）。参照《急性肾损伤诊断与分类专家共识》分期标准，将AKI组患者进一步分为轻度组（Ⅰ期，n=44）和重度组（Ⅱ～Ⅲ期，n=27）。根据患者入院后28 d随访预后情况，将AKI组患者分为生存组（n=50）和死亡组（n=21）。

2. 一般资料收集　通过查阅病历资料，采用Excel表格收集并统计患者的一般资料，包括性别、年龄、体重指数（body mass index，BMI）、病程、病情分级、糖尿病病史、高血压史、治疗前急性生理与慢性健康状况评分Ⅱ（acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ，APACHE Ⅱ）、序贯器官衰竭评分（sequential organ failure assessment，SOFA）、血清CP、尿KIM-1水平等。

3. CP、KIM-1水平测定　于入院次日采集患者静脉血5 mL和24 h尿液标本10 mL。尿标本经3500 r/min离心10 min，离心半径7 cm；血标本在2000×g离心力下，离心5 min，离心半径10 cm；取上清液在4 ℃环境下暂存。采用酶联免疫吸附试验法测定CP、KIM-1水平，试剂盒购于上海江莱生物科技有限公司。

4. APACHE Ⅱ和SOFA　于入院次日评估患者的APACHE Ⅱ和SOFA。APACHE Ⅱ的评估内容由急性生理学评分、年龄评分和慢性健康评分三部分组成，总分为0～71分，得分越高表示病情越重[9]。SOFA的评估内容由6个系统组成，每个系统0～4分，总分为24分，得分越高表示器官功能障碍越严重[10]。

三、统计学方法

采用SPSS 22.0软件进行分析。符合正态分布的计量资料用$\bar{x}\pm s$表示，行独立样本t检验；分类变量以例（%）表示，行χ^2检验。采用多因素Logistic回归模型构建CP联合KIM-1预测脓毒症患者发生AKI的两项联合参数；采用受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve，ROC曲线）分析CP、KIM-1及两项联合参数预测脓毒症患者发生AKI的AUC、敏感度及特异度；采用Pearson法分析CP、KIM-1与APACHE Ⅱ、SOFA的相关性；采用Spearman法分析CP、KIM-1与AKI分期的相关性；采用Cox回归风险模型分析CP、KIM-1对脓毒症并发AKI患者28 d预后的影响。P＜0.05认为差

异有统计学意义。

结　果

一、AKI组和非AKI组患者一般资料比较

AKI组和非AKI组患者性别、年龄、BMI、病程、病情分级、糖尿病病史、高血压史等基线资料比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。AKI组患者APACHE Ⅱ、SOFA、CP、KIM-1水平均高于非AKI组（$P<0.05$）。（表1）

二、AKI轻度组和重度组患者指标比较

AKI重度组患者CP、KIM-1、APACHE Ⅱ、SOFA均高于轻度组（$P<0.05$）。（表2）

三、死亡组和生存组患者指标比较

死亡组患者CP、KIM-1水平均高于生存组（$P<0.05$）。死亡组患者APACHE Ⅱ、SOFA高于生存组，但差异无统计学意义（$P>0.05$）。（表3）

四、CP与KIM-1对AKI的预测效能分析

以是否出现AKI为因变量（是=1，否=0），血清CP、尿KIM-1为协变量，纳入多因素Logistic回归模型中分析构建CP联合KIM-1预测脓毒症患者发生AKI的两项联合参数：$P=\frac{1}{1-e^{-(-8.107+0.034\times CP+0.074\times KIM-1)}}$，式中血清CP单位为μg/L，尿KIM-1单位为ng/L；P值范围为0～1，数值越高提示AKI发生风险越大。经ROC曲线分析，CP、KIM-1及两者联合预测脓毒症患者发生AKI的AUC分别为0.734、0.754、0.872。（表4、图1）

五、血清CP、尿KIM-1与各临床指标的相关性分析

相关性分析显示，血清CP、尿KIM-1与APACHE Ⅱ、SOFA、AKI分期呈正相关（$P<0.05$）。（表5）

六、脓毒症并发AKI患者28 d预后的Cox回归分析

以28 d预后为因变量，28 d生存时间为时间变

表1　AKI组和非AKI组患者一般资料的比较

Tab 1　Comparison of general data of patients in the AKI group and the non-AKI group

项目	AKI组（n=71）	非AKI组（n=129）	χ^2/t值	P值
性别[例(%)]			0.017	0.898
男	37(52.11)	66(51.16)		
女	34(47.89)	63(48.84)		
年龄(岁)	55.80±6.09	55.72±6.13	0.091	0.928
BMI(kg/m^2)	24.15±2.97	24.23±2.88	0.188	0.851
病程(d)	8.97±2.11	9.10±2.09	0.416	0.678
病情分级[例(%)]			0.013	0.910
脓毒症	59(83.10)	108(83.72)		
脓毒症休克	12(16.90)	21(16.28)		
糖尿病病史[例(%)]	12(16.90)	28(21.71)	0.661	0.416
高血压史[例(%)]	17(23.94)	32(24.81)	0.018	0.892
APACHE Ⅱ(分)	16.17±4.09	13.30±2.44	6.215	<0.001
SOFA(分)	5.42±1.46	3.40±1.11	10.986	<0.001
血清CP(μg/L)	150.55±26.07	128.79±24.09	5.935	<0.001
尿KIM-1(ng/L)	42.72±9.90	33.76±10.64	5.835	<0.001

注：AKI为急性肾损伤；BMI为体重指数；APACHE Ⅱ为急性生理与慢性健康状况评分Ⅱ；SOFA为序贯器官衰竭评分；CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1；数据形式除标注外，均为$\bar{x}\pm s$。

表2　AKI轻度组和重度组患者指标的比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab 2　Comparison of patient indicators between the mild AKI group and the severe AKI group（$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	血清CP(μg/L)	尿KIM-1(ng/L)	APACHE Ⅱ(分)	SOFA(分)
重度组	27	159.67±31.40	48.42±10.76	18.04±4.83	6.22±1.50
轻度组	44	144.94±20.63	39.22±7.52	15.02±3.09	4.93±1.21
t值	-	2.388	4.237	3.210	3.978
P值	-	0.020	<0.001	0.005	<0.001

注：AKI为急性肾损伤；APACHE Ⅱ为急性生理与慢性健康状况评分Ⅱ；SOFA为序贯器官衰竭评分；CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1。

表3　死亡组和生存组患者指标的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab 3　Comparison of patient indicators between the death group and the survival group($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	血清CP（μg/L）	尿KIM-1（ng/L）	APACHE Ⅱ（分）	SOFA（分）
死亡组	21	169.52±27.84	48.09±8.70	17.62±4.33	5.86±1.39
生存组	50	142.57±20.86	40.46±9.57	15.56±3.90	5.24±1.46
t值	-	4.486	3.144	1.977	1.645
P值	-	0.020	0.002	0.052	0.105

注：APACHE Ⅱ为急性生理与慢性健康状况评分Ⅱ；SOFA为序贯器官衰竭评分；CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1。

量，血清CP、尿KIM-1为协变量，纳入Cox回归风险模型中进行分析，结果显示血清CP、尿KIM-1是脓毒症并发AKI患者28 d预后的独立影响因素（$P<0.05$）。（表6）

讨　论

脓毒症是一种由感染引起的全身炎症反应综合征，在病原体入侵后，免疫系统过度激活，并释放大量炎症介质，导致全身炎症反应失控，进而引发多器官功能障碍，甚至发展为多器官功能衰竭[11]。其中，肾脏为脓毒症常累及的器官之一，例如AKI为脓毒症患者的常见并发症。据高洁等[12]研究报道，在脓毒症患者中，AKI的发生率高达35.04%，与本研究中脓毒症患者的AKI发生率为35.50%基本一致。目前临床对于脓毒症患者并发AKI的病理生理机制尚未完全阐明，认为可能与免疫炎症反应、氧化应激、血流动力学改变、肾小管上皮细胞损伤、微循环障碍等方面有关。在AKI的影响下，脓毒症患者预后不良的风险极有可能增加。贾萌等[13]研究指出，AKI的存在对脓毒症患者病死率的增加具有显著影响。在此情况下对脓毒症并发AKI患者进行早期诊断和早期治疗显得尤为重要，有利于改善患者预后。

CP是一种由中性粒细胞和单核细胞分泌的蛋白，参与了免疫反应和炎症过程。在脓毒症患者并发AKI过程中，CP表达呈显著升高趋势，这可能是因为脓毒症发生时，机体免疫系统被激活，大量促炎细胞因子释放，除能直接损伤肾小管上皮细胞和破坏肾小管结构及其功能外，还会进一步激活免疫细胞，放大炎症反应，通过引发微循环障碍和氧化应激，加剧对肾脏的损伤[14]。中性粒细胞和单核细胞是AKI的重要炎症效应细胞，其在肾脏损伤后的招募、活化与炎症反应的持续、放大密切相关，在中性粒细胞和单核细胞表达显著升高的影响下，CP水平也随之升高[15]。本研究结果显示，AKI组患者的CP水平显著高于非AKI组，且在不同肾损伤程度的脓毒症患者中，重度组患者的CP水平高于轻度组，提示CP参与了脓毒症并发AKI的过程。本研究作ROC曲线分析，发现血清CP预测脓毒症患者发生AKI的AUC为0.734，表明其对预测脓毒症患者并发AKI具有一定效能，但考虑到敏感度为59.20%相对较低，建议与其他指标联合，进而更准确地筛查出高危患者。

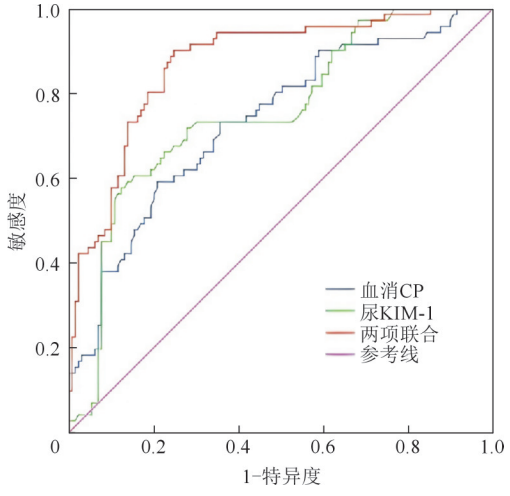
KIM-1是一种跨膜糖蛋白，为临床评估肾脏损伤的常用指标，在正常肾组织中几乎不表达或微弱表达，但当肾脏受损时，KIM-1表达显著升高，即在近端肾小管上皮细胞中呈高表达[16]。据临床研究发现，KIM-1可能具有双刃剑效应。一方面，KIM-1表达升高可能介导肾小管间质的炎症和纤维化，加重肾脏损伤[17]；另一方面，KIM-1表达升高可能通过调节细胞凋亡/存活信号通路，促进肾小管上皮细胞增殖、分化和抗凋亡，修复受损的肾小管[18]。同时，KIM-1也能特异性识别并结合凋亡细胞表面的磷脂酰丝氨酸，通过吞噬作用清除肾小管内的凋亡和坏死细胞，进而减轻炎症反应和组织损伤，并参与早期肾脏损伤、肾小管上皮细胞的修复和再生过程[19]。本研究通过对脓毒症患者入院后24 h内尿KIM-1表达水平进行检测，发现并发AKI患者的尿KIM-1水平显著高于未并发AKI的脓毒症患者，与黄楔山等[20]的研究结果较为相似，表明KIM-1参与

表4　CP、KIM-1及两者联合预测脓毒症患者发生AKI的效能分析(n=200)

Tab 4　Analysis of the performance of CP, KIM-1, and their combination in predicting the occurrence of AKI in patients with sepsis(n=200)

指标	AUC	标准误	P值	95%CI		截断值	约登指数	敏感度(%)	特异度(%)
				下限	上限				
血清CP	0.734	0.037	<0.001	0.661	0.807	148.650	0.383	59.20	79.10
尿KIM-1	0.754	0.036	<0.001	0.683	0.824	40.450	0.453	57.70	87.60
两者联合	0.872	0.026	<0.001	0.820	0.923	0.706	0.653	90.10	75.20

注：CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1；AKI为急性肾损伤；AUC为曲线下面积。



注：CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1；AKI为急性肾损伤；ROC曲线为受试者工作特征曲线。

图1　CP、KIM-1及两者联合预测脓毒症患者发生AKI的ROC曲线（n=200）

Fig 1　ROC curves of CP, KIM-1, and their combination for predicting the occurrence of AKI in patients with sepsis (n=200)

表5　血清CP、尿KIM-1与各临床指标的相关性分析（n=200）

Tab 5　Correlations of serum CP and urinary KIM-1 with clinical indicators (n=200)

指标	血清CP		尿KIM-1	
	r值	P值	r值	P值
APACHE Ⅱ	0.494	＜0.001	0.325	＜0.001
SOFA	0.495	＜0.001	0.510	＜0.001
AKI分期	0.250	0.036	0.459	＜0.001

注：AKI为急性肾损伤；APACHE Ⅱ为急性生理与慢性健康状况评分Ⅱ；SOFA为序贯器官衰竭评分；CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1。

表6　CP、KIM-1对脓毒症并发AKI患者28 d预后的Cox回归分析（n=71）

Tab 6　Cox regression analysis of the associations of CP and KIM-1 with 28-day prognosis in patients with sepsis complicated by AKI (n=71)

变量	B值	SE值	$Wald$值	P值	OR值	95%CI
CP（μg/L）	0.042	0.010	15.875	＜0.001	1.042	1.021～1.064
KIM-1（ng/L）	0.046	0.022	4.305	0.038	1.047	1.003～1.093

注：CP为钙卫蛋白；KIM-1为肾损伤分子1；AKI为急性肾损伤。

了脓毒症并发AKI的过程，且其表达水平与AKI分期呈正相关，对AKI的早期预测具有一定价值。本研究通过多因素Logistic回归模型构建CP联合KIM-1的两项联合参数，结果显示两者联合预测脓毒症患者发生AKI的AUC、敏感度及特异度分别为0.872、90.10%、75.20%。从AUC水平来看，CP联合KIM-1的预测效能高于王霞等[21]研究中KIM-1单独评估脓毒症合并AKI的AUC 0.749和姚倩等[22]研究中CP单独诊断AKI的AUC 0.716，提示CP联合KIM-1有利于提高预测效能。基于上述对CP、KIM-1的分析，本研究发现其水平的升高也可能会对患者预后产生不良影响。APACHE Ⅱ和SOFA为临床常用量表工具，可反映器官功能状态和病情严重程度。本研究相关性分析显示，CP、KIM-1水平与APACHE Ⅱ、SOFA呈正相关，表明CP、KIM-1对脓毒症并发AKI患者预后评估也具有一定价值。Cox回归风险分析也显示，CP、KIM-1是脓毒症并发AKI患者28 d预后的独立影响因素，进一步肯定了其对预后的影响。因此，本研究认为对脓毒症并发AKI患者检测CP、KIM-1水平变化十分必要，除能早期发现AKI外，还能评估预后，为患者选择个性化治疗方案提供参考。然而，在不同预后患者的APACHE Ⅱ、SOFA比较中发现差异无统计学意义，尽管从评分的趋势来看，死亡组患者的APACHE Ⅱ、SOFA相对高于生存组，但经统计学验证两者之间差异无统计学意义，这可能与本研究纳入死亡患者过少有关，后续还需扩大样本量进一步论证。

综上所述，CP、KIM-1的水平在脓毒症并发AKI患者中呈异常升高趋势，且其表达水平会随AKI严重程度而升高，监测CP、KIM-1水平变化有助于预测脓毒症患者并发AKI，且CP联合KIM-1的预测效能更高。本研究不足之处在于本研究为回顾性研究，纳入研究对象均为同一家医院，并且CP联合KIM-1预测脓毒症患者发生AKI的特异度相对较低（＜80%），可能与脓毒症并发AKI患者的样本量较少有关，未来还需扩大样本量，开展多中心、前瞻性队列研究进一步论证。

利益冲突　所有作者均声明没有利益冲突

参　考　文　献

[1] Crespo-Masip M, Goodluck HA, Kim YC, et al. ASK1 limits kidney glucose reabsorption, growth, and mid-late proximal tubule KIM-1 induction when diabetes and Western diet are combined with SGLT2 inhibition[J]. Am J Physiol Renal Physiol, 2025, 328(5): F662-F675. DOI: 10.1152/ajprenal.00031.2025.

[2] Chaengsuthiworawat P, Thampongsa T, Thamjamrassri T, et al. Dexmedetomidine and acute kidney injury in patients with sepsis: a retrospective cohort study[J]. Can J Anesth Can D'anesthésie, 2025, 72(6): 966-974. DOI: 10.1007/s12630-025-

02977-5.

[3] Ranganathan L, Nandagopal N, Annigeri R. Comparison of epidemiology and outcomes of acute kidney injury in critically ill patients with and without sepsis[J]. Indian J Crit Care Med, 2020, 24(4): 258-262. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-23386.

[4] 李俊玉, 刘慧珍, 王娜, 等. 钙卫蛋白对脓毒症患者急性肾损伤的预测价值[J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(2): 174-179. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.02.008.
Li JY, Liu HZ, Wang N, et al. Predictive value of calprotectin for acute kidney injury in patients with sepsis[J]. Chin J Emerg Med, 2023, 32(2): 174-179. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.02.008.

[5] 李敏, 马才林, 石志祥. 脓毒症患者KIM-1、EOT-3、CXCL10水平与急性肾损伤的相关性探究[J]. 解放军医药杂志, 2022, 34(8): 46-50. DOI: 10.3969/j.issn.2095-140X.2022.08.010.
Li M, Ma CL, Shi ZX. Correlation between KIM-1, EOT-3, CXCL10 levels and acute kidney injury in patients with sepsis [J]. Med Pharm J Chin People's Liberation Army, 2022, 34(8): 46-50. DOI: 10.3969/j.issn.2095-140X.2022.08.010.

[6] 戎珊, 叶久航, 朱曼晨, 等. 脓毒症患者早期发生急性肾损伤的预测模型构建与内部验证[J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(9): 1178-1183. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.09.006.
Rong S, Ye JH, Zhu MC, et al. Construction and internal validation of a predictive model for early acute kidney injury in patients with sepsis[J]. Chin J Emerg Med, 2023, 32(9): 1178-1183. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.09.006.

[7] 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. DOI: 10.1001/jama.2016.0287.

[8] 急性肾损伤专家共识小组. 急性肾损伤诊断与分类专家共识[J]. 中华肾脏病杂志, 2006, 22(11): 661-663. DOI: 10.3760/j.issn:1001-7097.2006.11.005.
Expert Consensus Group on Acute Kidney Injury. Expert consensus on diagnosis and classification of acute kidney injury [J]. Chin J Nephrol, 2006, 22(11): 661-663. DOI: 10.3760/j.issn:1001-7097.2006.11.005.

[9] 王晶, 郭涛, 杨婷雯, 等. 活化凝血时间、纤维蛋白凝结速率联合APACHE Ⅱ评分对脓毒症患者28天预后的评估价值[J]. 微循环学杂志, 2025, 35(1): 16-20. DOI: 10.3969/j.issn.1005-1740.2025.01.003.
Wang J, Guo T, Yang TW, et al. Evaluation of activated coagulation time, fibrin coagulation rate combined with APACHE Ⅱ score in 28-day prognosis of patients with sepsis[J]. Chin J Microcirc, 2025, 35(1): 16-20. DOI: 10.3969/j.issn.1005-1740.2025.01.003.

[10] 张向群, 刘波, 张红彬, 等. 血清胱抑素C联合SOFA评分对急诊科脓毒症患者28 d病死率的预测价值[J]. 中国急救医学, 2025, 45(7): 612-619. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2025.07.009.
Zhang XQ, Liu B, Zhang HB, et al. Predictive value of Cystatin C combined with SOFA score for 28-day mortality in sepsis patients in emergency department[J]. Chin J Crit Care Med, 2025, 45(7): 612-619. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2025.07.009.

[11] Lee Y, Seo JH, Seong J, et al. Impact of early continuous kidney replacement therapy in patients with sepsis-associated acute kidney injury: an analysis of the MIMIC-IV database[J]. J Korean Med Sci, 2024, 39(43): e276. DOI: 10.3346/jkms.2024.39.e276.

[12] 高洁, 冯阳, 吴君俊, 等. 尿肾损伤分子1和肝型脂肪酸结合蛋白水平对脓毒症急性肾损伤的预测价值[J]. 内科急危重症杂志, 2020, 26(3): 212-215. DOI: 10.11768/nkjwzzzz20200309.
Gao J, Feng Y, Wu JJ, et al. Predictive value of urine concentration of KIM-1 and L-FABP for acute renal injury in sepsis patients[J]. J Intern Intensive Med, 2020, 26(3): 212-215. DOI: 10.11768/nkjwzzzz20200309.

[13] 贾萌, 郑军, 刘斌, 等. 血管内皮生长因子预测脓毒症急性肾损伤患者住院期间死亡的价值[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2024, 38(1): 24-28. DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2024.01.005.
Jia M, Zheng J, Liu B, et al. Value of vascular endothelial growth factor to the prediction of in-hospital mortality of patients with sepsis induced acute kidney injury[J]. J Chin Pract Diagn Ther, 2024, 38(1): 24-28. DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2024.01.005.

[14] 杨阳, 唐鸿杰, 刘秀, 等. 动态增强磁共振成像联合血清钙卫蛋白对类风湿性关节炎预后的预测价值[J]. 四川医学, 2024, 45(9): 955-959. DOI: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2024.09.005.
Yang Y, Tang HJ, Liu X, et al. Prognostic value of dynamic enhanced magnetic resonance imaging combined with serum calprotectin for rheu-matoid arthritis[J]. Sichuan Med J, 2024, 45(9): 955-959. DOI: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2024.09.005.

[15] 孔超, 秦丽丽, 张坤英, 等. 尿钙卫蛋白对成人急性肾损伤患者的预后价值分析[J]. 临床肾脏病杂志, 2023, 23(4): 300-306. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2023.04.004.
Kong C, Qin LL, Zhang KY, et al. Prognostic value of urinary calprotectin in adult patients with acute kidney injury[J]. J Clin Nephrol, 2023, 23(4): 300-306. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2023.04.004.

[16] 张德保, 杨爱祥, 夏菲, 等. 血清NGAL、尿液KIM-1及外周血NLR、RDW联合检测对脓毒症发生急性肾损伤的预测价值[J]. 疑难病杂志, 2023, 22(9): 956-961. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.09.012.
Zhang DB, Yang AX, Xia F, et al. Predictive value of combined detection of serum NGAL, urine KIM-1 and peripheral blood NLR, RDW in sepsis with Acute kidney injury[J]. Chin J Difficult Complicat Cases, 2023, 22(9): 956-961. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.09.012.

[17] Wettersten N, Katz R, Ascher SB, et al. Association of plasma KIM-1, TNFR-1, and TNFR-2 with cardiovascular outcomes and all-cause mortality in individuals with chronic kidney disease: an ancillary analysis of SPRINT[J/OL]. Kidney Med, 2025, 7(7): 101024. DOI: 10.1016/j.xkme.2025.101024. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12240176.

[18] 金婷婷, 蔺雪, 尤伟艳, 等. 脓毒症急性肾损伤患者THBS1、TRAF-6、KIM-1、NLRP3水平及其与病情程度的关系[J]. 中华医院感染学杂志, 2025, 35(4): 518-522. DOI: 10.11816/cn.ni.2025-240823.
Jin TT, Lin X, You WY, et al. THBS1, TRAF-6, KIM-1, NLRP3-3 and their relationship with the severity of disease in sepsis patients with acute renal injury[J]. Chin J Nosocomiology, 2025, 35(4): 518-522. DOI: 10.11816/cn.ni.2025-240823.

[19] Gao TY, Nong ZQ, Luo YZ, et al. Machine learning-based prediction of in-hospital mortality for critically ill patients with sepsis-associated acute kidney injury[J]. Ren Fail, 2024, 46(1): 2316267. DOI: 10.1080/0886022X.2024.2316267.

[20] 黄楔山, 孙自国, 李艳, 等. 尿肾损伤分子-1和可溶性髓样细胞触发受体-1对脓毒症相关急性肾损伤的早期诊断价值[J]. 临床急诊杂志, 2020, 21(6): 488-492, 498. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2020.06.014.
Huang XS, Sun ZG, Li Y, et al. Early diagnostic value of urinary KIM-1 and sTREM-1 in septic AKI[J]. J Clin Emerg, 2020, 21(6): 488-492, 498. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2020.06.014.

[21] 王霞, 陈慧, 赵昆, 等. 尿TIMP-2、KIM-1对脓毒症合并急性肾损伤的诊断效能及与预后的关系[J]. 转化医学杂志, 2025, 14(8): 1-6. DOI: 10.3639/j.issn.2095-3097.2025.08.001.
Wang X, Chen H, Zhao K, et al. Diagnostic efficiency and prognosis of urinary TIMP-2 and KIM-1 in patients with sepsis complicated with acute kidney injury[J]. Transl Med J, 2025, 14(8): 1-6. DOI: 10.3639/j.issn.2095-3097.2025.08.001.

[22] 姚倩, 孔超, 张坤英, 等. 尿钙卫蛋白在成人急性肾损伤患者中的应用价值[J]. 中国血液净化, 2023, 22(3): 194-198. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2023.03.008.
Yao Q, Kong C, Zhang KY, et al. The application value of urinary calprotectin in adult patients with acute kidney injury[J]. Chin J Blood Purif, 2023, 22(3): 194-198. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2023.03.008.

（收稿日期：2025-10-09）