

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.06.015

论著 · 临床

# GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 在不同严重程度 1 型糖尿病酮症酸中毒患儿血清中的表达及意义

何东梅, 谭秋月, 李立学, 王凤



基金项目: 2020 年四川省卫生健康科研课题立项项目(20SYJS13)

作者单位: 641400 四川省简阳市人民医院儿科

通信作者: 何东梅, E-mail: hfvxk6@163.com

**【摘要】** 目的 探讨血清糖化白蛋白/糖化血红蛋白比值(GA/HbA<sub>1c</sub>)、淋巴细胞与C反应蛋白比值(LCR)、胆红素与白蛋白比值(BAR)在不同严重程度1型糖尿病酮症酸中毒(T1DM-DKA)患儿中的表达及临床意义。方法 选取2022年10月—2025年10月四川省简阳市人民医院儿科收治的T1DM-DKA患儿84例作为DKA组,单纯T1DM患儿84例作为T1DM组,另选取医院同期健康体检儿童84例作为健康对照组。根据不同病情程度,将T1DM-DKA患儿分为轻度亚组29例、中度亚组32例、重度亚组23例。采用Pearson相关性分析GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR与T1DM-DKA患儿病情严重程度的相关性;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR对重度T1DM-DKA患儿的诊断价值,通过DCA曲线分析GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR联合对评估重度T1DM-DKA的临床净获益。结果 3组GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR比较,DKA组>T1DM组>健康对照组,而LCR比较,DKA组<T1DM组<健康对照组( $F/P=262.599/<0.001, 329.842/<0.001, 217.262/<0.001$ );3亚组GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR比较,重度亚组>中度亚组>轻度亚组,而LCR比较,重度亚组<中度亚组<轻度亚组( $F/P=77.044/<0.001, 103.172/<0.001, 24.369/<0.001$ );Pearson相关性分析显示,T1DM-DKA患儿GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR与病情严重程度呈正相关( $r=0.625/<0.001, 0.521/<0.001$ ),LCR与病情严重程度呈负相关( $r/P=-0.595/<0.001$ );GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR单独及联合诊断重度T1DM-DKA患儿的曲线下面积(AUC)分别为0.790、0.783、0.747、0.882,三者联合优于各自单独诊断( $Z/P=2.102/<0.001, 2.122/<0.001, 2.991/<0.001$ );DCA曲线分析结果表明,当T1DM-DKA患儿病情严重程度的风险阈值为0.08~0.88时,GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR联合检测的临床净获益大于3种指标单独检测。结论 GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR随T1DM-DKA患儿病情加重而升高,LCR随病情加重而降低,三者联合检测对重度T1DM-DKA患儿具有较高诊断价值。

**【关键词】** 1型糖尿病;酮症酸中毒;糖化白蛋白/糖化血红蛋白;淋巴细胞与C反应蛋白比值;胆红素与白蛋白比值;诊断

【中图分类号】 R725.8

【文献标识码】 A

**Expression and significance of GA/HbA<sub>1c</sub>, LCR and BAR in the serum of children with type 1 diabetic ketoacidosis of different severity** He Dongmei, Tan Qiuyue, Li Lixue, Wang Feng. Department of Pediatrics, Jianyang People's Hospital, Sichuan, Jianyang 641400, China

Funding program: 2020 Sichuan Provincial Health Research Project (20SYJS13)

Corresponding author: He Dongmei, E-mail: hfvxk6@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the expression and clinical significance of serum glycated albumin/glycated hemoglobin ratio (GA/HbA<sub>1c</sub>), lymphocyte-to-C-reactive protein ratio (LCR), and bilirubin-to-albumin ratio (BAR) in children with type 1 diabetes mellitus complicated by diabetic ketoacidosis (T1DM combined with DKA) of different severities. **Methods** A total of 84 children with T1DM combined with DKA admitted to the Department of Pediatrics, Jianyang People's Hospital of Sichuan Province from October 2022 to October 2025 were enrolled as the DKA group, 84 children with simple T1DM as the T1DM group, and 84 healthy children undergoing physical examination during the same period as the healthy control group. Children with T1DM combined with DKA were further divided into a mild subgroup ( $n=29$ ), a moderate subgroup ( $n=32$ ), and a severe subgroup ( $n=23$ ). Pearson correlation analysis was used to evaluate the correlation between serum GA/HbA<sub>1c</sub>, LCR, BAR levels and the severity of T1DM-DKA. ROC curve analysis was performed to assess the diagnostic value of each index for severe T1DM-DKA, and decision curve analysis (DCA) was used to evaluate the clinical net benefit of diagnosing severe T1DM-DKA. **Results** Serum GA/HbA<sub>1c</sub> and BAR levels: DKA group > T1DM group > healthy control group. Serum LCR levels: DKA group < T1DM group < healthy control group ( $F/P=262.599/<0.001, 217.262/<0.001,$

329.842/<0.001)。Serum GA/HbA<sub>1c</sub> and BAR levels: severe subgroup > moderate subgroup > mild subgroup. Serum LCR levels: severe subgroup < moderate subgroup < mild subgroup ( $F/P = 262.599/<0.001, 329.842/<0.001, 217.262/<0.001$ )。Correlation analysis showed that serum GA/HbA<sub>1c</sub> ( $r = 0.625$ ) and BAR ( $r = 0.521$ ) levels were positively correlated with the severity of DKA, while LCR level ( $r = -0.595$ ) was negatively correlated with the severity of DKA (all  $P < 0.001$ )。The AUCs of serum GA/HbA<sub>1c</sub>, LCR, BAR, and their combination for diagnosing severe T1DM-DKA in children were 0.790, 0.783, 0.747, and 0.882, respectively. The combined AUC was superior to each individual marker ( $Z/P = 2.102/<0.001, 2.122/<0.001, 2.991/<0.001$ )。DCA curve analysis indicated that when the risk threshold for disease severity in children with T1DM-DKA was 0.08–0.88, the clinical net benefit of combined detection of serum GA/HbA<sub>1c</sub>, LCR, and BAR was greater than that of each marker alone. **Conclusion** Serum GA/HbA<sub>1c</sub> and BAR levels increase with the aggravation of T1DM-DKA in children, while LCR level decreases. Combined detection of the three indicators has high diagnostic value for severe T1DM-DKA.

**【Key words】** Type 1 diabetes mellitus; Ketoacidosis; Glycated albumin/glycated hemoglobin; Lymphocyte to C-reactive protein ratio; Bilirubin to albumin ratio; Diagnosis

1 型糖尿病酮症酸中毒 (type 1 diabetes mellitus complicated with ketoacidosis, T1DM-DKA) 目前仍是最常见且最严重的内分泌急症之一<sup>[1-2]</sup>。近年来, T1DM-DKA 患儿因其发病率和病死率不断增加, 已成为一个重大健康问题<sup>[3]</sup>。因此, 寻找与 T1DM-DKA 有关的指标具有重要意义。糖化白蛋白 (glycated albumin, GA) 在治疗期间的下降速度显著快于糖化血红蛋白 (glycosylated hemoglobin, HbA<sub>1c</sub>) , 且患者处于严重高血糖状态时的 GA/HbA<sub>1c</sub> 比值显著高于血糖控制良好阶段<sup>[4]</sup>。淋巴细胞与 C 反应蛋白比值 (lymphocyte to C-reactive protein ratio, LCR) 可作为保护性免疫激活反应强度和全身性炎症级联反应严重程度的指标<sup>[5]</sup>。胆红素与白蛋白比值 (bilirubin to albumin ratio, BAR) 高水平时, 对应的血清胆红素每升高 1 个标准差 2 型糖尿病发病风险可升高 25%<sup>[6]</sup>。关于 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 三者联合用于 T1DM-DKA 严重程度评估的研究尚未见报道。本研究通过检测不同严重程度 T1DM-DKA 患儿血清中 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR 及 BAR 水平, 探讨其与病情严重程度的相关性, 旨在为 T1DM-DKA 的早期诊断提供新的生物学标志物, 报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 临床资料 2022 年 10 月—2025 年 10 月四川省简阳市人民医院儿科收治的 T1DM-DKA 患儿 84 例作为 DKA 组, 单纯 T1DM 患儿 84 例作为 T1DM 组, 另选取医院同期健康体检儿童 84 例作为健康对照组。DKA 组: 病程 < 6 个月 39 例, 6~12 个月 25 例, >12 个月 20 例; 呼吸道感染 36 例, 消化道感染 19 例, 胰岛素应用不规范/中断 17 例, 饮食不当 8 例, 无明显诱因 4 例; 合并过敏性疾病 9 例, 先天性疾病 2 例, 无基础病 73 例。T1DM 组: 病程 < 6 个月 34 例, 6~12 个月 29 例, >12 个月 21 例; 呼吸道感染 55 例, 消化道感染 12 例, 胰岛素应用不规范/中断 8 例, 饮食不当 5 例, 无明

显诱因 4 例; 合并过敏性疾病 11 例, 先天性疾病 1 例, 无基础病 72 例。3 组血酮体、FPG、HbA<sub>1c</sub>、WBC、NEU、BUN 水平比较, DKA 组 > T1DM 组 > 健康对照组; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 水平比较, DKA 组 < T1DM 组 < 健康对照组 ( $P < 0.01$ )。本研究经医院伦理委员会审核批准 (2022-034), 受试儿童法定监护人知情同意并签署知情同意书, 见表 1。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: ① T1DM 患儿符合《中国儿童 1 型糖尿病标准化诊断与治疗专家共识 (2020 版)》<sup>[7]</sup> 的诊断标准, T1DM-DKA 患儿同时符合《中国高血糖危象诊断与治疗指南》<sup>[8]</sup> 的诊断标准; ② 年龄 6~15 岁; ③ 资料完整。(2) 排除标准: ① 其他类型糖尿病; ② T1DM 其他合并症; ③ 严重传染性疾病; ④ 严重肝脏、肾脏疾病; ⑤ 先天性疾病; ⑥ 其他神经性疾病。

## 1.3 观测指标与方法

1.3.1 血清 GA、HbA<sub>1c</sub>、LYM、CRP、TBil、Alb 水平检测: 采集研究对象空腹肘静脉血 2 ml, 离心分离血清。(1) 以全自动生化分析仪 (型号: GSH-60, 购自深圳市国赛生物技术有限公司) 测定 GA; 高效液相色谱法 (HPLC) 检测 HbA<sub>1c</sub>, 并计算 GA/HbA<sub>1c</sub>。(2) 全自动血细胞分析仪 (型号: BC-6900, 购自深圳迈瑞医疗电子股份有限公司) 检测淋巴细胞计数 (LYM), 严格按照仪器操作说明书进行样本加载、检测, 自动读取 LYM 数值; 免疫比浊法 (货号: CRP-M100, 购自深圳迈瑞医疗电子股份有限公司试剂盒) 检测 C 反应蛋白 (CRP), LCR = LYM/CRP。(3) 钒酸盐氧化法检测总胆红素 (TBil), 严格按照试剂盒说明书操作, 读取 TBil 检测数值; 在全自动化学发光免疫分析仪上以溴甲酚绿法检测白蛋白 (Alb), 按照仪器及试剂盒操作规范完成检测, 读取 Alb 数值, BAR = TBil/Alb。所有检测指标均在样本采集后 24 h 内完成。

1.3.2 病情分组: 根据《儿童糖尿病酮症酸中毒诊疗指南 (2024 年版)》<sup>[9]</sup>, 将 T1DM-DKA 患儿分为轻度亚

表 1 健康对照组、T1DM 组、DKA 组临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data among the healthy control group , the T1DM group , and the DKA group

项 目	健康对照组( n=84)	T1DM 组( n=84)	DKA 组( n=84)	F/ $\chi^2$ 值	P 值
男[例( % )]	41( 48.81)	43( 51.19)	45( 53.57)	0.381	0.826
年龄( $\bar{x}\pm s$ , 岁)	9.42 $\pm$ 1.43	9.24 $\pm$ 1.51	9.68 $\pm$ 1.35	2.006	0.137
BMI( $\bar{x}\pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	17.05 $\pm$ 2.01	17.12 $\pm$ 2.08	16.89 $\pm$ 2.13	0.271	0.762
动脉血 pH( $\bar{x}\pm s$ )	7.30 $\pm$ 0.45	7.22 $\pm$ 0.48	7.20 $\pm$ 0.40	1.190	0.306
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L)	24.52 $\pm$ 3.13	22.35 $\pm$ 3.89	12.85 $\pm$ 2.62	305.353	<0.001
血酮体( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L)	0.12 $\pm$ 0.02	0.38 $\pm$ 0.05	3.25 $\pm$ 0.88	978.06	<0.001
FPG( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L)	5.32 $\pm$ 0.89	11.28 $\pm$ 3.15	18.65 $\pm$ 2.32	698.028	<0.001
HbA <sub>1c</sub> ( $\bar{x}\pm s$ , %)	5.42 $\pm$ 0.66	9.65 $\pm$ 1.87	11.89 $\pm$ 2.45	273.820	<0.001
WBC( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)	7.25 $\pm$ 1.56	8.65 $\pm$ 2.13	12.89 $\pm$ 3.45	115.158	<0.001
NEU( $\bar{x}\pm s$ , %)	58.42 $\pm$ 6.25	65.32 $\pm$ 7.15	78.65 $\pm$ 8.32	167.189	<0.001
Hb( $\bar{x}\pm s$ , g/L)	131.42 $\pm$ 14.65	130.25 $\pm$ 18.89	125.68 $\pm$ 15.32	2.876	0.058
PLT( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)	242.35 $\pm$ 35.18	248.65 $\pm$ 38.72	250.89 $\pm$ 32.35	1.306	0.273
SCr( $\bar{x}\pm s$ , $\mu$ mol/L)	42.25 $\pm$ 8.65	43.65 $\pm$ 9.87	44.89 $\pm$ 8.32	1.821	0.164
BUN( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L)	4.52 $\pm$ 0.85	6.32 $\pm$ 1.89	8.65 $\pm$ 1.32	178.977	<0.001

组 29 例( 静脉血 pH<7.3 或 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup><15 mmol/L )、中度亚组 32 例( pH<7.2 或 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup><10 mmol/L )、重度亚组 23 例( pH<7.1 或 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup><5 mmol/L )。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 26.0 和 R 软件统计分析数据。计数资料以频数或构成比( % )表示 ,组间比较采用  $\chi^2$  检验;符合正态分布的计量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示 ,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验 ,多组间比较采用 *F* 检验; Pearson 相关性分析 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 与 T1DM-DKA 患儿病情严重程度的相关性;采用受试者工作特征( ROC )曲线分析 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 对重度 T1DM-DKA 的诊断价值 ,通过 DCA 曲线分析 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 联合对评估重度 T1DM-DKA 患儿的临床净获益。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 3 组 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 比较 3 组 GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR 比较 ,DKA 组>T1DM 组>健康对照组; LCR 比较 ,DKA 组<T1DM 组<健康对照组( P<0.01 ) ,见表 2。

表 2 健康对照组、T1DM 组、DKA 组 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 比较 (  $\bar{x}\pm s$  )

Tab.2 Comparison of GA/HbA<sub>1c</sub> , LCR , and BAR among the healthy control group , T1DM group and DKA group

组 别	例数	GA/HbA <sub>1c</sub>	LCR	BAR
健康对照组	84	2.15 $\pm$ 0.25	280.65 $\pm$ 30.44	0.20 $\pm$ 0.04
T1DM 组	84	2.42 $\pm$ 0.28	220.58 $\pm$ 30.48	0.45 $\pm$ 0.10
DKA 组	84	3.20 $\pm$ 0.38	183.48 $\pm$ 30.55	0.62 $\pm$ 0.15
<i>F</i> 值		262.599	217.262	329.842
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001

2.2 不同病情程度 T1DM-DKA 患儿 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 比较 3 亚组 GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR 比较 ,重度亚组>

中度亚组>轻度亚组; LCR 比较 ,重度亚组<中度亚组<轻度亚组( P<0.01 ) ,见表 3。

表 3 轻度亚组、中度亚组、重度亚组 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 比较 (  $\bar{x}\pm s$  )

Tab.3 Comparison of GA/HbA<sub>1c</sub> , LCR , and BAR in mild subgroup , moderate subgroup , and severe subgroup

组 别	例数	GA/HbA <sub>1c</sub>	LCR	BAR
轻度亚组	29	2.65 $\pm$ 0.31	210.65 $\pm$ 30.52	0.45 $\pm$ 0.08
中度亚组	32	3.21 $\pm$ 0.35	182.45 $\pm$ 31.02	0.62 $\pm$ 0.10
重度亚组	23	3.89 $\pm$ 0.42	150.65 $\pm$ 30.84	0.85 $\pm$ 0.12
<i>F</i> 值		77.044	24.369	103.172
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 与 T1DM-DKA 患儿病情严重程度的相关性分析 Pearson 相关性分析显示 , T1DM-DKA 患儿 GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR 与病情严重程度呈正相关( *r*=0.625/<0.001、0.521/<0.001 ) ,LCR 与病情严重程度呈负相关( *r*/*P*=-0.595/<0.001 )。

2.4 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 对重度 T1DM-DKA 患儿的诊断价值 绘制 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 诊断重度 T1DM-DKA 患儿的 ROC 曲线 ,并计算曲线下面积( AUC )结果显示: GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 单独及三者联合诊断重度 T1DM-DKA 患儿的 AUC 分别为 0.790、0.783、0.747、0.882 三者联合优于各自单独诊断( *Z*/*P*=2.102/<0.001、2.122/<0.001、2.991/<0.001 ) ,见表 4、图 1。

2.5 DCA 曲线分析 DCA 曲线分析结果显示 ,当 T1DM-DKA 患儿病情严重程度的风险阈值为 0.08 ~ 0.88 时 ,GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 联合检测的临床净获益水平大于各指标单独检测 ,见图 2。

表 4 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 对重度 T1DM-DKA 患儿的诊断价值

Tab.4 The diagnostic value of GA/HbA<sub>1c</sub>, LCR, and BAR for children with severe T1DM-DKA

项目	cut-off 值	AUC	95%CI	敏感度	特异度	约登指数
GA/HbA <sub>1c</sub>	3.49	0.790	0.688~0.872	0.696	0.770	0.466
LCR	160.04	0.783	0.679~0.865	0.739	0.721	0.460
BAR	0.80	0.747	0.640~0.836	0.703	0.689	0.392
三者联合		0.882	0.794~0.942	0.783	0.836	0.619

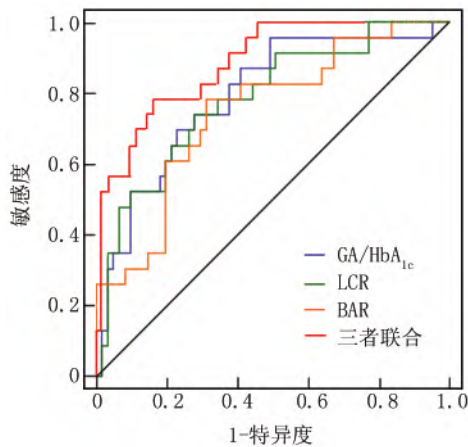


图 1 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 诊断重度 T1DM-DKA 患儿的 ROC 曲线

Fig.1 The ROC curve for diagnosing severe T1DM-DKA in children using GA/HbA<sub>1c</sub>, LCR, and BAR

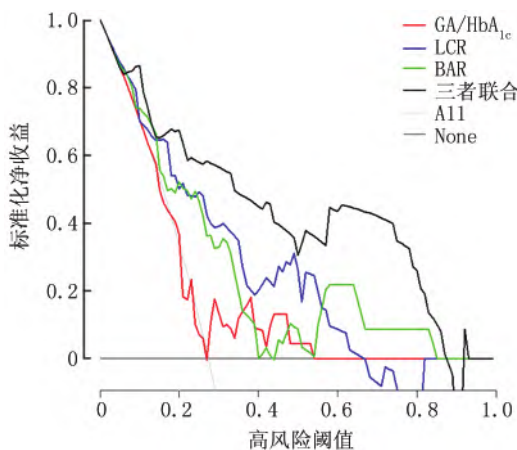


图 2 T1DM-DKA 患儿病情严重程度风险的 DCA 曲线分析  
Fig.2 Analysis of the risk of severity of the disease in children with T1DM-DKA using the DCA curve

### 3 讨论

据全球糖尿病联盟数据,儿童 T1DM 患者中 DKA 发生率高达 20%~40%,其中 T1DM-DKA 患儿因酸碱失衡、电解质紊乱及多器官功能损伤,ICU 转入率与死

亡风险显著升高<sup>[10]</sup>。因此早期诊断 T1DM-DKA 病情严重程度具有重要的意义。

在合并晚期慢性肾病(CKD 4~5 期)的糖尿病患者中,GA/HbA<sub>1c</sub>>2.465 时,患者发生 T1DM-DKA 的风险及病情严重程度会显著升高,可作为 DKA 的预警指标<sup>[11]</sup>。对 T1DM-DKA 的研究表明,GA/HbA<sub>1c</sub> 比值的半衰期仅约 9 d,比 GA 本身更能精准反映极短期血糖变化,适合暴发性 1 型糖尿病(FT1D)这类起病急、血糖波动剧烈的特殊亚型糖尿病的监测<sup>[12]</sup>。本研究显示,DKA 组 GA/HbA<sub>1c</sub> 比值显著高于 T1DM 组与健康对照组,且 T1DM 组高于健康对照组,提示 DKA 发生前患儿已存在短期血糖剧烈波动,DKA 病理进程可进一步放大血糖异常幅度,与既往研究中短期血糖失控驱动 DKA 发生的结论高度一致。

LCR 是淋巴细胞计数与 CRP 的比值,可量化 T1DM-DKA 时炎症反应-免疫失衡状态。在成人 DKA 患者中,严重亚组 LCR 显著低于轻、中度亚组,其机制可能与 T1DM-DKA 时高血糖、酮症诱导的淋巴细胞凋亡及 CRP 代偿性升高有关,而 LCR 下降程度与全身炎症反应综合征(SIRS)评分及器官损伤程度呈正相关<sup>[13]</sup>。值得注意的是,儿童与成人 T1DM-DKA 中 LCR 临界值差异显著,提示年龄相关的免疫应答差异可能影响指标效能,入院时 LCR 对患儿病情进展及入住 ICU 具有明确的预测价值<sup>[14]</sup>。本研究结果显示,DKA 组 LCR 水平显著低于 T1DM 组和健康对照组,且随着 DKA 病情加重,LCR 水平进一步降低:重度亚组 LCR 显著低于中度亚组和轻度亚组,中度亚组低于轻度亚组,进一步验证 DKA 病理状态下“高应激-高炎症反应-免疫抑制”轴的激活:过量炎症因子释放可抑制淋巴细胞增殖分化,直接导致淋巴细胞计数下降,最终表现为 LCR 降低。

低白蛋白水平已被证明是恶性肿瘤、重症疾病和血栓性疾病患者预后不良的标志<sup>[15]</sup>。2 型糖尿病患者微血管并发症患者长期处于高血糖状态,可引发全身广泛的微血管结构与功能损伤,进而导致微循环障碍、组织缺血缺氧及代谢紊乱,机体酸碱平衡、电解质分布及糖脂代谢均会发生显著改变,可能直接或间接导致 BAR 水平异常<sup>[16]</sup>。2 型糖尿病患者的大样本分析则表明,BAR 高表达与肾结石风险呈非线性正相关<sup>[17]</sup>。另一项基于 RENAAL 与 IDNT 试验的事后分析指出,BAR 高表达的糖尿病患者,其糖尿病肾病进展风险显著升高,且血清胆红素水平与估算肾小球滤过率升高速度具有相关性,BAR 可作为糖尿病肾病的潜在生物标志物与治疗靶点<sup>[18]</sup>。本研究发现,DKA 组 BAR 水平显著高于 T1DM 组和健康对照组,且病情越重,BAR

水平越高 ,目前关于 BAR 与 DKA 的研究较少 ,推测其机制可能为: DKA 状态下高血糖、高酮体激活胆汁酸 BAR 信号通路 ,上调 BAR 表达 ,而 BAR 升高可进一步加剧肝脏糖异生与脂肪分解紊乱 ,形成代谢-炎症反应-氧化应激的恶性循环。

本研究相关性分析显示 ,GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR 与病情严重程度呈正相关 ,LCR 与病情严重程度呈负相关 ,进一步表明 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 与 T1DM-DKA 发生密切相关。ROC 曲线分析结果显示 ,GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 三者联合诊断重度 T1DM-DKA 的 AUC 高于各自单独检测 ,提示联合检测对重度 T1DM-DKA 具有更高的诊断效能。进一步 DCA 曲线分析表明 ,当风险阈值处于 0.08~0.88 时 ,联合检测重度 T1DM-DKA 的净获益水平显著优于单独检测 ,这意味着在临床实践中 ,采用 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 联合检测的方式 ,能够在更广泛的风险范围内为临床医生提供更可靠的诊断依据 ,减少漏诊和误诊率。

#### 4 结 论

综上所述 ,T1DM-DKA 患儿 GA/HbA<sub>1c</sub>、BAR 随病情加重而升高 ,LCR 降低 ,三者联合检测对重度 T1DM-DKA 具有较高诊断价值。本研究存在一定局限性: 其一 ,为单中心回顾性设计 ,样本量相对有限 ,可能存在选择偏倚 ,结果外推性受限; 其二 ,未进一步分析各指标与患儿远期预后、并发症发生风险的关联; 其三 ,未深入阐明 GA/HbA<sub>1c</sub>、LCR、BAR 参与调控 T1DM-DKA 病情进展的分子机制。未来可开展多中心、前瞻性研究 ,扩大样本量并结合基础实验 ,为其临床应用提供更充分的循证依据。

利益冲突: 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

何东梅: 提出研究思路 ,设计研究方案 ,论文撰写与审核; 谭秋月: 分析试验数据 ,资料搜集整理 ,论文修改; 李立学: 实施研究过程 ,进行统计学分析; 王凤: 实施研究过程 ,课题设计 ,论文撰写

#### 参考文献

[1] Verhoeff NJ ,Cheema W ,Mojdehi S ,et al. Barriers to diabetic ketoacidosis prevention in adults with type 1 diabetes: Implications for education and implementation of new monitoring technologies [J]. *Can J Diabetes* , 2026 , 50( 2) : 72-81.e2. DOI: 10.1016/j.cjcd.2025.11.002.

[2] Abutaleb R ,Yafei S ,Humadi A ,et al. Prevalence , clinical , and immunological features of familial type 1 diabetes among children and adolescents: A retrospective study from Saudi Arabia [J]. *Medicina ( Kaunas )* , 2025 , 61 ( 11) : 2066-2075. DOI: 10.3390/medicina61112066.

[3] Mudiganti S ,Kenkare P ,Kerr D.1514-P: Presentation of diabetic ketoacidosis (DKA) at the time of diagnosis of type 1 diabetes mellitus (T1DM) by race and ethnicity in a large integrated health care system free [J].*Diabetes* , 2025 , 74( 1) : 11-22. DOI: 10.2337/db25-4514-P.

[4] 李铭 ,吴波.糖化白蛋白糖化血红蛋白及二者比值与糖尿病微血

管病变的研究进展[J].*当代医学* , 2019 , 25( 13) : 187-191. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2019.13.079.

[5] 薛斌 ,蔡爽 ,何永平等.清金化痰汤联合孟鲁司特钠治疗小儿支气管肺炎临床疗效及对淋巴细胞、C 反应蛋白、LCR 的影响[J].*湖北中医药大学学报* , 2024 , 2( 6) : 36-45. DOI: 10.3969/j.issn.1008-987x.2024.06.04.

[6] 王欢 ,王洪峰 ,孙昊月等.血清总胆红素与白蛋白比值对糖尿病腹膜透析患者心血管死亡风险的预测价值[J].*中国血液净化* , 2025 , 24( 2) : 127-131. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2025.02.006.

[7] 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组 ,中华儿科杂志编辑委员会.中国儿童 1 型糖尿病标准化诊断与治疗专家共识(2020 版) [J]. *中华儿科杂志* , 2020 , 58( 6) : 447-454. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20191021-00659.

[8] 中华医学会糖尿病学分会.中国高血糖危象诊断与治疗指南 [J]. *中华内分泌代谢杂志* , 2013 , 29( 8) : 449-461. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-5809.2013.08.001.

[9] 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组 ,中国医师协会儿科医师分会内分泌遗传代谢学组 ,中国医师协会青春期健康与医学专业委员会 ,等.儿童糖尿病酮症酸中毒诊疗指南(2024 年版) [J]. *中华儿科杂志* , 2024 , 62( 12) : 1128-1136. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20240528-00366.

[10] Fortunato L ,Salzano G. Diabetic ketoacidosis as the onset of type 1 diabetes in children [J]. *Acta Biomed* , 2018 , 89( 1) : 5-6. DOI: 10.23750/abm.v89i1.7199.

[11] Huang B ,Zheng M ,Li J ,et al. The predictive value of glycated albumin and hemoglobin A1c for all-cause and cardiovascular mortality in chronic kidney disease patients [J]. *Diabetology & Metabolic Syndrome* , 2026 , 18( 1) : 25-30. DOI: 10.1186/s13098-025-02067-y.

[12] Wang W ,Qiu L ,Li T ,et al. GA/HbA<sub>1c</sub> ratio predicts the occurrence of diabetic ketoacidosis and disease severity in children with type 1 diabetes mellitus [J].*Clin Lab* , 2025 , 71( 7) : 36-45. DOI: 10.7754/Clin.Lab.2024.241225.

[13] Zenri M ,Higa M ,Ikehara K ,et al. A case of acute-onset type 1 diabetes mellitus with diabetic ketoacidosis triggered by COVID-19 [J]. *Am J Case Rep* , 2023 , 17( 24) : 986-995. DOI: 10.12659/AJCR.940986.

[14] Li Y ,Li M ,Lin C ,et al. Exploring the clinical value of procalcitonin , C-reactive protein , white blood cell count , and neutrophil-to-lymphocyte ratio in the early diagnosis of bloodstream infections in children [J]. *BMC Pediatr* , 2025 , 25( 1) : 62-70. DOI: 10.1186/s12887-025-05402-4.

[15] Zhou D ,Wang J ,Li X. The red blood cell distribution width-albumin ratio was a potential prognostic biomarker for diabetic ketoacidosis [J]. *Int J Gen Med* , 2021 , 7( 14) : 5375-5380. DOI: 10.2147/IJGM.S327733.

[16] 宋雯婧 ,肖元元 ,祝超瑜等.总胆红素与 2 型糖尿病微血管并发症发生风险的相关性分析[J].*中国糖尿病杂志* , 2024 , 16( 9) : 36-42. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20231228-00388.

[17] Liang Y ,Zhou R ,Jin C ,et al. Association between blood urea nitrogen/albumin and the incidence as well as progression of type 2 diabetes [J]. *Nutrients* , 2024 , 17( 1) : 113-120. DOI: 10.3390/nu17010113.

[18] Singhal PC ,Skorecki K. APOL1 dynamics in diabetic kidney disease and hypertension [J]. *Biomolecules* , 2025 , 15( 2) : 205-210. DOI: 10.3390/biom15020205.

( 收稿日期: 2026-01-04)