

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.08.018

TEG 相关参数联合血清 Hcy 在 2 型糖尿病肾脏病变中的应用价值*

应子薇,周广举[△]

川北医学院附属医院内分泌科,四川南充 637000

摘要:目的 探讨血栓弹力图 (TEG) 相关参数联合血清同型半胱氨酸 (Hcy) 在 2 型糖尿病 (T2DM) 肾脏病变中的应用价值。方法 回顾性选取 2020 年 1 月至 2022 年 12 月在该院确诊的 120 例 T2DM 住院患者,根据尿清蛋白与肌酐比值 (UACR) 和估算肾小球滤过率 (eGFR) 将患者分为单纯性糖尿病组 [$UACR < 30 \text{ mg/g}$ 且 $eGFR \geq 90 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$], 以下简称为 DM 组]、早期糖尿病肾病组 [$30 \text{ mg/g} \leq UACR < 300 \text{ mg/g}$ 且 $60 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2) \leq eGFR < 90 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$], 以下简称为 eDKD 组]和临床期糖尿病肾病组 [$UACR \geq 300 \text{ mg/g}$ 且 $eGFR < 60 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$], 以下简称为 cDKD 组]。比较各组临床资料。采用 Pearson 相关分析糖尿病肾病 (DKD) 患者 UACR 与血清 Hcy 水平、TEG 相关参数的相关性。采用多因素 Logistic 回归分析 T2DM 患者发生 DKD 的影响因素。绘制受试者工作曲线 (ROC) 分析血清 Hcy、TEG 相关参数单独及联合检测对 T2DM 患者发生 DKD 的预测价值。结果 cDKD 组入院首日的收缩压 (SBP)、UACR、胱抑素 C (CysC)、尿酸 (UA) 水平高于 eDKD 组、DM 组, 且 eDKD 组高于 DM 组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。cDKD 组血清 Hcy 水平及凝血形成速率 (Angle)、凝血最终强度 (MA)、凝血综合指数 (CI) 高于 DM 组、eDKD 组, 凝血形成时间 (K) 短于 DM 组、eDKD 组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。eDKD 组血清 Hcy 水平及 Angle、MA、CI 高于 DM 组, K 短于 DM 组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。Pearson 相关分析结果显示, DKD 患者 UACR 与 K 呈负相关 ($r = -0.486, P < 0.05$), 与血清 Hcy 水平及 Angle、MA、CI 均呈正相关 ($r = 0.511, 0.470, 0.586, 0.455, P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 血清 Hcy 水平及入院首日 SBP、Angle、MA 升高, K 缩短是 T2DM 患者发生 DKD 的危险因素 ($P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 4 项指标联合预测的曲线下面积 (AUC) 为 0.882, 大于血清 Hcy 及 K、Angle、MA 单独检测的 AUC ($Z = 2.020, 2.809, 2.989, 2.361, P = 0.043, 0.005, 0.003, 0.018$)。结论 在 DKD 患者中 K 缩短, Angle、MA 及血清 Hcy 水平升高, 与患者疾病进展密切相关, 将 TEG 相关参数 K、Angle、MA 和血清 Hcy 进行联合检测对 T2DM 患者发生 DKD 的临床预测价值较高。

关键词: 2 型糖尿病; 糖尿病肾病; 同型半胱氨酸; 血栓弹力图; 尿清蛋白与肌酐比值
中图分类号: R587.2; R446.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9455(2025)08-1100-06

The application value of TEG related parameters combined with serum Hcy in type 2 diabetes mellitus complicated by kidney lesions*

YING Ziwei, ZHOU Guangju[△]

Department of Endocrinology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong, Sichuan 637000, China

Abstract: Objective To explore the application value of thromboelastogram (TEG) related parameters combined with serum homocysteine (Hcy) in type 2 diabetes mellitus (T2DM) complicated by kidney lesions. **Methods** A total of 120 inpatients with T2DM diagnosed in the hospital from January 2020 to December 2022 were retrospectively selected. According to the urine albumin to creatinine ratio (UACR) and estimated glomerular filtration rate (eGFR), the patients were divided into the simple diabetes mellitus group [$UACR < 30 \text{ mg/g}$ and $eGFR \geq 90 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$], abbreviated as the DM group], the early diabetic kidney disease group [$30 \text{ mg/g} \leq UACR < 300 \text{ mg/g}$ and $60 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2) \leq eGFR < 90 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$], abbreviated as the eDKD group], and the clinical diabetic kidney disease group [$UACR \geq 300 \text{ mg/g}$ and $eGFR < 60 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$], abbreviated as the cDKD group]. Compare the clinical data of each group. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between UACR and the levels of serum Hcy, as well as

* 基金项目: 四川省基层卫生事业发展研究中心科研创新项目 (SWFZ23-W-01)。
作者简介: 应子薇, 女, 在读硕士研究生, 主要从事糖尿病方向的研究。 [△] 通信作者, E-mail: cbynfzmz@nsmc.edu.cn。

TEG related parameters in patients with diabetic nephropathy (DKD). Multivariate Logistic regression analysis was employed to analyze the influencing factors of the occurrence of DKD in patients with T2DM. The receiver operating characteristic curve (ROC) was plotted to analyze the predictive value of the separate and combined detections of serum Hcy and TEG related parameters for the occurrence of DKD in patients with T2DM. **Results** The levels of first admission systolic blood pressure (SBP), UACR, cystatin C (CysC), and uric acid (UA) in the cDKD group were higher than those in the eDKD group and the DM group, and those in the eDKD group were higher than those in the DM group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The levels of serum Hcy, coagulation formation rate (Angel), final coagulation strength (MA), and comprehensive coagulation index (CI) in the cDKD group were higher than those in the DM group and the eDKD group, and the coagulation formation time (K) was shorter than that in the DM group and the eDKD group ($P < 0.05$). The levels of serum Hcy, Angel, MA, and CI in the eDKD group were higher than those in the DM group, and K was shorter than that in the DM group ($P < 0.05$). The results of Pearson correlation analysis showed that the UACR in DKD patients was negatively correlated with K ($r = -0.486, P < 0.05$), and was positively correlated with the level of serum Hcy, as well as the Angel, MA, and CI ($r = 0.511, 0.470, 0.586, 0.455, P < 0.05$). The results of multivariate Logistic regression analysis showed that the increased levels of serum Hcy, first admission SBP, Angel, MA, and the shortened K were risk factors for the occurrence of DKD in patients with T2DM ($P < 0.05$). The results of the ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of the combined prediction of the 4 indicators was 0.882, which was larger than that of the separate detections of serum Hcy, K, Angel, and MA ($Z = 2.020, 2.809, 2.989, 2.361; P = 0.043, 0.005, 0.003, 0.018$). **Conclusion** In patients with DKD, the level of K is significantly shortened, while the levels of Angle, MA, and serum Hcy are significantly elevated, which are closely related to the progression of the patients' diseases. The combined detection of the TEG related parameters K, Angle, and MA in TEG and serum Hcy have potential clinical value in the prediction of DKD in patients with T2DM.

Key words: type 2 diabetes mellitus; diabetic kidney disease; homocysteine; thromboelastogram; urine albumin to creatinine ratio

自 21 世纪以来,糖尿病在全球范围内逐渐成为 1 项严重的公共卫生问题,随着时间的推移,糖尿病患者人数不断增多,中国糖尿病患者数量高达 1.41 亿^[1]。其中,2 型糖尿病(T2DM)是最常见的类型,占糖尿病患者总数的 90% 以上^[2]。糖尿病所带来的主要疾病负担源于各种慢性并发症,其中糖尿病肾病(DKD)是糖尿病常见且严重的慢性微血管并发症之一,DKD 与高糖状态下体内晚期糖基化终产物的积累、氧化应激反应增强、炎症反应加剧等因素直接相关,这些因素共同作用于肾脏,引发肾脏局部病理改变,并在一定程度上诱导足细胞损伤、凋亡。氧化应激在 DKD 的病变发展阶段发挥着重要作用,机体高活性分子活性氧簇产生过多,可加速肾小球纤维化,随 DKD 病情的进展,病变可累及全肾,出现尿蛋白增多和肾小管滤过功能异常,肾脏缺血、缺氧致血管内皮细胞损伤及血小板活性增强,异常激活凝血作用使血液呈现高凝状态,进而在肾脏中广泛形成微血栓,严重威胁患者生命健康^[3-4]。血栓弹力图(TEG)以图形方式展现从血液开始凝固到血栓溶解的全过程,可快速、全面地反映凝血过程,被广泛应用于监测患者凝血功能等^[5]。此外,血清同型半胱氨酸(Hcy)作为蛋氨酸与半胱氨酸代谢中的关键中介物,在体内主要经肾脏排泄,Hcy 水平变化与 T2DM 患者肾脏病

变的发生有关,且与肾损伤的严重程度相关^[6]。目前,针对 DKD 的研究较多,但临床上关于 TEG 相关参数联合血清 Hcy 检测在 T2DM 患者并发肾脏病变的相关研究较少。因此,本研究探讨了 TEG 相关参数联合血清 Hcy 在 T2DM 肾脏病变中的临床应用效果,期望能在临床上为 DKD 早期诊断及防控提供一定的理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取 2020 年 1 月至 2022 年 12 月在本医院确诊的 120 例 T2DM 住院患者作为研究对象,其中单纯 T2DM 患者 60 例,新诊断为 T2DM 所致的 DKD 患者 60 例。纳入标准:(1)T2DM 患者符合《中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)》^[7]中 T2DM 的诊断标准;(2)DKD 患者符合文献[8]中 DKD 的诊断标准;(3)临床资料完整。排除标准:(1)伴有其他类型的糖尿病及急性并发症;(2)近期有重大手术史;(3)合并急性、感染性、应激性疾病;(4)合并恶性肿瘤、血液系统疾病;(5)合并急性脑组织或心肌梗死;(6)肝功能衰竭;(7)合并免疫球蛋白(Ig)A 肾病等其他原发性肾脏疾病;(8)近期内使用维生素 K 拮抗剂、利伐沙班、阿司匹林等干扰凝血药物;(9)近期服用过激素类药物、叶酸、维生素 B 族;(10)近期服用血管紧张素转化酶抑制剂(ACEI)、血管紧张素

受体拮抗剂(ARB)等影响蛋白尿药物。根据尿清蛋白与肌酐(Cr)比值(UACR)和估算肾小球滤过率(eGFR)^[9]将患者分为单纯性糖尿病组[UACR<30 mg/g 且 eGFR≥90 mL/(min·1.73 m²),以下简称为 DM 组]、早期糖尿病肾病组[30 mg/g≤UACR<300 mg/g 且 60 mL/(min·1.73 m²)≤eGFR<90 mL/(min·1.73 m²),以下简称为 eDKD 组]和临床期糖尿病肾病组[UACR≥300 mg/g 且 eGFR<60 mL/(min·1.73 m²),以下简称为 cDKD 组]。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(2024ER462-1)。

1.2 方法 收集所有研究对象临床资料包括:入院首日收缩压(SBP)、入院首日舒张压(DBP)、年龄、性别、体质量指数(BMI);采集患者入院次日清晨空腹肘静脉血 5 mL,以 2 500 r/min 快速离心 10 min 后取上层清液,采用酶比色法测定血清 Hcy 水平;晨起空腹排中段尿检测 UACR,采用免疫比浊法测定尿白蛋白水平,采用改良 Benedict-Behre 法测定尿 Cr 水平,利用仪器自动计算尿白蛋白与 Cr 比值,对同一晨尿标本进行 2 次重复测定后取其平均数值作为最终结果;采用全自动生化分析仪测定血脂[高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)]、肝功能[天冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、总胆红素(TB)]、肾功能[尿酸(UA)、胱抑素 C(CysC)、Cr]等指标。根据慢性肾脏病流行病学合作研究公式(CKD-EPI)估算 eGFR;采用离子交换高压液相色谱技术测定糖化血红蛋白(HbA1c);利用 TEG 分析仪(Haemoscope 公司,Model5000)及配套的试剂耗材,通过电磁换能器和电信号呈现于计算机屏幕上,从而获取 TEG 图像及其相应的参考值,包

括凝血反应时间(R)、凝血形成时间(K)、凝血形成速率(Angel)、凝血最终强度(MA)及凝血综合指数(CI)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 27.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用 LSD-*t* 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Pearson 相关分析 DKD 患者 UACR 与血清 Hcy 水平、TEG 相关参数的相关性。采用多因素 Logistic 回归分析 T2DM 患者发生 DKD 的影响因素。绘制受试者工作曲线(ROC)分析血清 Hcy、TEG 相关参数单独及联合检测对 T2DM 患者发生 DKD 的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 3 组基本资料比较 DM 组有 60 例患者,eDKD 组有 35 例患者,cDKD 组有 25 例患者。3 组性别、年龄、BMI、入院首日 DBP、HbA1c、AST、ALT、TB、HDL-C、LDL-C 水平比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。cDKD 组入院首日 SBP、UACR、CysC、UA 水平高于 eDKD 组、DM 组,且 eDKD 组高于 DM 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 3 组血清 Hcy 水平及 TEG 相关参数比较 cDKD 组血清 Hcy 水平及 Angle、MA、CI 高于 DM 组、eDKD 组,K 短于 DM 组、eDKD 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。eDKD 组血清 Hcy 水平及 Angle、MA、CI 高于 DM 组,K 短于 DM 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

表 1 3 组基本资料比较(n/n 或 $\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	性别(男/女)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	入院首日 SBP (mmHg)	入院首日 DBP (mmHg)	HbA1c (mmol/L)	UA (μmol/L)
DM 组	60	30/30	61.87±6.70	23.58±2.46	126.40±6.29	80.05±5.88	9.09±1.34	323.07±54.78
eDKD 组	35	20/15	63.66±7.15	23.58±2.46	133.54±7.29 [#]	81.23±5.90	9.15±1.68	350.04±51.11 [#]
cDKD 组	25	15/10	64.72±5.71	24.36±2.24	154.16±7.38 ^{#△}	83.32±5.78	9.21±1.70	379.38±59.88 [#]
χ^2/F		0.887	1.880	2.022	146.292	2.760	0.055	9.745
<i>P</i>		0.642	0.157	0.137	<0.001	0.067	0.946	<0.001

组别	<i>n</i>	CysC (mg/L)	AST (U/L)	ALT (U/L)	TB (μmol/L)	HDL-C (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	UACR
DM 组	60	1.11±0.35	19.74±4.80	19.60±9.46	12.49±3.74	1.17±0.27	2.45±0.75	10.40±4.44
eDKD 组	35	1.38±0.38 [#]	19.42±4.43	17.05±7.34	12.40±3.55	1.14±0.26	2.51±0.86	125.30±57.02 [#]
cDKD 组	25	2.29±0.46 ^{#△}	21.14±4.41	18.96±8.51	13.34±2.97	1.13±0.26	2.62±0.93	501.35±181.61 ^{#△}
χ^2/F		83.898	1.131	0.747	0.627	0.348	0.373	276.885
<i>P</i>		<0.001	0.326	0.476	0.536	0.707	0.698	<0.001

注:与 DM 组比较,[#] $P < 0.05$;与 eDKD 组比较,[△] $P < 0.05$ 。

2.3 DKD 患者 UACR 与血清 Hcy 水平及 TEG 相关参数的相关性分析 Pearson 相关分析结果显示,

DKD 患者 UACR 与 K 呈负相关($r=-0.486, P<0.05$),与血清 Hcy 水平及 Angle、MA、CI 均呈正相关($r=0.511, 0.470, 0.586, 0.455, P<0.05$),与 R 无相关性($P=0.604$)。

表 2 3 组血清 Hcy 水平及 TEG 相关参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	<i>n</i>	Hcy (μmol/L)	R(min)	K(min)	Angle(°)	MA(mm)	CI
DM 组	60	9.68±3.27	5.93±0.65	2.16±0.32	64.81±4.44	64.71±4.37	0.88±0.84
eDKD 组	35	11.56±2.90 [#]	5.80±0.51	1.86±0.41 [#]	68.74±4.93 [#]	68.74±4.93 [#]	1.61±0.86 [#]
cDKD 组	25	16.06±3.11 ^{#△}	5.89±0.51	1.49±0.37 ^{#△}	75.05±5.49 ^{#△}	73.33±4.27 ^{#△}	2.20±1.10 ^{#△}
<i>F</i>		36.515	0.545	31.536	19.129	40.411	20.630
<i>P</i>		<0.001	0.581	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:与 DM 组比较,[#] $P<0.05$;与 eDKD 组比较,[△] $P<0.05$ 。

2.4 T2DM 患者发生 DKD 的多因素 Logistic 回归分析 以是否发生 DKD 为因变量(发生=1,未发生=0),将表 1、2 中差异有统计学意义的指标作为自变量(均原值输入,为减少过拟合将不纳入 CysC、UACR、UA)进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示,血清 Hcy 水平及入院首日 SBP、Angle、MA 升高,K 缩短是 T2DM 患者发生 DKD 的危险因素($P<0.05$)。见表 3。

2.5 血清 Hcy 及 TEG 相关参数对 T2DM 患者发生 DKD 的预测价值 以 eDKD 组、cDKD 组为阳性对照,DM 组为阴性对照,进行 ROC 曲线分析,结果显示血清 Hcy 及 K、Angle、MA 单独预测 T2DM 患者发生 DKD 的曲线下面积(AUC)分别为 0.780、0.794、0.760、0.808。4 项指标联合预测的 AUC 为 0.882,大于血清 Hcy 及 K、Angle、MA 单独检测的

AUC($Z=2.020, 2.809, 2.989, 2.361, P=0.043, 0.005, 0.003, 0.018$)。见图 1、表 4。

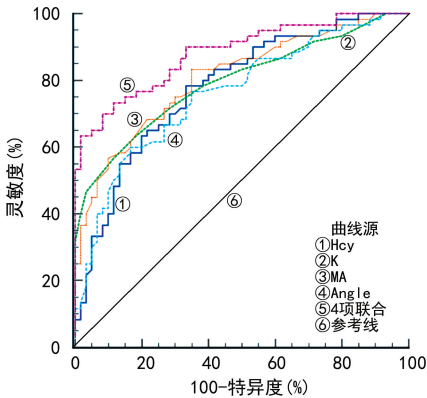


图 1 血清 Hcy、TEG 相关参数预测 T2DM 患者发生 DKD 的 ROC 曲线

表 3 T2DM 患者发生 DKD 的多因素 Logistic 回归分析

因素	β	<i>SE</i>	<i>Wald</i> χ^2	<i>OR</i>	<i>OR</i> 的 95% <i>CI</i>	<i>P</i>
入院首日 SBP	0.178	0.054	10.752	1.195	1.074~1.330	0.001
Hcy	0.201	0.099	4.135	1.223	1.007~1.484	0.042
K	-2.547	0.987	6.659	0.078	0.011~0.542	0.010
Angle	0.255	0.102	6.245	1.291	1.057~1.577	0.012
MA	0.173	0.079	4.750	1.189	1.018~1.389	0.029
CI	0.365	0.435	0.706	1.441	0.614~3.378	0.401

表 4 血清 Hcy、TEG 相关参数对 T2DM 患者发生 DKD 的预测价值

指标	AUC	约登指数	<i>P</i>	AUC 的 95% <i>CI</i>	灵敏度(%)	特异度(%)	最佳截断值
Hcy	0.780	0.450	<0.001	0.698~0.862	78.33	66.67	12.06 μmol/L
K	0.794	0.440	<0.001	0.714~0.874	63.33	80.67	1.75 min
Angle	0.760	0.433	<0.001	0.675~0.846	60.00	83.33	66.60 °
MA	0.808	0.483	<0.001	0.731~0.884	83.33	65.00	65.80 mm
4 项联合	0.882	0.617	<0.001	0.811~0.934	73.33	88.33	—

注:—表示无数据。

3 讨 论

DKD 患者以持续性蛋白尿和(或)肾小球滤过率

降低为主要特征,临床上通常将蛋白尿作为筛查肾损害的标志物之一^[10-11],但其有很多局限性及滞后性,

有时在早期阶段可能无法检测到,且即使没有清蛋白尿,肾脏病变也可能会发生^[12],因而还需进一步寻找肾损害标志物以对 DKD 进行早期诊断。本研究发现,eDKD 组 UA、CysC 水平较 DM 组升高,差异具有统计学意义($P < 0.05$),提示 UA、CysC 代谢可能在 DKD 患者肾脏病变中较早受到影响,且随疾病发展至 cDKD,CysC 水平较 DM 组和 eDKD 组升高,杨志清等^[13]研究结果也提示 CysC 水平可能与 DKD 患者肾功能损伤密切相关,对评估患者病情有重要价值。

Hcy 是一种含硫必需氨基酸,在机体内主要有再甲基化和转硫化 2 种代谢途径,其代谢需依赖叶酸及维生素 B 族等辅助因子参与。T2DM 患者常伴有持续高血糖、高血脂、胰岛素抵抗等代谢紊乱,胰岛素分泌量不足时会影响 Hcy 代谢过程中胱硫醚 β 合成酶等关键酶的活性,使得 Hcy 在机体内蓄积,引发高 Hcy 血症^[14]。众多研究发现,Hcy 是心脑血管、肺栓塞等疾病的影响因素,对冠心病、脑卒中、动脉粥样硬化、阿尔茨海默病等疾病具有较高的诊断价值^[15]。而 Hcy 与 DKD 也存在一定的关系,Hcy 进入血液循环激活氧化应激途径,增强机体中自由基的活性,抑制肾血管内皮细胞一氧化氮的合成与释放,且还能促进炎症因子使肾小球系膜细胞损伤,刺激血小板诱导微血管平滑肌细胞增殖,进而引起肾小球内压升高;强化脂质过氧化水平,脂肪堆积加重血管壁及血管内皮损伤;另外,Hcy 还可激发血管活性物质分泌,增强血小板聚集功能和组织因子活性等,导致血液黏性增加形成微血栓,从而触发肾脏微循环功能障碍与排泄受阻,诱发并加剧 DKD 发展^[16-17],继而造成微血栓和肾损伤之间的恶性循环。本研究发现,eDKD 组及 cDKD 组血清 Hcy 水平较 DM 组明显升高,差异具有统计学意义($P < 0.05$),且与 DKD 患者 UACR 呈正相关($P < 0.05$),提示 Hcy 在 DKD 患者中高表达,且进入临床蛋白尿期的 DKD 患者血清 Hcy 水平进一步提高,与肾损害严重程度相关,与 YE 等^[18]研究结果基本一致,阐明 Hcy 参与糖尿病患者肾脏损害发生发展过程,为预测早期 DKD 指明了新研究方向。

DKD 患者糖代谢障碍常伴有凝血功能紊乱,TEG 可连续监测从凝血启动至血栓形成和溶解的完整过程,还可以动态地监测血小板功能,在临床工作中越来越受重视^[19]。DKD 患者持续高血糖状态会引起抗氧化系统损伤,释放炎症因子,出现凝血功能紊乱形成血栓前状态。随着肾功能损害,出现凝血因子的激活增加、血小板的高反应性、纤维蛋白溶解减少而表现出更高的血栓形成倾向^[20]。在曾覃平等^[21]研究表明,TEG 能有效用于监测 DKD 患者发生肾脏病变、凝血功能紊乱。基于此,本研究发现,与 DM 组相比,eDKD 组和 cDKD 组参数 K 缩短,Angle、MA、CI 升高,差异均有统计学意义($P < 0.05$),提示 DKD 患者较单纯 T2DM 患者血液呈现出高凝状态,符合

DKD 的临床进展过程。相关性分析结果显示,DKD 患者 UACR 与参数 R 无相关性($P > 0.05$),与参数 K 呈负相关($P < 0.05$),与参数 Angle、MA、CI 均呈正相关($P < 0.05$)。HU 等^[22]研究也表明,随 DKD 患者肾脏损伤严重程度的增加,TEG 中参数 K 逐渐缩短,参数 Angle、MA 逐渐升高,这与本研究结果基本一致。推测与正常清蛋白尿和微量清蛋白尿患者相比,伴有大量清蛋白尿的 DKD 患者中纤维蛋白原和血小板活化的趋势更为严重,血凝块形成的速率加快、用时缩短,形成的血凝块稳定性及强度增强,高凝风险进一步增加,在临床中 TEG 参数可作为监测 DKD 病情的指标之一。

研究发现,T2DM 患者合并肾脏病变时血清 Hcy 水平升高,表现出凝血和纤溶功能异常,可作为肾脏病变发生、发展的重要观察指标^[16]。本研究多因素 Logistic 回归分析结果显示,入院首日 SBP、Hcy、Angle、MA 升高、K 缩短是 T2DM 患者发生 DKD 的危险因素($P < 0.05$),提示上述指标可作为 T2DM 患者发生肾脏病变潜在的预测因子。章丹等^[23]研究发现,高血压可导致肾小球内压增高,促进平滑肌细胞增殖和迁移,加速肾小球硬化过程,使得肾动脉硬化,需及早控制并有效管理收缩压水平,可延缓肾损伤。本研究中 Hcy、K、Angle、MA 预测 T2DM 患者发生 DKD 有一定的价值,AUC 分别为 0.780、0.794、0.760、0.808,4 项指标联合检测的 AUC 为 0.882,较单独检测的预测效能提高,表明联合检测为临床诊断提供的参考依据更加准确。

综上所述,在 DKD 患者中 K 显著缩短,而 Angle、MA 及血清 Hcy 水平显著升高,与患者疾病进展密切相关,将 TEG 中参数 K、Angle、MA 和血清 Hcy 进行联合检测对 T2DM 患者肾脏病变的早期诊断有潜在临床价值。未来针对 T2DM 患者,要尽早识别出血清 Hcy 升高及 TEG 参数异常者,同时及时给予有效的抗凝等治疗^[24],进而减少肾损伤,提高患者的生存质量。

参考文献

- [1] 葛均波,翁建平,曾强.2 型糖尿病患者泛血管疾病风险评估与管理中国专家共识(2022 版)[J].中国循环杂志,2022,37(10):974-990.
- [2] HOU Y C, WANG B S, YIN L H, et al. Funding: this study was funded. effects of occupational noise and dust exposure on fasting plasma glucose in workers[J]. J Env Occup Med, 2023, 40(12):1411-1418.
- [3] 杨婉莹,李彩娟,刘欣,等.糖尿病肾病发病机制、诊断、检查及治疗[J].黑龙江医学,2023,47(23):2935-2938.
- [4] YIN Z, WANG X, YANG X, et al. Salvia miltiorrhiza in anti-diabetic angiopathy[J]. Curr Mol Pharmacol, 2021, 14(6):960-974.
- [5] 刘培欣,廖世波,吴敏.血栓弹力图在 2 型糖尿病并发症

中的应用[J]. 安徽医药, 2024, 28(5): 1029-1033.

[6] LI H, LIU C, ZHANG J, et al. The association of homocysteine level with the risk of diabetic nephropathy and diabetic retinopathy in NHANES[J]. Acta Diabetologica, 2023, 60(7): 907-916.

[7] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(9): 757-784.

[8] ROSSING P, CARAMORI M L, CHAN J C N, et al. Executive summary of the KDIGO 2022 clinical practice guideline for diabetes management in chronic kidney disease: an update based on rapidly emerging new evidence [J]. Kidney Int, 2022, 102(5): 990-999.

[9] 中华医学会肾脏病学分会专家组. 糖尿病肾脏疾病临床诊疗中国指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2021, 37(3): 255-304.

[10] 彭兆康, 高宇, 刘晓燕. 血清 dp-ucMGP、BGP 水平与 2 型糖尿病肾脏病变的相关性及预测价值[J]. 西部医学, 2023, 35(2): 251-255.

[11] NOOR S, MOHAMMAD T, ASHRAF G M, et al. Mechanistic insights into the role of serum-glucocorticoid kinase 1 in diabetic nephropathy: a systematic review[J]. Int J Biol Macromol, 2021, 193(Pt A): 562-573.

[12] THIPSAWAT S. Early detection of diabetic nephropathy in patient with type 2 diabetes mellitus: a review of the literature[J]. Diab Vasc Dis Res, 2021, 18(6): 1-9.

[13] 杨志清, 齐昊, 韩笑. 胱抑素 C、 β_2 微球蛋白、尿酸在糖尿病肾病早期诊断中的价值[J]. 中国卫生检验杂志, 2021, 31(6): 641-644.

[14] 范佳双, 韩睿. 2 型糖尿病患者高同型半胱氨酸与糖尿病血管病变相关性研究进展[J]. 云南医药, 2019, 40(1): 81-84.

[15] CARRIZZO A, ISIDE C, NEBBIOSO A, et al. SIRT1 pharmacological activation rescues vascular dysfunction and prevents thrombosis in MTHFR deficiency[J]. Cell Mol Life Sci, 2022, 79(8): 410.

[16] 金雅琼, 彭康康. 2 型糖尿病微血管病变患者同型半胱氨酸与凝血指标的相关性及临床分析[J]. 糖尿病新世界, 2021, 24(18): 26-29.

[17] 梁爽, 郭贺, 李洪军. 血尿酸、血同型半胱氨酸与糖尿病肾病相关性的研究进展[J]. 中国实验诊断学, 2023, 27(2): 231-234.

[18] YE B, ZHU X, ZENG Z, et al. Clinical significance of serum homocysteine as a biomarker for early diagnosis of diabetic nephropathy in type 2 diabetes mellitus patients [J]. Pteridines, 2021, 32(1): 11-16.

[19] 胡凯伦, 范顺阳, 崔琰琰, 等. 血栓弹力图的研究进展[J]. 临床医学进展, 2022, 12(5): 4414-4421.

[20] ALSHARIDAH A S. Diabetes mellitus and diabetic nephropathy: a review of the literature on hemostatic changes in coagulation and thrombosis[J]. Blood research, 2022, 57(2): 101-105.

[21] 曾覃平, 李盛, 杜秀娟, 等. 2 型糖尿病患者肾脏病变血栓弹力图参数的变化[J]. 四川医学, 2020, 41(10): 1071-1074.

[22] HU B, ZHANG L, ZHAO Z S, et al. The predictive value of thromboelastography (TEG) parameters in vascular complications in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. J Diab Compl, 2022, 36(8): 108236.

[23] 章丹, 胡琛亮. T2DM 患者血清 Hcy、TSH 水平与肾脏病变的相关性[J]. 中南医学科学杂志, 2023, 51(6): 956-959.

[24] 王平, 于文武, 王立, 等. 血栓弹力图评测降糖消瘀汤对 2 型糖尿病患者抗栓疗效的研究[J]. 内蒙古中医药, 2023, 42(4): 16-18.

(收稿日期: 2024-09-11 修回日期: 2024-12-30)

(上接第 1099 页)

[9] 胡健, 杨震坤, 闫小响, 等. 经皮冠状动脉介入术和冠状动脉旁路移植术对 80 岁以上左前支慢性闭塞患者的疗效比较[J]. 内科理论与实践, 2022, 17(1): 70-72.

[10] 马小龙, 李温斌, 王坚刚, 等. 冠状动脉旁路移植术后 1 年内接受经皮冠状动脉介入治疗的临床特征与随访结果研究[J]. 心肺血管病杂志, 2022, 41(2): 152-157.

[11] 田晋帆, 邢浩然, 张丽君, 等. 经皮冠状动脉介入治疗冠状动脉慢性完全闭塞病变面临的思考与挑战[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(10): 1093-1097.

[12] 赵杰, 郝家林, 赵雪燕, 等. 比伐芦定在冠状动脉慢性完全闭塞病变经皮冠状动脉介入治疗围术期应用中的有效性和安全性临床观察[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29(1): 9-14.

[13] 骆炳政, 李明奇, 马墩亮, 等. 心肌灌注分型对冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗的疗效评估[J]. 中山大学学报 (医学科学版), 2023, 44(5): 840-846.

[14] 徐绥宁, 杨茂森, 沙治霖, 等. 经皮冠状动脉介入治疗对既往冠状动脉旁路移植术的冠状动脉慢性完全闭塞冠心病患者生活质量的影响[J]. 心脏杂志, 2020, 32(4): 344-349.

[15] 王鑫, 侯跃辉, 李小军, 等. 益气强心汤对冠脉慢性完全闭塞病变心衰患者心室重构影响[J]. 浙江中西医结合杂志, 2023, 33(2): 101-105.

[16] 魏恒争. 冠脉慢性完全闭塞病变闭塞支数对心肌功能及心室重构的影响[J]. 承德医学院学报, 2020, 37(1): 15-18.

[17] 张伟, 巩芸. 桡动脉入路经皮冠状动脉介入术治疗老年冠心病合并冠状动脉慢性完全闭塞病变疗效及安全性[J]. 慢性病学杂志, 2020(3): 452-453.

[18] 付芳芳, 董晋. 冠状动脉慢性闭塞性病变经皮冠状动脉介入治疗术后血脂管理探索[J]. 中国药物与临床, 2020, 20(11): 1823-1824.

[19] 管浩, 杨卓璇, 管常东, 等. 冠状动脉支架内慢性完全闭塞病变介入治疗 5 年预后研究[J]. 中华心血管病杂志, 2021, 49(8): 770-775.

(收稿日期: 2024-08-16 修回日期: 2024-11-21)