

# 尿蛋白定量与尿血细胞形态分析在慢性肾脏病早期预警系统中的应用研究

孙君 张宝红 田媛媛 张艳华 张林  
(首都医科大学附属北京友谊医院检验科, 北京 100050)

**【摘要】** 目的 探讨尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合对慢性肾脏病(CKD)的诊断价值,为临床早期预警提供指导。方法 选择 2023 年 4 月—2024 年 3 月我院收治的疑似 CKD 患者作为研究对象,筛选出经肾活检穿刺确诊为 CKD 的 126 例患者作为 CKD 组,63 例确诊为非 CKD 患者作为非 CKD 组。比较两组患者的临床资料;多因素 Logistic 回归分析影响 CKD 发生的因素;多元线性回归分析尿血细胞形态参数[平均红细胞容积(MCV)、平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞体积分布宽度(RDW)、平均红细胞血红蛋白含量(MCH)、红细胞比容(HCT)]、24 h 尿蛋白与肾功能指标[血尿素氮(BUN)、肌酐(Cr)]的关系;限制性立方样条分析尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与 CKD 风险的剂量-反应关系;受试者工作特征(ROC)曲线评价尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合对 CKD 的诊断效能;比较尿蛋白定量与尿血细胞形态分析诊断 CKD 类型的符合率。结果 CKD 组高脂血症比例、BUN、Cr、24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 明显高于非 CKD 组,MCH、HCT 明显低于非 CKD 组( $P < 0.05$ );高脂血症、BUN、Cr、24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 增加是影响 CKD 发生的危险因素,MCH、HCT 增加是保护因素( $P < 0.05$ ),且均与 CKD 发生风险呈非线性剂量-反应关系( $P_{\text{non-linearity}} < 0.05$ );多元线性回归分析结果显示,24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 是能预测 BUN、Cr 升高的独立危险因素,MCH、HCT 是独立保护因素( $P < 0.05$ );尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合诊断 CKD 的灵敏度分别为 80.95%、76.19%和 95.24%,特异度分别为 84.13%、82.54%和 92.06%,准确度分别为 82.01%、78.31%和 94.18%,ROC 曲线下面积分别为 0.762(0.685~0.812)、0.799(0.731~0.845)和 0.847(0.811~0.902);尿蛋白定量、尿血细胞形态分析诊断 CKD 类型的符合率差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.184, P = 0.668$ )。结论 24 h 尿蛋白及尿血细胞形态参数与 CKD 发生相关,尿蛋白定量联合尿血细胞形态分析能够提高对 CKD 的诊断效能。

**【关键词】** 慢性肾脏病;尿蛋白定量;尿血细胞形态分析;影响因素;诊断效能

**【中图分类号】** R692 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2025.07.012

## Study on the application of quantitative urine protein and morphological analysis of urine blood cells in the early warning system of chronic kidney disease

SUN Jun, ZHANG Baohong, TIAN Yuanyuan, ZHANG Yanhua, ZHANG Lin

(Department of Laboratory Medicine, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China)

**【Abstract】** **Objective** To explore the diagnostic value of urine protein quantity, urine blood cell morphology analysis and their combination in chronic kidney disease (CKD), and provide guidance for clinical early warning. **Methods** CKD patients admitted to our hospital from April 2023 to March 2024 were selected as subjects. 126 patients with CKD diagnosed by renal biopsy were selected as CKD group, and 63 patients with non-CKD were selected as non-CKD group. The clinical data of the two groups were compared. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the factors affecting the occurrence of CKD. Multiple linear regression was used to analyze the relationship between urinary blood cell morphological parameters, 24 h urinary protein and renal function indexes. Restricted cubic splines were used to analyze the dose-response relationship between urinary blood cell morphological parameters, 24 h urinary protein and the risk

通信作者:张林,主任医师,E-mail:zhanglin\_26@sohu.com

引用本文:孙君,张宝红,田媛媛,等.尿蛋白定量与尿血细胞形态分析在慢性肾脏病早期预警系统中的应用研究[J].西部医学,2025,37(7):1004-1010. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2025.07.012

of CKD. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the quantity of urinary protein, the morphological analysis of urine blood cells and the diagnostic efficacy of the combination of the two in the diagnosis of CKD. To compare the coincidence rate of urinary protein quantity and urine blood cell morphological analysis in the diagnosis of CKD type. **Results** The proportion of hyperlipidemia, blood urea nitrogen (BUN), creatinine (Cr), 24 h urinary protein, mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) and erythrocyte volume distribution width (RDW) in CKD group were significantly higher than those in non-CKD group, while mean corpuscular hemoglobin content (MCH) and hematocrit (HCT) were significantly lower than those in non-CKD group ( $P < 0.05$ ). Hyperlipidemia, BUN, Cr, 24 h urinary protein, MCV, MCHC and RDW were risk factors for CKD, while MCH and HCT were protective factors ( $P < 0.05$ ). There was a non-linear dose-response relationship between hyperlipidemia and CKD ( $P_{\text{non-linearity}} < 0.001$ ). Multiple linear regression analysis showed that 24 h urinary protein, MCV, MCHC and RDW were independent risk factors for predicting the increase of BUN and Cr, while MCH and HCT were independent protective factors ( $P < 0.05$ ). The sensitivity of urine protein quantification, urine blood cell morphology analysis, and their combined diagnosis for CKD were 80.95%, 76.19%, and 95.24%, respectively, with specificity of 84.13%, 82.54%, and 92.06%, accuracy of 82.01%, 78.31%, and 94.18%, respectively. The areas under the ROC curve were 0.762 (0.685~0.812), 0.799 (0.731~0.845), and 0.847 (0.811~0.902), respectively. There was no significant difference in the coincidence rate of urine protein quantity and urine blood cell morphology analysis in the diagnosis of CKD type ( $\chi^2 = 0.184$ ,  $P = 0.668$ ). **Conclusion** 24-hour urinary protein and morphological parameters of urine blood cells are related to the occurrence of CKD. Quantitative urine protein combined with morphological analysis of urine blood cells can improve the diagnostic efficiency of CKD.

**【Key words】** Chronic kidney disease; Urinary protein quantification; Morphological analysis of urine blood cells; Influencing factors; Diagnostic efficiency

慢性肾脏病(Chronic kidney disease,CKD)作为影响全球公共卫生的重要问题,其早期诊断与干预对于改善患者的生活质量、延缓疾病进展至关重要<sup>[1-2]</sup>。然而,由于CKD早期症状不典型,许多患者往往在疾病进展到晚期才被发现,这极大地增加了治疗难度和患者负担<sup>[3]</sup>。因此,寻找准确、敏感的诊断方法,构建CKD早期预警系统,已成为当前研究的迫切需求。尿蛋白定量和尿血细胞形态分析作为常用的尿液检测指标,在肾脏疾病的诊断中发挥着重要作用<sup>[4]</sup>。尿蛋白定量能够直接反映肾小球滤过功能的状态,是评估肾脏疾病病情严重程度的重要指标之一<sup>[5]</sup>。而尿血细胞形态分析则能够揭示肾小管、肾间质等肾脏结构的损伤情况,为肾脏疾病的诊断提供更为全面的信息<sup>[6]</sup>。近年来,随着医学技术的不断进步和临床研究的深入,越来越多的学者开始关注尿蛋白定量与尿血细胞形态分析在CKD早期诊断中的应用价值。Srivastava等<sup>[7]</sup>证实,尿白蛋白/尿蛋白比值与肾脏病患者病理组织学改变存在明显相关性,且其对肾脏病的诊断效能明显高于尿蛋白/肌酐(Creatinine,Cr)比值、尿白蛋白/Cr比值。冉曦等<sup>[8]</sup>的一篇综述阐明了尿红细胞形态分析在区分肾性与非肾性血尿中具有重要的临床意义,获得众多学者的研究认可,但目前关于其诊断标准尚未得出统一结论,且仍需配合CT、膀胱镜检查。童宣进等<sup>[9]</sup>发现,尿蛋白定量联合尿红细胞形态分析能够提高对肾病的诊断效能。但目前关于二

者联合诊断CKD的研究较少,且缺少大量的临床数据证实。本研究旨在分析24h尿蛋白及尿血细胞形态参数与CKD发生的关系,进一步探究尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合对CKD的诊断效能,以为CKD的早期诊断提供更加准确、可靠的方法,为患者的治疗提供更加精确的指导。

## 1 资料与方法

1.1 研究对象 选择2023年4月—2024年3月我院收治的疑似CKD患者作为研究对象,均行尿蛋白定量检测、尿血细胞形态学检查及肾活检穿刺,筛选出经肾活检穿刺确诊为CKD的126例患者作为CKD组,63例确诊为非CKD患者作为非CKD组。本研究获我院医学伦理委员会审批(审批号:KY2022015)。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:①伴有不同程度的蛋白尿和(或)血尿等症状。②行尿蛋白定量检测、尿血细胞形态学检查及肾活检穿刺。③临床资料完整。④患者及家属知情并签署知情同意书。排除标准:①严重精神障碍。②膀胱炎、泌尿系结石等引起的血尿。③不配合检查者。④存在恶性肿瘤、严重心脏瓣膜病变、重度心功能不全等影响尿红细胞参数的血液系统疾病者。⑤合并肾衰竭者。

1.3 观察指标 ①一般资料:性别、年龄、身体质量指数(BMI)、吸烟史、饮酒史、饮食偏好(清淡、嗜盐)、运动习惯(从不、偶尔、每周至少1次、每天)、高血压、糖尿病、冠心病、脂肪肝、高脂血症,测量入院时平均

收缩压、平均舒张压。②实验室指标:采集研究对象入院时空腹静脉血,采用 AU5421 全自动生化分析仪(美国贝克曼库尔特公司)及配套试剂检测甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、空腹血糖(Fasting blood glucose, FBG)、谷草转氨酶(Glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)、谷丙转氨酶(ALT)、血清 Cr、血尿素氮(BUN)水平;采用 XE2100 型血细胞分析仪(日本 SYSMEX 公司)测定血红蛋白(Hb)水平。③24 h 尿蛋白定量检测:研究对象从清晨 7:00 排空小便后开始收集 24 h 小便,摇匀后取 5 mL,采用 AU5421 全自动生化分析仪(美国贝克曼库尔特公司)测定 24 h 尿蛋白量。④尿血细胞形态参数:取 2 mL 尿液标本,采用 BC-5390 型全自动五分类血球分析仪(迈瑞公司)测定平均红细胞容积(Mean red blood cell volume, MCV)、平均红细胞血红蛋白浓度(Mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、平均红细胞血红蛋白含量(Mean corpuscular hemoglobin, MCH)、红细胞体积分布宽度(Red blood cell volume distribution width, RDW)和红细胞比容(Hematocrit, HCT)。

1.4 诊断标准 ①尿蛋白定量:按照 1.3 中的方法测定 24 h 尿蛋白总量,若其 $\geq 0.15$  g/d 则判定为阳性<sup>[10]</sup>。分析尿蛋白电泳图谱,将 CKD 类型分为肾小球性、肾小管性和混合性蛋白尿。②尿血细胞形态分

析:取 10 mL 尿液标本,离心并留取 0.2 mL 沉渣,通过相差显微镜(上海巴拓仪器有限公司)观察红细胞形态学变化,计算畸形红细胞百分率,若 $>80\%$ 则诊断为肾小球性血尿(非均一);若占比为 $20\% \sim 80\%$ 则为混合性血尿(混合);若占比 $<20\%$ ,且尿红细胞大小及形态均一,表面光滑,则为非肾小球性血尿(均一)<sup>[11]</sup>。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 软件进行数据分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料以率(%)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验;多因素 Logistic 回归分析影响 CKD 发生的因素;多元线性回归分析尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与肾功能指标 BUN、Cr 的关系;限制性立方样条分析尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与 CKD 发生风险的剂量-反应关系;以肾活检穿刺检查为金标准,通过灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度及受试者工作特征(ROC)曲线评价尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合检测对 CKD 的诊断效能;通过计算符合率评估尿蛋白定量、尿血细胞形态分析对 CKD 类型的鉴别价值。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组临床资料比较 CKD 组高脂血症比例、BUN、Cr、24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 明显高于非 CKD 组, MCH、HCT 明显低于非 CKD 组,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 1。

表 1 两组临床资料比较 [ $n(\times 10^{-2})$ , ( $\bar{x} \pm s$ )]

Table 1 Comparison of clinical data between the two groups

组别	非 CKD 组 ( <i>n</i> =63)	CKD 组 ( <i>n</i> =126)	<i>t</i> / $\chi^2$	<i>P</i>	组别	非 CKD 组 ( <i>n</i> =63)	CKD 组 ( <i>n</i> =126)	<i>t</i> / $\chi^2$	<i>P</i>
性别			0.278	0.598	高脂血症	24(38.10)	68(53.97)	4.236	0.040
男	40(63.49)	75(59.52)			平均收缩压(mmHg)	151.32 $\pm$ 15.24	150.73 $\pm$ 14.96	0.254	0.800
女	23(36.51)	51(40.48)			平均舒张压(mmHg)	84.25 $\pm$ 9.12	83.01 $\pm$ 10.28	0.811	0.418
年龄(岁)	68.42 $\pm$ 6.11	67.83 $\pm$ 5.89	0.619	0.536	TG(mmol/L)	1.45 $\pm$ 0.57	1.58 $\pm$ 0.61	1.411	0.160
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.95 $\pm$ 2.02	23.14 $\pm$ 2.18	0.579	0.564	TC(mmol/L)	5.14 $\pm$ 1.21	5.22 $\pm$ 1.36	0.395	0.693
吸烟史	37(58.73)	70(55.56)	0.172	0.678	LDL-C(mmol/L)	3.06 $\pm$ 0.95	3.14 $\pm$ 1.02	0.520	0.604
饮酒史	31(49.21)	69(54.76)	0.520	0.471	HDL-C(mmol/L)	1.51 $\pm$ 0.49	1.44 $\pm$ 0.45	0.978	0.329
饮食偏好			0.777	0.378	FBG(mmol/L)	5.71 $\pm$ 1.28	6.12 $\pm$ 1.43	1.923	0.056
清淡	52(82.54)	97(76.98)			Hb(g/L)	132.47 $\pm$ 11.85	132.08 $\pm$ 12.06	0.211	0.833
嗜盐	11(17.46)	29(23.02)			ALT(U/L)	18.39 $\pm$ 5.82	18.45 $\pm$ 6.02	0.065	0.948
运动习惯			1.140	0.768	GOT(U/L)	20.35 $\pm$ 6.11	20.09 $\pm$ 5.92	0.282	0.779
从不	27(42.86)	61(48.41)			BUN(mmol/L)	5.89 $\pm$ 1.46	6.52 $\pm$ 2.08	2.152	0.033
偶尔	10(15.87)	22(17.46)			Cr( $\mu$ mol/L)	60.89 $\pm$ 10.43	64.42 $\pm$ 11.16	2.094	0.038
每周至少 1 次	6(9.52)	8(6.35)			24 h 尿蛋白(g)	0.12 $\pm$ 0.03	0.19 $\pm$ 0.08	6.706	$<0.001$
每天	20(31.75)	35(27.78)			MCV(fl)	81.62 $\pm$ 15.43	88.41 $\pm$ 21.39	2.243	0.026
高血压	15(23.81)	39(30.95)	1.050	0.306	MCHC(g/L)	314.85 $\pm$ 47.69	338.65 $\pm$ 53.77	2.976	0.003
糖尿病	16(25.40)	42(33.33)	1.244	0.265	MCH(pg)	32.06 $\pm$ 9.54	28.67 $\pm$ 10.02	2.227	0.027
冠心病	19(30.16)	41(32.54)	0.110	0.740	RDW(%)	12.85 $\pm$ 2.96	15.04 $\pm$ 3.47	4.288	$<0.001$
脂肪肝	13(20.63)	35(27.78)	1.131	0.288	HCT(%)	0.45 $\pm$ 0.12	0.29 $\pm$ 0.11	9.143	$<0.001$

## 2.2 多因素 Logistic 回归分析影响 CKD 发生的因素

将 CKD 组与非 CKD 组间差异具有统计学意义的指标作为自变量,将 CKD 发生情况(未发生=0,发生=1)作为因变量,多因素 Logistic 回归分析结果显示,高脂血症、BUN、Cr、24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 增加是影响 CKD 发生的危险因素,MCH、HCT 增加是保护因素( $P<0.05$ ),见表 2。

表 2 多因素 Logistic 回归分析影响 CKD 发生的因素

Table 2 Multivariate logistic regression analysis of factors affecting the occurrence of CKD

指标	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR(95%CI)
高脂血症	1.120	0.601	3.473	0.022	3.065(2.764~3.366)
BUN(mmol/L)	1.333	0.528	6.373	0.008	3.792(3.028~4.556)
Cr( $\mu$ mol/L)	0.972	0.542	3.213	0.029	2.642(2.249~3.035)
24 h 尿蛋白(g)	1.521	0.426	12.745	<0.001	4.576(4.072~5.080)
MCV(fl)	0.687	0.390	3.100	0.041	1.987(1.428~2.546)
MCHC(g/L)	1.221	0.537	5.166	0.011	3.389(2.893~3.885)
MCH(pg)	-1.133	0.579	3.831	0.017	0.322(0.265~0.379)
RDW(%)	1.455	0.495	8.636	0.004	4.283(3.775~4.791)
HCT(%)	-1.565	0.412	14.437	<0.001	0.209(0.124~0.294)

表 3 尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与肾功能指标的多元线性回归分析

Table 3 Multiple linear regression analysis of morphological parameters of urine blood cells, 24-hour urine protein, and renal function indicators

肾功能指标	24 h 尿蛋白		MCV		MCHC	
	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P
BUN						
未校正模型	39.457(32.416~46.498)	0.001	24.912(20.028~29.796)	0.020	29.872(22.406~37.338)	0.014
模型 1	28.736(21.783~35.689)	0.015	18.556(12.374~24.738)	0.030	20.045(14.731~25.359)	0.028
模型 2	19.242(16.502~21.982)	0.030	10.237(8.426~12.048)	0.042	13.479(8.645~18.313)	0.033
Cr						
未校正模型	36.425(29.478~43.372)	0.005	20.733(11.437~30.029)	0.028	28.743(22.415~35.071)	0.015
模型 1	28.714(22.379~35.049)	0.015	17.091(14.712~19.470)	0.031	20.045(16.372~23.718)	0.029
模型 2	25.042(18.749~31.335)	0.018	12.429(9.645~15.213)	0.034	17.426(12.841~22.011)	0.031
肾功能指标	MCH		RDW		HCT	
	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P	$\beta$ (95%CI)	P
BUN						
未校正模型	-27.587(-31.649~-23.525)	0.016	32.428(25.373~39.483)	0.012	-42.641(-50.851~-34.431)	<0.001
模型 1	-19.425(-22.406~-16.444)	0.029	22.419(19.045~25.793)	0.024	-35.429(-41.581~-29.277)	0.010
模型 2	-12.413(-18.702~-6.124)	0.035	15.026(12.411~17.641)	0.031	-21.282(-29.733~-12.831)	0.026
Cr						
未校正模型	-22.648(-29.745~-15.551)	0.023	33.589(30.029~37.149)	0.010	-39.821(-45.875~-33.767)	<0.001
模型 1	-18.432(-22.321~-14.543)	0.031	26.402(21.543~31.261)	0.017	-33.164(-39.062~-27.266)	0.011
模型 2	-14.573(-20.876~-8.270)	0.033	19.028(13.414~24.642)	0.031	-20.306(-28.725~-11.887)	0.029

注:模型 1 为校正性别、年龄、BMI、吸烟史、饮酒史、饮食偏好、运动习惯;模型 2 为在模型 1 的基础上校正高血压、糖尿病、冠心病、脂肪肝、高脂血症。

2.5 尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合对 CKD 的检出情况及诊断效能 以肾活检穿刺为金标准,评估尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合对 CKD 的检出情况及诊断效能,结果显示,上述 3 种方法对 CKD 的检出率分别为 59.26%(112/189)、56.61%(107/189)和 66.14%(125/189),ROC 曲线下面积分别为 0.762(0.685~0.812)、0.799(0.731~0.845)和 0.847(0.811~0.902),二者联合检测的灵

2.3 尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与肾功能指标关系的多元线性回归分析 未校正模型中,BUN、Cr 水平升高风险分别随着 24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 的增加而增加( $\beta>0, P<0.05$ ),随着 MCH、HCT 的增加而降低( $\beta<0, P<0.05$ );在调整性别、年龄、BMI 等混杂因素的模型 1 中 BUN、Cr 水平升高风险仍随着上述尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白的变化而显著改变( $P<0.05$ );在进一步调整混杂因素(模型 2)后发现,24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 是能预测 BUN、Cr 升高的独立危险因素,MCH、HCT 是独立保护因素( $P<0.05$ ),见表 3。

2.4 限制性立方样条图分析尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与 CKD 风险的关系 限制性立方样条分析结果显示,24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、MCH、RDW、HCT 均与 CKD 发生风险呈非线性剂量-反应关系( $P_{\text{non-linearity}} = 0.012, 0.036, 0.021, 0.034, 0.025, 0.008$ ),见图 1。

敏度、阴性预测值、准确度及 ROC 曲线下面积均明显高于二者单独诊断( $P<0.05$ ),见表 4、图 2。

2.6 尿蛋白定量、尿血细胞形态分析对 CKD 类型诊断情况及符合率 尿蛋白定量、尿血细胞形态分析诊断 CKD 类型的符合率分别为 91.27%(115/126)和 89.68%(113/126),两者间差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.184, P=0.668$ ),见表 5~6。

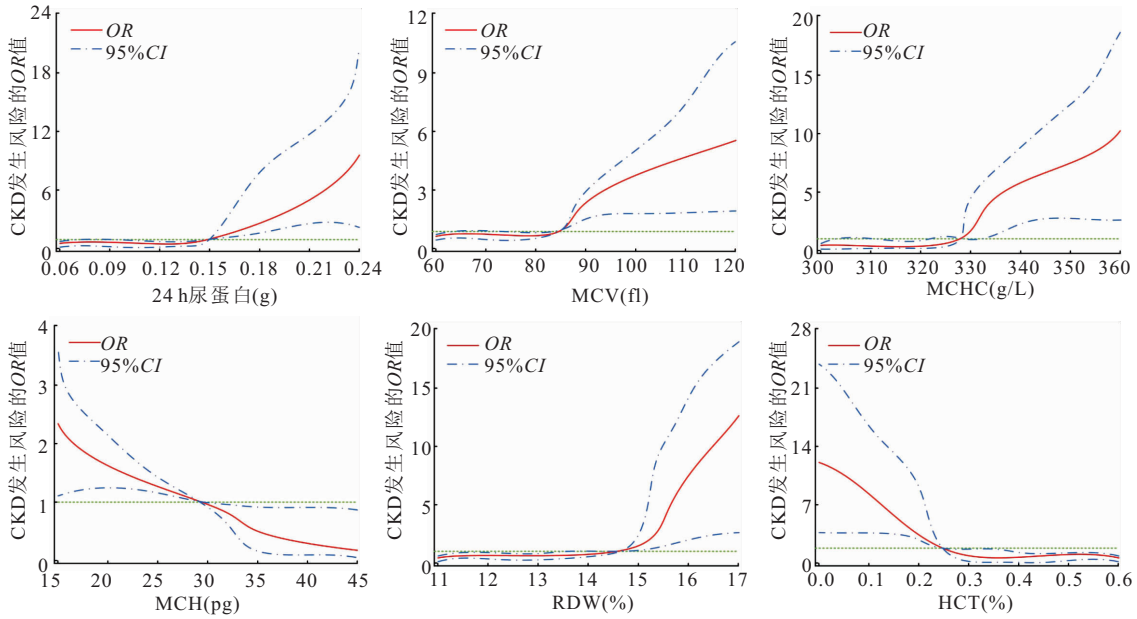


图 1 尿血细胞形态参数、24 h 尿蛋白与 CKD 风险关系的限制性立方样条图

Figure 1 Restricted cubic spline diagram of the relationship between urinary blood cell morphological parameters, 24-hour urinary protein, and CKD risk

表 4 尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合对 CKD 的检出情况及诊断效能

Table 4 Quantitative analysis of urine protein, morphological analysis of urine and blood cells, and their combined detection and diagnostic efficacy for CKD

检查方法	肾活检穿刺			灵敏度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)	准确度(%)
	阳性	阴性	合计					
尿蛋白定量	阳性	102	10	80.95	84.13	91.07	68.83	82.01
	阴性	24	53					
尿血细胞形态	阳性	96	11	76.19	82.54	89.72	63.41	78.31
	阴性	30	52					
联合检测	阳性	120	5	95.24	92.06	96.00	90.63	94.18
	阴性	6	58					
合计		126	63					

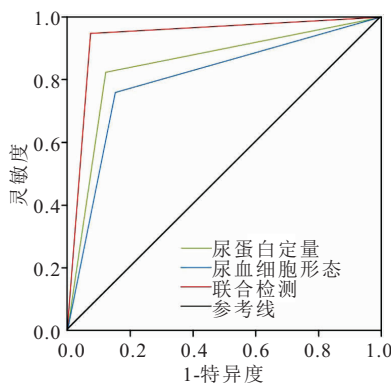


图 2 尿蛋白定量、尿血细胞形态分析及二者联合诊断 CKD 效能的 ROC 曲线

Figure 2 ROC curve of urine protein quantification, urine blood cell morphology analysis, and their combined diagnostic efficacy for CKD

### 3 讨论

CKD作为一种隐匿性较强的慢性疾病,其早期临床表现往往不典型,易被忽视<sup>[12]</sup>。在CKD的临床特

表 5 尿蛋白定量对 CKD 类型诊断情况及符合率

Table 5 Quantitative analysis of urine protein for the diagnosis of CKD types and its compliance rate

CKD 类型	n	小球性	小管性	混合性	未检出	符合率(%)
慢性肾炎	42	31	6	4	1	97.62
肾盂肾炎	32	16	4	10	2	93.75
糖尿病性肾病	19	14	2	2	1	94.74
隐匿性肾炎	16	12	3	0	1	93.75
肾结石	9	2	1	0	6	33.33
多囊肾	8	7	1	0	0	100.00
合计	126	82	17	16	11	91.27

表 6 尿血细胞形态分析对 CKD 类型诊断情况及符合率

Table 6 Analysis of urine and blood cell morphology for the diagnosis of CKD types and its compliance rate

CKD 类型	n	均一	混合	非均一	符合率(%)
慢性肾炎	42	1	14	27	97.62
肾盂肾炎	32	27	2	3	84.38
糖尿病性肾病	19	3	8	8	84.21
隐匿性肾炎	16	2	8	6	87.50
肾结石	9	8	1	0	88.89
多囊肾	8	1	6	1	85.70
合计	126	42	39	45	89.68

征中,除了常见的血尿、蛋白尿、水肿和高血压等症状外,患者还可能出现消化系统、循环系统等多系统的并发症,这些复杂的临床表现给疾病的早期诊断带来了挑战<sup>[13]</sup>。传统的诊断方法多依赖于肾功能指标及影像学检查,然而这些方法在疾病早期往往难以准确捕捉肾脏功能的细微变化,存在一定的诊断延迟<sup>[14]</sup>。近年来,尿蛋白定量与尿血细胞形态分析在肾脏病诊断中的应用研究逐渐受到重视<sup>[4]</sup>。尿蛋白定量作为评估肾脏滤过功能的重要指标,能够灵敏地反映肾小球损害情况,为判断肾脏疾病的类型和严重程度提供了重要依据<sup>[5]</sup>;而尿血细胞形态分析则通过观察尿液中红细胞的形态变化,间接反映肾脏病理状态<sup>[6]</sup>。本研究通过分析 24 h 尿蛋白与尿血细胞形态参数在 CKD 患者中的变化,探究尿蛋白定量联合尿血细胞形态分析对 CKD 患者的诊断效能,旨在构建一个高效、准确的 CKD 早期诊断方法,为患者提供更加及时、有效的治疗选择。这一研究对于 CKD 的早期发现和治疗具有重要意义,有望为 CKD 的防治工作带来新的突破。

本研究结果显示,高脂血症、BUN、Cr、24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 增加是影响 CKD 发生的危险因素,MCH、HCT 增加是保护因素。刘铎等<sup>[15]</sup>证实,合并高脂血症是贵州省都匀市少数民族老年人群发生 CKD 的危险因素。Lu 等<sup>[16]</sup>研究结果表明,BUN、Cr、24 h 尿蛋白是原发性肾病综合征患者急性肾损伤的独立影响因素。谭柏松等<sup>[17]</sup>发现,早期糖尿病肾病与健康人群间的尿血细胞形态参数 MCV、MCHC、RDW、MCH、HCT 均存在明显差异。分析其原因在于肾功能受损时,脂质代谢异常,导致脂质在肾脏沉积,加重肾脏损害,高脂血症通过氧化应激、炎症和纤维化等多种途径促进 CKD 的进展。BUN 和 Cr 是反映肾功能的重要指标,当肾功能受损时,BUN 和 Cr 水平升高,这反映了肾脏排泄 BUN 和 Cr 的能力下降,高水平的 BUN 和 Cr 是 CKD 进展的可靠标志,也是评估治疗效果和疾病预后的关键指标<sup>[18]</sup>。24 h 尿蛋白增加是 CKD 的重要临床表现之一,也是肾脏损伤的直接证据,蛋白尿通过促进肾小管间质炎症和纤维化、激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统等途径,加速 CKD 的进展<sup>[19]</sup>。红细胞相关指标的改变在 CKD 患者中较为常见,反映了红细胞形态和功能的异常<sup>[20]</sup>,MCV、MCHC 和 RDW 的增加可能与贫血、营养不良和慢性炎症等因素有关<sup>[21]</sup>,这些因素都可能促进 CKD 的进展,而 MCH 和 HCT 的增加可能是红细胞代偿性增生的结果,有助于维持氧运输功能,从而在一定程度上对 CKD 产生保护作用<sup>[22]</sup>。

此外,本研究发现,24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 是能预测 BUN、Cr 升高的独立危险因素,MCH、HCT 是独立保护因素。分析其原因可能是,尿蛋白的增加反映了肾小球滤过膜的损伤,导致蛋白质从尿液中排出。长期尿蛋白的存在会导致肾小管间质炎症和纤维化,进而引起 BUN 和 Cr 的升高。此外,蛋白尿也是多种肾脏疾病(如肾小球肾炎、糖尿病肾病等)的常见表现<sup>[23]</sup>,这些疾病本身就会导致肾功能下降。尿血细胞形态参数异常会影响肾脏的氧气供应和代谢过程,进而加重肾功能损害,导致 BUN 和 Cr 的升高。

童宣进等<sup>[9]</sup>研究发现,尿红细胞形态学联合尿蛋白定量检测诊断的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确度分别为 96.00%、90.91%、98.63%、76.92%和 95.35%,灵敏度、阴性预测值和准确度均明显高于二者单独诊断。本研究结果与其一致。此外,本研究显示二者联合诊断的 ROC 曲线下面积也显著高于二者单独诊断。上述研究表明,尿蛋白定量和尿血细胞形态分析分别从肾小球滤过功能和肾小管重吸收功能两个方面评估肾脏损伤情况,二者联合使用可以更全面、更准确地反映肾脏损伤的程度和类型,从而提高 CKD 诊断的灵敏度和特异度。此外,联合诊断还可以减少漏诊和误诊的情况,提高诊断的准确度。

本研究虽然取得了一定的成果,但仍存在一些不足之处。例如,样本量相对较小,可能存在一定的偏倚;同时,对于尿蛋白定量和尿血细胞形态分析在 CKD 早期诊断中的具体应用方法和标准尚未形成统一的认识。因此,在未来的研究中,需要进一步扩大样本量,完善研究设计和方法学,以进一步提高研究的科学性和实用性。

#### 4 结论

高脂血症、BUN、Cr、24 h 尿蛋白、MCV、MCHC、RDW 增加是影响 CKD 发生的危险因素,MCH、HCT 增加是保护因素。24 h 尿蛋白及尿血细胞形态参数与 CKD 发生及肾功能指标相关,尿蛋白定量联合尿血细胞形态分析能够提高对 CKD 的诊断效能。

#### 【参考文献】

- [1] NEYRAJ A, CHAWLA L S. Acute kidney disease to chronic kidney disease[J]. Crit Care Clin, 2021, 37(2): 453-474.
- [2] 何叶梅,杨建波,温向琼,等.慢性肾脏病患者血清维生素水平的变化及意义[J].西部医学,2023,35(9):1325-1330.
- [3] MATSUSHITA K, BALLEWS H, WANG A Y, et al. Epidemiology and risk of cardiovascular disease in populations with chronic kidney disease[J]. Nat Rev Nephrol, 2022, 18(11): 696-707.

- [4] KAOH Y, CHANG C C, CHANG C F, *et al.* Associations between sex and risk factors for predicting chronic kidney disease [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(3): 1219.
- [5] LU Y, NING Y, LI Y, *et al.* Risk factor mining and prediction of urine protein progression in chronic kidney disease: a machine learning-based study[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2023, 23(1):173.
- [6] DENG X W, GAO B X, WANG F, *et al.* Red blood cell distribution width is associated with adverse kidney outcomes in patients with chronic kidney disease[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9: 877220.
- [7] SRIVASTAVA A, AMODU A, LIU J, *et al.* The associations of urine albumin-protein ratio with histopathologic lesions and clinicopathologic diagnoses in individuals with kidney disease[J]. *Am J Kidney Dis*, 2024, 83(4): 557-560.
- [8] 冉曦, 赵雅贞, 王艾平, 等. 尿红细胞形态检查诊断肾脏疾病的临床研究[J]. *中国卫生检验杂志*, 2023, 33(10): 1277-1280.
- [9] 童宣进, 陈桂芬. 尿红细胞形态学联合尿蛋白定量检测在肾病诊断中的应用研究[J]. *临床医学工程*, 2023, 30(10): 1365-1366.
- [10] LOPEZ-SILVA C, SURAPANENI A, CORESH J, *et al.* Comparison of aptamer-based and antibody-based assays for protein quantification in chronic kidney disease[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2022, 17(3): 350-360.
- [11] PARKI R, CHOI J, HA E Y, *et al.* Critical shear stress of red blood cells as a novel integrated biomarker for screening chronic kidney diseases in cases of type 2 diabetes[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2022, 81(4): 293-303.
- [12] WANGA Y, MARCH D S, BURTON J O. Physical activity and nutrition in chronic kidney disease[J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2023, 26(4): 385-392.
- [13] EVANS M, LEWIS D, MORGAN A R, *et al.* A narrative review of ChronicKidneyDisease in clinical practice: current challenges and future perspectives[J]. *Adv Ther*, 2022, 39(1): 33-43.
- [14] SINGH V, ASARIV K, RAJASEKARAN R. A deep neural network for early detection and prediction of chronic kidney disease[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(1): 116.
- [15] 刘铎, 雷鸣, 黄佑芳. 都匀市少数民族老年人慢性肾脏病患病状况及影响因素[J]. *中国老年学杂志*, 2022, 42(12): 2957-2960.
- [16] LU H H, XIAO L P, SONG M Q, *et al.* Acute kidney injury in patients with primary nephrotic syndrome: influencing factors and coping strategies[J]. *BMC Nephrol*, 2022, 23(1): 90.
- [17] 谭柏松, 丘仲柳, 陈世豪, 等. 早期糖尿病肾病患者血细胞形态变化分析[J]. *糖尿病新世界*, 2021, 24(11): 182-185.
- [18] WANG Y J, XU X, SHI S Q, *et al.* Blood urea nitrogen to creatinine ratio and long-term survival in patients with chronic heart failure[J]. *Eur J Med Res*, 2023, 28(1): 343.
- [19] OKA T, SAKAGUCHI Y, HATTORI K, *et al.* Mineralocorticoid receptor antagonist use and hard renal outcomes in real-world patients with chronic kidney disease[J]. *Hypertension*, 2022, 79(3): 679-689.
- [20] LI D X, ZHENG X J, ZHANG Y X, *et al.* What should be responsible for eryptosis in chronic kidney disease? [J]. *Kidney Blood Press Res*, 2022, 47(6): 375-390.
- [21] LIN H X, LUO P X, LIU C, *et al.* The application value of mean red blood cell volume and red blood cell volume distribution width combined with total serum bilirubin in the early screening of neonatal hemolytic disease[J]. *BMC Pediatr*, 2023, 23(1): 19.
- [22] ELEN DU C, ELEN DUR C, ENYONG J M, *et al.* Comprehensive review of current management guidelines of chronic kidney disease[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2023, 102(23): e33984.
- [23] DRÜKET B, MASSY Z A. Role of proteinuria in the Anemia of chronic kidney disease [J]. *Kidney Int*, 2021, 100(6): 1160-1162.

(收稿日期: 2024-06-05; 修回日期: 2025-07-02; 编辑: 刘灵敏)

(上接第 1003 页)

- [20] FARRELL J J, FRIEDMAN L S. Gastrointestinal bleeding in older people[J]. *Gastroenterol Clin North Am*, 2000, 29(1): 1-36.
- [21] KINOSHITA M, MORIOKA N, YABUUCHI M, *et al.* New surgical scoring system to predict postoperative mortality[J]. *J Anesth*, 2017, 31(2): 198-205.
- [22] RAO V L, GUPTA N, SWEI E, *et al.* Predictors of mortality and endoscopic intervention in patients with upper gastrointestinal bleeding in the intensive care unit [J]. *Gastroenterol Rep (Oxf)*, 2020, 8(4): 299-305.
- [23] REDONDO-CEREZO E, ORTEGA-SUAZO E J, VADILLO-CALLES F, *et al.* Upper gastrointestinal bleeding in patients 80 years old and over. A comparison with younger patients and risk factors analysis for in-hospital and delayed mortality[J]. *Int J Clin Pract*, 2021, 75(11): e14806.
- [24] 冯佳兴, 林澜, 许鸿志, 等. 血尿素氮/肌酐比值判断消化道出血部位及急性非静脉曲张性上消化道出血患者预后的价值[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2022, 53(3): 391-397.
- [25] LISMAN T, PROCOPET B. Fresh frozen plasma in treating acute variceal bleeding: Not effective and likely harmful[J]. *Liver Int*, 2021, 41(8): 1710-1712.
- [26] 董桂君, 巨森, 赵平, 等. 急性非静脉曲张性上消化道出血死亡相关危险因素分析及不同评分系统对其死亡风险的预测价值[J]. *胃肠病学和肝病学杂志*, 2019, 28(7): 755-760.
- [27] 聂丽芬, 张晓燕, 黎铭恩. 急性非静脉曲张性上消化道再出血患者死亡的危险因素分析[J]. *中国医学创新*, 2016, 13(8): 60-63.
- [28] FARRAR F C. Management of acute gastrointestinal bleed[J]. *Crit Care Nurs Clin North Am*, 2018, 30(1): 55-66.

(收稿日期: 2024-05-20; 修回日期: 2025-05-07; 编辑: 刘灵敏)