

红细胞分布宽度、N 末端脑钠肽原联合检测对急性心肌梗死后急性肾损伤的预测价值

臧 栋, 杨丽洁, 吴振安

(北京市中西医结合医院检验科, 北京市 100039)

[关键词] 急性心肌梗死; 急性肾损伤; 红细胞分布宽度; N 末端脑钠肽原; 预测价值

[摘要] 目的 探讨红细胞分布宽度(RDW)、N 末端脑钠肽原(NT-proBNP)联合检测对急性心肌梗死(AMI)后急性肾损伤(AKI)的预测价值。方法 纳入北京市中西医结合医院 2018 年 7 月—2020 年 5 月收治的 AMI 患者 110 例,行回顾性研究。根据患者入院后 1 周内是否发生 AKI 分成 AKI 组($n=29$)、非 AKI 组($n=81$)。检测并比较 AKI 组、非 AKI 组的 RDW、NT-proBNP 水平。收集两组患者临床资料,经 Logistic 回归模型分析 AMI 后 AKI 发生的危险因素。利用 Pearson 线性相关分析 AMI 并 AKI 患者 RDW、NT-proBNP 的相关性。绘制受试者工作特征曲线(ROC),确定曲线下面积(AUC),分析 RDW、NT-proBNP 单独及联合检测对 AMI 后 AKI 的预测价值。结果 AKI 组 3 支病变、使用利尿剂占比分别为 58.62%、44.83%,显著高于非 AKI 组的 27.16%、18.52% ($P<0.01$); AKI 组尿酸(UA)、血尿素氮、血清肌酐、RDW、NT-proBNP 水平均高于非 AKI 组,而估算的肾小球滤过率(eGFR)显著低于非 AKI 组($P<0.01$)。Logistic 回归模型结果显示,病变支数、使用利尿剂及 UA、eGFR、RDW、NT-proBNP 是 AMI 患者 AKI 发生的危险因素($P<0.05$)。RDW 与 NT-proBNP 呈正相关($r=0.693, P<0.05$)。ROC 曲线分析显示, RDW、NT-proBNP 单独及联合预测 AMI 后 AKI 发生的 AUC 分别为 0.707、0.788、0.871。结论 RDW、NT-proBNP 增高与 AMI 后 AKI 的发生密切相关,二者联合检测对 AMI 患者 AKI 的发生具有较高的预测价值。

[中图分类号] R542.2

[文献标识码] A

Predictive value of red blood cell distribution width and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in acute kidney injury after acute myocardial infarction

ZANG Dong, YANG Lijie, WU Zhen'an

(Clinical Laboratory, Beijing Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Beijing 100039, China)

[KEY WORDS] acute myocardial infarction; acute kidney injury; red blood cell distribution width; N-terminal pro-brain natriuretic peptide; predictive value

[ABSTRACT] **Aim** To explore the predictive value of combined detection of red blood cell distribution width (RDW) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) for acute kidney injury (AKI) after acute myocardial infarction (AMI). **Methods** A total of 110 patients with AMI admitted to Beijing Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine from July 2018 to May 2020 were enrolled for retrospective study. Patients were divided into AKI group ($n=29$) and non-AKI group ($n=81$) according to whether AKI occurred within one week after admission. The levels of RDW and NT-proBNP in AKI group and non-AKI group were detected and compared. The clinical data of the two groups were collected, and the risk factors of AKI after AMI were analyzed by Logistic regression model. The correlation between RDW and NT-proBNP in AMI patients with AKI was analyzed by Pearson linear correlation analysis. The receiver operating characteristic curve (ROC) was drawn and the area under curve (AUC) was determined. The predictive value of RDW, NT-proBNP alone and combined detection for AKI after AMI was analyzed. **Results** The proportions of three vessel lesion and diuretic use in AKI group were 58.62% and 44.83% respectively, which were significantly higher than 27.16% and 18.52% in non-AKI group ($P<0.01$). Uric acid (UA), blood urea nitrogen, serum creatinine, RDW and NT-proBNP levels in AKI group were significantly higher than those in non-AKI group, while estimated

glomerular filtration rate (eGFR) was significantly lower than that in non-AKI group ($P < 0.01$). The results of Logistic regression model showed that the number of lesion, diuretic use and UA, eGFR, RDW, NT-proBNP were the risk factors of AKI in patients with AMI ($P < 0.05$). RDW was positively correlated with NT-proBNP ($r = 0.693$, $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of RDW, NT-proBNP alone and combined for prediction of AKI after AMI were 0.707, 0.788 and 0.871, respectively. **Conclusions** The increase of RDW and NT-proBNP is closely related to the occurrence of AKI after AMI. The combined detection of RDW and NT-proBNP has high predictive value for the occurrence of AKI in patients with AMI.

急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 是中老年人的常见病, 主要症状为急性循环功能障碍、突发性胸痛等。目前, 随着人们生活习惯、饮食习惯改变, 中国 AMI 患病率逐年增高, 与之相关的死亡率也有所增长, 预后欠佳^[1]。研究表明, 肾毒性药物是导致 AMI 患者出现急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 的主要原因, 而肾功能损害对 AMI 预后影响非常大^[2]。尤其在 AMI 并心源性休克的病例中, AKI 患病率达 55%, 预后普遍较差, 不仅延长住院时间, 而且死亡风险明显增加^[3]。如何及时对 AMI 后 AKI 发生进行诊断, 加强干预与监测, 仍是临床研究的重点课题, 对改善预后至关重要。研究发现, AKI 发生机制较复杂, 可能涉及缺血再灌注损伤、氧化应激、炎症、肾毒性等^[4]。而红细胞分布宽度 (red blood cell distribution width, RDW) 是评价红细胞体积的重要指标, 在出现氧化应激、炎症等情况时, 可导致 RDW 增高^[5]。因此, 临床有理由推测, RDW 可能对 AKI 评估有一定价值, 但既往与之相关的报道较少。此外, 研究认为, N 末端脑钠肽原 (N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP) 在心力衰竭、AMI 诊断中应用广泛, 且经肾小球滤过是其唯一清除途径, 表明肾损伤对循环中 NT-proBNP 水平影响较大^[6]。故临床可考虑采用 NT-proBNP 对 AKI 予以诊断。本研究旨在观察 RDW 联合 NT-proBNP 检测对 AMI 后 AKI 的预测价值, 为临床诊疗提供新思路。

1 资料和方法

1.1 一般资料

纳入北京市中西医结合医院 2018 年 7 月—2020 年 5 月收治的 AMI 患者 110 例, 行回顾性研究。(1) AMI 诊断^[7]: ①典型胸痛表现, 持续时间 ≥ 30 min; ②伴有明显的心肌缺血; ③心电图检查, 提示存在新发缺血性病灶; ④伴病理性 Q 波; ⑤心肌细胞活性明显丧失, 局部室壁活动存在异常; ⑥冠

状动脉存在血栓。(2) 纳入标准: ①满足上述关于 AMI 的诊断标准, 年龄 ≥ 18 岁; ②均接受肾功能检查; ③临床资料完整; ④意识清醒; ⑤认知功能正常, 具备良好沟通能力; ⑥自愿签署知情同意书。(3) 排除标准: ①恶性肿瘤; ②伴有肝、心、脑等脏器重度受损; ③有活动性出血、血液系统病、免疫系统病史; ④既往有冠状动脉搭桥术、冠状动脉支架术史; ⑤严重营养不良; ⑥近期有急性、慢性感染病史; ⑦因膀胱出口梗阻、膀胱有效容量减少等非 AKI 因素所致的尿量减少。其中男 58 例, 女 52 例, 年龄 40~75 岁, 平均 (59.53 ± 11.36) 岁; 病变支数: 1 支 40 例, 2 支 31 例, 3 支 39 例。

1.2 临床资料收集

收集患者的临床资料, 包括性别、年龄、病变支数、吸烟史、高血压史、糖尿病史、饮酒史、使用利尿剂以及 RDW、NT-proBNP、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDLC)、高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDLC)、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、甘油三酯 (triglyceride, TG)、尿酸 (uric acid, UA)、血尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、血清肌酐 (serum creatinine, SCr)、估算的肾小球滤过率 (estimated glomerular filtration rate, eGFR)、室间隔厚度 (interventricular septum thickness, IVST)、左心室舒张期末内径 (left ventricular end diastolic diameter, LVEDD)、左心房内径 (left atrium diameter, LAD)、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)。

1.3 生物化学指标检测

在受检者入院后, 采集空腹静脉血 4 mL, 行离心处理, 离心时间 10 min, 转速 3 000 r/min, 离心半径 8 cm, 分离血清, 存放低温冰箱等待检测。经免疫比浊法 (试剂盒由北京奥维亚生物公司提供) 测定 RDW, 经电化学发光免疫法 (试剂盒由赛默飞世尔公司提供) 测定血清 NT-proBNP。经全自动生物化学分析仪 (博科 BK-400) 测定血清 LDLC、HDLC、TC、TG 以及 UA、BUN、SCr; 根据肾脏病饮食改良

(modification of diet in renal disease, MDRD) 简化公式计算 eGFR。eGFR/[mL/(min·1.73 m²)] = 186×SCr-1.154×年龄-0.203×(女 0.742), 其中年龄以“岁”为单位, SCr 以“mg/dL”为单位。

1.4 超声心动图检查

患者取左侧卧位, 以胸骨旁左心室长轴作为切面, 经超声心动图 (EPIQ 7C-飞利浦) 测定 IVST、LVEDD、LAD、LVEF。探头频率设置成 2.5 Hz, 每个受检者均选择心动周期 3~5 个, 取均值作为最终测定结果, 所有检测均由同一名医师完成。

1.5 AKI 诊断及研究分组

AKI 诊断标准^[8]: (1) 尿量低于 0.5 mL/(kg·h), 持续时间超过 6 h, 排除膀胱出口梗阻、膀胱有效容量减少等非 AKI 因素所致的尿量减少; (2) 1 周内 SCr 增高大于基线值的 1.5 倍; (3) 48 h 内 SCr 增高 > 26.5 μmol/L。满足上述任意一条, 即可确诊 AKI。根据 AMI 患者入院后 1 周内是否发生 AKI 分成 AKI 组 (n=29)、非 AKI 组 (n=81)。比较 AKI 组、非 AKI 组的相关指标, 分析 AMI 后 AKI 发生的危险因素, 并观察 RDW、NT-proBNP 的相关性以及二者预测 AMI 后 AKI 发生的价值。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 21.0 软件行数据分析, 计数资料用率 (%) 表示, 行 χ^2 检验。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 行 *t* 检验。Logistic 回归模型分析 AMI 后 AKI 发生的危险因素。Pearson 线性相关分析 AMI 并 AKI 患者 RDW、NT-proBNP 的相关性。绘制受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC), 确定曲线下面积 (area under curve, AUC), 分析 RDW、NT-proBNP 单独及联合预测 AMI 后 AKI 发生的价值。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料及 RDW、NT-proBNP 比较

AKI 组 3 支病变、使用利尿剂占比分别为 58.62%、44.83%, 显著高于非 AKI 组的 27.16%、18.52% (P<0.01); AKI 组 UA、BUN、SCr、RDW、NT-proBNP 水平均高于非 AKI 组, 而 eGFR 显著低于非 AKI 组 (P<0.01; 表 1)。

2.2 AMI 患者 AKI 发生的危险因素分析

经 Logistic 回归模型对表 1 中有统计学意义的变量行量化赋值, 其中 UA、BUN、SCr、eGFR、RDW、

NT-proBNP 水平均以均值为界赋值, 视为自变量 X, 以 AMI 患者是否发生 AKI 作为因变量 Y (否=0, 是=1)。结果显示, 病变支数、使用利尿剂及 UA、eGFR、RDW、NT-proBNP 是 AMI 患者 AKI 发生的危险因素 (P<0.05; 表 2)。

表 1. 两组临床资料及 RDW、NT-proBNP 比较

Table 1. Comparison of clinical data, RDW and NT-proBNP between the two groups

指标	AKI 组 (n=29)	非 AKI 组 (n=81)	t/ χ^2	P
男性/[例(%)]	16(55.17)	42(51.85)	0.095	0.759
女性/[例(%)]	13(44.83)	39(48.15)		
年龄/岁	60.29±8.42	58.23±7.14	1.270	0.207
病变支数/ [例(%)]			10.150	0.006
1 支	5(17.24)	35(43.21)		
2 支	7(24.14)	24(29.63)		
3 支	17(58.62)	22(27.16)		
吸烟史/ [例(%)]	6(20.69)	14(17.28)	0.167	0.683
高血压史/ [例(%)]	7(24.14)	19(23.46)	0.006	0.941
糖尿病史/ [例(%)]	6(20.69)	17(20.99)	0.001	0.973
饮酒史/ [例(%)]	9(31.03)	16(19.75)	1.548	0.213
使用利尿剂/ [例(%)]	13(44.83)	15(18.52)	7.790	0.005
LDLC/(mmol/L)	2.75±0.87	2.68±0.91	0.359	0.720
HDLC/(mmol/L)	1.79±0.31	1.84±0.27	0.822	0.413
TC/(mmol/L)	4.43±1.05	4.39±1.14	0.165	0.869
TG/(mmol/L)	1.62±0.41	1.59±0.36	0.371	0.711
UA/(μmol/L)	451.39±82.53	350.61±64.32	6.701	0.000
BUN/(mmol/L)	9.63±2.41	6.73±2.13	6.075	0.000
SCr/(μmol/L)	105.24±23.15	76.37±12.74	8.287	0.000
eGFR/[mL/ (min·1.73 m ²)]	72.57±23.75	95.23±20.75	4.855	0.000
IVST/mm	9.94±1.54	9.78±1.61	0.464	0.643
LVEDD/mm	50.57±7.61	51.23±6.99	0.426	0.671
LAD/mm	42.81±6.92	43.68±8.04	0.518	0.606
LVEF	0.42±0.14	0.44±0.11	0.780	0.437
RDW/%	14.92±1.17	13.25±1.82	4.605	0.000
NT-proBNP/ (pg/L)	1 064.68±41.95	349.85±15.74	130.599	0.000

表 2. AMI 患者 AKI 发生的危险因素分析
Table 2. Analysis of risk factors for AKI in AMI patients

变量	量化赋值	B	SE	χ^2	OR	95% CI	P	
病变支数	1 支=0, 2 支=1, 3 支=2	1 支	1.859	0.967	3.698	6.418	0.965 ~ 42.685	0.054
		2 支	1.408	0.860	2.682	4.088	0.758 ~ 22.047	0.101
		3 支	1.368	0.432	10.001	3.926	1.682 ~ 9.164	0.002
使用利尿剂	否=0, 是=1	1.601	0.588	7.405	4.958	1.565 ~ 15.707	0.007	
UA	<401.25 $\mu\text{mol/L}$ =0, \geq 401.25 $\mu\text{mol/L}$ =1	1.388	0.529	6.870	4.005	1.419 ~ 11.304	0.009	
BUN	<86.41 mmol/L =0, \geq 86.41 mmol/L =1	0.882	0.565	2.435	2.415	0.798 ~ 7.309	0.119	
SCr	<401.25 $\mu\text{mol/L}$ =0, \geq 401.25 $\mu\text{mol/L}$ =1	1.073	0.602	3.179	2.925	0.899 ~ 9.517	0.075	
eGFR	<84.48 $\text{mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ =0, \geq 84.48 $\text{mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ =1	-0.142	0.069	4.193	0.868	0.758 ~ 0.994	0.041	
RDW	<14.12%=0, \geq 14.12%=1	1.286	0.579	4.925	3.617	1.162 ~ 11.259	0.026	
NT-proBNP	<689.62 pg/L =0, \geq 689.62 pg/L =1	2.070	0.274	56.894	7.925	4.628 ~ 13.571	0.000	

2.3 AMI 并 AKI 患者 RDW 与 NT-proBNP 的相关性分析

经 Pearson 线性分析显示, AMI 并 AKI 患者的 RDW 与 NT-proBNP 呈正相关 ($r = 0.693, P < 0.05$; 图 1)。

2.4 RDW、NT-proBNP 对 AMI 后 AKI 发生的预测价值分析

RDW、NT-proBNP 单独及联合预测 AMI 后 AKI 发生的 AUC 分别为 0.707、0.788、0.871 (表 3), ROC 曲线见图 2, RDW 与 NT-proBNP 联合检测对 AMI 患者 AKI 的发生预测价值优于 RDW 与 NT-proBNP 单独检测。

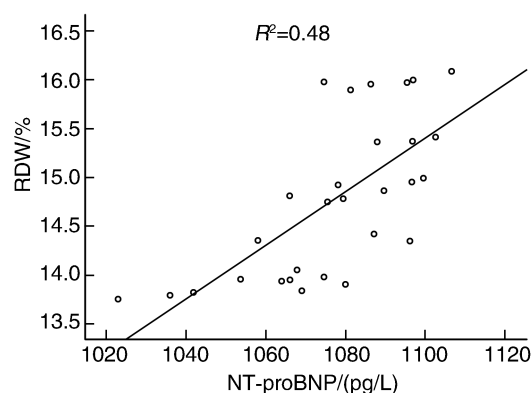


图 1. AMI 并 AKI 患者 RDW 与 NT-proBNP 的线性相关图
Figure 1. Linear correlation between RDW and NT-proBNP in AMI patients with AKI

表 3. RDW、NT-proBNP 对 AMI 后 AKI 发生的预测价值分析
Table 3. Predictive value of RDW and NT-proBNP on AKI after AMI

指标	AUC	标准误	P	95% CI	截断值	灵敏度/%	特异度/%
RDW	0.707	0.061	0.001	0.588 ~ 0.827	14.650%	69.00	74.10
NT-proBNP	0.788	0.044	0.000	0.701 ~ 0.827	899.220 pg/L	79.30	66.70
RDW 联合 NT-proBNP	0.871	0.045	0.000	0.783 ~ 0.958		82.80	91.40

注:空白处表示数据不适用。

3 讨论

AKI 是 AMI 后的一种常见并发症,其发病机制比较复杂。研究表明,AMI 患者因心功能不全,诱发泵衰竭,降低肾脏血流量,从而导致 AKI^[9]。另有学者认为,AMI 患者 AKI 的发生不仅与肾血流量下降有关,而且还与免疫反应、氧化应激、神经内激素

分泌等因素密切相关^[10]。在 AMI 病情严重情况下,可导致患者血流动力学异常,提升交感神经活性,激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,上调血管紧张素 II 含量,有利于内皮素 1 的生成,诱发血管收缩,降低肾脏灌注量,致肾脏处于缺氧、缺血状态,引起 AKI^[11]。近年来,随着 AMI 发病率逐年增高,其所诱发的 AKI 也有所增长,导致死亡率明显增

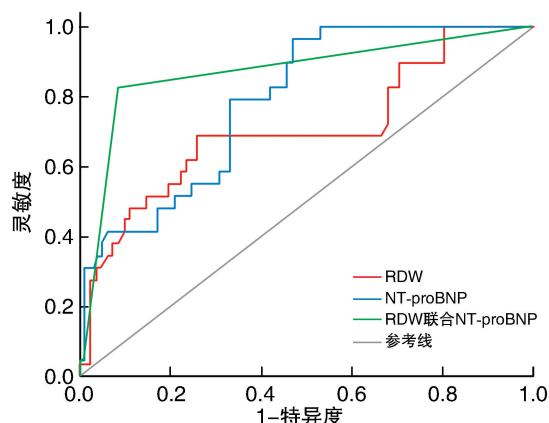


图 2. RDW、NT-proBNP 预测 AMI 后 AKI 发生的 ROC 曲线

Figure 2. ROC curve of RDW and NT-proBNP predicting AKI after AMI

加^[12]。基于此,临床需寻求有效指标对 AMI 后 AKI 的发生进行预测,以便及时对症治疗,改善预后。研究表明,RDW 水平变化与炎症反应、氧化应激等均存在关联,而上述机制均可促进 AKI 的发生、进展^[13]。故笔者考虑,RDW 可能对 AKI 具有一定评估价值。另外,研究证实,NT-proBNP 主要经肾脏排泄,且可通过肾小球滤过进行清除,其在肾衰竭者体内呈高表达^[14]。由此可见,RDW、NT-proBNP 可能均与 AKI 发病有关,但既往相关报道较少,仍需增加研究对此予以论证。

本研究显示,在 AMI 患者中,与非 AKI 者相比,AKI 者的 RDW、NT-proBNP 明显增高,表明二者增高可能与 AMI 后 AKI 发生有关。RDW 是常用的血常规检测指标,它在贫血、心血管疾病诊断中有所应用,能对心血管事件死亡风险进行预测^[15]。本结果提示,AMI 并 AKI 患者的 RDW 高于非 AKI 患者,可能与如下原因有关:(1) AMI 并 AKI 患者因存在更严重的应激反应,血管紧张素、去甲肾上腺素等明显上调,且肾脏可能处于缺血状态,有利于红细胞生成,致 RDW 增高^[16];(2) AMI 患者发生 AKI 后,致机体炎症加重,对骨髓造血功能影响较大,且还可影响铁代谢功能,致 RDW 上调^[17]。NT-proBNP 是诊断心力衰竭、AMI 的常用指标,其水平增高意味着梗死面积越大,或伴有收缩功能异常,随着心功能分级越高,NT-proBNP 的血清水平也相应增高^[18]。NT-proBNP 的主要排泄途径是肾脏,在正常情况下,其血清水平比较稳定,一旦出现肾功能不全,容量负荷增加,心腔充盈增大,致心室肌细胞被牵拉,则促进 NT-proBNP 合成^[19];而且 AKI 后

NT-proBNP 的排泄降低。笔者推测,这可能是 AMI 并 AKI 患者血清 NT-proBNP 增高的机制。

本结果提示,RDW、NT-proBNP 是 AMI 后 AKI 发生的危险因素。研究表明,AKI 患者的 eGFR 显著下降,而 eGFR 随着 RDW 升高呈下降趋势,提示 eGFR 可能与 RDW 呈负相关^[20]。本研究显示,与非 AKI 者相比,AKI 者的 eGFR 下降,而 RDW 增高,与上述提及的结论相符,进一步证实 AKI 与 RDW 增高有关。NT-proBNP 的清除路径主要依赖于肾小球滤过,其能反映肾功能不全程度。研究指出,在肾损伤患者入院 6 h 内,已可检测出血清 NT-proBNP 增高,而血清肌酐则在入院后 24 h 才显著增高,证实与血清肌酐相比,NT-proBNP 可更早明确肾损伤程度^[21]。这提示 AKI 发生可能与 NT-proBNP 增高有关。本研究还显示,除上述两项指标外,AMI 后 AKI 发生与病变支数、使用利尿剂及血清 UA、eGFR 有关。病变支数越多表明 AMI 患者病情越重,在介入治疗时,可能需增加造影剂量,导致肾衰竭风险增高^[22]。使用利尿剂则可能激活相关神经激素功能,促进肾素分泌,过度激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,诱发 AKI^[23]。血清 UA、eGFR 是反映肾功能的常用指标,已有大量研究提示,肾损伤患者的 UA 增高,而 eGFR 下降^[24]。基于此,临床医师在评估 AMI 并 AKI 患者病情时,还需综合考虑上述因素。

本结果显示,AMI 并 AKI 患者 RDW 与 NT-proBNP 呈正相关,且二者联合应用对 AMI 后 AKI 发生有较好的评估作用。RDW 可体现红细胞大小分布的均匀情况,肾损伤者因促红细胞生成素减少,极易诱发贫血,导致 RDW 增高^[25]。而 NT-proBNP 主要经肾小球滤过予以清除,当出现 AKI 后,肾小球滤过率降低,导致 NT-proBNP 清除量减少,致其水平增高^[26]。RDW 与 NT-proBNP 水平增高均意味着 AMI 患者 AKI 发生风险增高。AKI 患者的机体处于炎症状态,炎症因子大量释放可减少促红细胞生成素合成量,并削弱其活性,导致骨髓造血组织对其生成的敏感性下降,不利于红细胞成熟,致红细胞体积异质性上调^[27],这可能是 AMI 并 AKI 患者 RDW 增高的机制之一。而 NT-proBNP 经心室分泌,心室扩张有利于上调中心静脉压,增加肾静脉负荷压力,可引起肾脏充血,还可致肾小球滤过减少,不利于 NT-proBNP 清除,导致其水平上调^[28]。通过上述分析,提示 RDW 与 NT-proBNP 增高能促进 AMI 后 AKI 的发生、进展,因此,临床可将二者作为预测 AMI 患者 AKI 发生风险的重要指标。

综上,本研究结果证实,与单纯 AMI 患者相比,AMI 并 AKI 的患者 RDW、NT-proBNP 明显增高,且二者均为 AKI 发生的危险因素,能对 AMI 后 AKI 发生风险进行预测。但本研究也有局限,如未观察 RDW、NT-proBNP 与患者预后的关系,未来将对此进行拓展分析。

[参考文献]

- [1] YONEMOTO N, KADA A, YOKOYAMA H, et al. Public awareness of the need to call emergency medical services following the onset of acute myocardial infarction and associated factors in Japan[J]. *J Int Med Res*, 2018, 46(5): 1747-1755.
- [2] KALTSAS E, CHALIKIAS G, TZIAKAS D. The incidence and the prognostic impact of acute kidney injury in acute myocardial infarction patients: current preventive strategies[J]. *Cardiovasc Drug Ther*, 2018, 32(1): 81-98.
- [3] 祝芳亮, 卢国元, 袁玲, 等. 急性心肌梗死后急性肾损伤的危险因素分析[J]. *江苏医药*, 2019, 45(9): 905-909.
- [4] ANDRADE L, RODRIGUES C E, GOMES S A, et al. Acute kidney injury as a condition of renal senescence[J]. *Cell Transplant*, 2018, 27(5): 739-753.
- [5] 于海荣, 王国宏. 红细胞分布宽度对急性心肌梗死患者预后评价的应用价值[J]. *心血管康复医学杂志*, 2019, 28(6): 12-16.
- [6] 张德强, 李虹伟, 陈海平, 等. 联合 N 端脑钠肽前体、估算的肾小球滤过率及超敏 C-反应蛋白对急性心肌梗死患者院内发生 1 型肾综合征的危险分层评估[J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2019, 18(4): 261-265.
- [7] 中国医师协会中西医结合医师分会, 中国中西医结合学会心血管病专业委员会, 中国中西医结合学会重症医学专业委员会, 等. 急性心肌梗死中西医结合诊疗指南[J]. *中国中西医结合杂志*, 2018, 38(3): 272-284.
- [8] 王海燕. KDIGO 急性肾损伤临床实践指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 78.
- [9] KHAN I, DAR M H, KHAN A, et al. Frequency of acute kidney injury and its short-term effects after acute myocardial infarction[J]. *J Pak Med Assoc*, 2017, 67(11): 1693-1697.
- [10] ABUSAADA K, YUAN C, SABZWARI R, et al. Development of a novel score to predict the risk of acute kidney injury in patient with acute myocardial infarction[J]. *J Nephrol*, 2017, 30(3): 419-425.
- [11] MORIYAMA N, ISHIHARA M, NOGUCHI T, et al. Early development of acute kidney injury is an independent predictor of in-hospital mortality in patients with acute myocardial infarction[J]. *J Cardiol*, 2016, 69(1): 79-83.
- [12] 郑瑜, 李树仁, 刘肖, 等. ST 段抬高型心肌梗死患者直接经皮冠状动脉介入治疗术后发生急性肾损伤的相关性分析[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2020, 28(5): 257-263.
- [13] 梁琦, 雷新军, 李红兵, 等. 急性心肌梗死患者红细胞分布宽度与平均血小板体积的回归分析[J]. *南方医科大学学报*, 2017, 37(8): 1022-1027.
- [14] 刘瑀晗, 李川, 张艳宁. 妊娠期高血压患者胱抑素 C、NT-proBNP、ET-1 水平对急性肾损伤预测价值的分析[J]. *重庆医学*, 2020, 49(2): 252-255.
- [15] 殷人麟, 尤华, 顾卫霞, 等. 红细胞分布宽度与急性心肌梗死患者冠状动脉侧支循环形成的关系[J]. *江苏医药*, 2017, 43(13): 949-952.
- [16] 陶波, 蒋学俊, 方钊, 等. 急性心肌梗死患者红细胞分布宽度变化及意义[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2016, 30(7): 666-668.
- [17] 梁雁, 尹俊皓, 郭军, 等. 红细胞分布宽度变化与急性心肌梗死预后的相关性[J]. *实用医学杂志*, 2016, 32(12): 1972-1975.
- [18] 陈冠成, 陈哲林, 方填源, 等. 血浆 NT-proBNP 对心肌梗死发病部位及与预后的关系分析[J]. *河北医学*, 2018, 24(7): 1135-1139.
- [19] 李开斌, 谭微, 唐雪莲, 等. 维持性血液透析对老年慢性肾衰竭合并心力衰竭患者心脏功能及血浆 NT-proBNP 的影响[J]. *河北医药*, 2017, 39(17): 2667-2669.
- [20] 胡玉刚, 李晓宁. 红细胞分布宽度与肾脏疾病相关性的研究进展[J]. *中华肾脏病杂志*, 2018, 34(9): 717-720.
- [21] 张媛, 赵敏. 急性肾损伤生物标志物的研究进展[J]. *医学综述*, 2018, 24(13): 69-74.
- [22] 梁丰, 王爱玲. 急性心肌梗死患者尿酸水平对冠脉病变程度的影响[J]. *安徽医药*, 2018, 22(7): 1282-1285.
- [23] 罗邦军, 林转娣, 张在勇. 急性 ST 段抬高型心肌梗死合并急性肾损伤的危险因素及其对预后的影响[J]. *海南医学*, 2016, 27(21): 3471-3473.
- [24] 王彩霞, 刘迅, 李少敏, 等. 慢性肾病患者中营养水平对尿酸水平与实测肾小球滤过率之间关系的影响[J]. *新医学*, 2017, 48(4): 239-244.
- [25] 李文, 付文静, 邓英辉, 等. 红细胞分布宽度对维持性血液透析患者贫血及预后的影响[J]. *中国血液净化*, 2017, 16(8): 547-550.
- [26] 王宏. 慢性心功能不全患者 NT-proBNP 和心功能状态在肾小球滤过率不同范围内的相关性[J]. *临床心血管病杂志*, 2016, 32(12): 1247-1249.
- [27] 张林, 郭宽鹏, 莫宜, 等. 红细胞分布宽度对脓毒症患儿急性肾损伤的预测价值[J]. *中国当代儿科杂志*, 2018, 20(7): 559-562.
- [28] 屈晓威. NT-proBNP 在伴肾功能不全老年病人急性心力衰竭诊断中的应用价值[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2016, 14(18): 2158-2160.

(此文编辑 曾学清)