

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190387

老年血液透析患者红细胞体积分布宽度水平及相关影响因素分析

毛长青[△], 王 蕾[△], 金惠良, 李 峰, 陈腾飞, 高秋凤, 姜 甫, 杜律律, 李 缨*

上海健康医学院附属嘉定区中心医院肾脏科, 上海 201800

[摘要] **目的:**探讨老年血液透析患者红细胞体积分布宽度(red cell distribution width, RDW)水平及其临床意义。**方法:**前瞻性入选 2017 年 7 月至 12 月在上海市健康医学院附属嘉定区中心医院血液净化中心维持性透析老年患者 128 例。其中男性 48 例,女性 80 例,年龄(69.2±4.5)岁,透析龄(64.3±42.5)个月。所有患者均收集临床病史,并于周中透析前检测血红蛋白、红细胞体积分布宽度、电解质、高敏 C 反应蛋白、血清白蛋白、铁蛋白、甲状旁腺素等临床指标。应用 Pearson 相关分析和多元线性逐步回归模型分析各临床指标与 RDW 的关系。应用曲线拟合模型分析与 RDW 呈非线性相关的临床指标。所有患者临床随访 12 个月,主要终点为死亡,次要终点为各类型心脑血管事件。应用 Kaplan-Meier 法分析 RDW 高值组和低值组患者上述终点事件的差异。应用 Cox 比例风险模型分析与预后相关的独立预测因子。**结果:**整组患者 RDW 为[(16.24±2.22)%, (14.0~20.4)%],中位数 15.1%,105(82.1%)例患者 RDW 水平超过参考值上限。男性患者 RDW 水平低于女性患者组。Pearson 相关分析提示 RDW 与透析龄、每周促进细胞生成素(EPO)剂量、高敏 C 反应蛋白、透析间期体重增加比例显著正相关。RDW 与血清白蛋白显著负相关。多元线性逐步回归模型结果提示 RDW 与血清白蛋白显著负相关($P<0.01$),与每周 EPO 剂量显著正相关($P<0.01$)。RDW 与血红蛋白呈曲线相关,以二次方程拟合优度最佳($P<0.001$)。全部患者均随访 12 个月,共死亡 6 例,其中 RDW 高值组 4 例,RDW 低值组 2 例,差异无统计学意义。随访期间发生各类心脑血管事件 36 例,其中 RDW 高值组 26 例,RDW 低值组 10 例。Kaplan-Meier 分析提示 RDW 高值组和 RDW 低值组患者在 12 个月随访期内心脑血管事件发生率差异有统计学意义(log-rank=16.224, $P<0.001$)。单因素 Cox 回归显示 RDW 水平与 12 个月内心脑血管事件正相关,血红蛋白、血清白蛋白和 12 个月内心脑血管事件负相关。多因素 Cox 回归结果显示 RDW(HR=1.231, $P=0.015$)、血清白蛋白水平(HR=0.964, $P<0.001$)是老年维持性血液透析患者 12 个月内心脑血管事件的独立预测因素。**结论:**老年血液透析患者中 RDW 水平普遍增高,且与贫血、透析龄、营养水平、炎症状态、心脏功能、EPO 剂量及反应等多项临床指标有关;RDW 水平增高与老年维持性血液透析患者短期临床心脑血管事件转归相关。

[关键词] 老年人;红细胞体积分布宽度;血液透析;因素分析;预后;队列研究**[中图分类号]** R 692.5 **[文献标志码]** A

Influence factors analysis of red blood cell distribution width in elderly hemodialysis patients

MAO Chang-qing[△], WANG Lei[△], JIN Hui-liang, LI Feng, CHEN Teng-fei, GAO Qiu-feng, JIANG Pu, DU Lü-lü, LI Ying*

Department of Nephrology, Shanghai Jiading Central Hospital, Shanghai University of Medicine & Health Sciences, Shanghai 201800, China

[Abstract] **Objective:** To investigate the level of red blood cell volume distribution width in aged hemodialysis patients and analyze the clinical significance. **Methods:** Totally, 128 hemodialysis patients (48 males and 80 females) with mean age of (69.2±4.5) years old and mean dialysis vintage of (64.3±42.5) months from July 2017 to December 2017 were prospectively enrolled. Medical history was collected and parameters such as hemoglobin, red blood cell distribution width (RDW), serum electrolytes, high sensitivity C-reactive protein (hsCRP), serum albumin, ferritin, and intact parathyroid hormone (iPTH) were measured before the mid-week hemodialysis. Pearson correlation analysis and multiple linear stepwise regression model were applied to analyze the relationship between these clinical parameters and RDW. Curve fitting model was used to analyze the clinical parameters that may be non-linearly correlated with RDW. All patients were followed up for 12 months. The

[收稿日期] 2019-03-21 **[接受日期]** 2019-07-24**[基金项目]** 上海市嘉定区科学技术委员会课题(JDKW-2019-W25). Supported by Project of Science and Technology Commission of Jiading District, Shanghai (JDKW-2019-W25).**[作者简介]** 毛长青,主治医师. E-mail: chenjinfengcjf123@163.com

王 蕾,硕士,副主任医师. E-mail: wl.0754@163.com

[△]共同第一作者(Co-first authors).

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-69918002, E-mail: wx5187@aliyun.com

primary end point was death and the secondary end point was cardiovascular events. Survival analysis was performed with Kaplan-Meier survival curves between the higher RDW group and the lower RDW group. Cox proportional hazards model was used to explore independent predictors related to prognosis. **Results:** The mean RDW was ($[16.24 \pm 2.22]\%$, $[14.0$ to $20.4]\%$ [median 15.1%]) in all patients, of which 105 (82.1%) were abnormal. Pearson correlation analysis showed that RDW was positively correlated with dialysis vintage, EPO dose, hsCRP, and interdialytic weight gain ratio. RDW was negatively correlated with serum albumin. Multivariate linear regression model showed that RDW was significantly associated with serum albumin and EPO dose ($P < 0.01$). In curve fitting estimation, the quadratic equation had the goodness of fitting with statistical significance ($P < 0.001$). A total of 6 patients died during the 12-month follow-up with 4 patients in the higher RDW group and 2 patients in the lower RDW group. There was no significant difference between the two groups. During the follow-up, 36 cases of various cardiovascular and cerebrovascular events occurred in which 26 cases in the higher RDW group and 10 cases in the lower RDW group. Kaplan-Meier analysis indicated that there was a statistically significant difference in the incidence of cardiovascular events between the higher RDW group and the lower RDW group ($\log\text{-rank} = 16.224$, $P < 0.001$). Univariate Cox regression showed that RDW level was positively correlated with cardiovascular and cerebrovascular events, while hemoglobin, serum albumin level were negatively correlated with cardiovascular and cerebrovascular events. Multivariate Cox regression model showed that RDW ($HR = 1.231$, $P = 0.015$) and serum albumin level ($HR = 0.964$, $P < 0.001$) were independent predictors of cardiovascular and cerebrovascular events in elderly hemodialysis patients within 12 months. **Conclusions:** Increased RDW was common in elderly hemodialysis patients, which might be related to anemia, dialysis age, nutritional status, inflammatory status, cardiac function, EPO dose and response. The increased RDW level was associated with clinical cardiovascular and cerebrovascular events in elderly hemodialysis patients.

[Key Words] the aged; red blood cell distribution width; hemodialysis; factor analysis; prognosis; cohort study

红细胞体积分布宽度(red blood cell distribution width, RDW)是红细胞形态学指标,属于全血成分计数的组成部分,可准确快速反映红细胞大小的异质性,既往主要用于贫血诊断。近年来研究^[1]发现RDW是慢性心血管疾病人群和普通人群死亡预后的强预测因子。在透析人群研究中也发现RDW可受多种因素影响而显著异常^[1],且与透析患者人群死亡预后密切相关^[2]。

目前我国透析人群快速增长,特别是老年透析患者比例日益增加,改善老年透析患者预后是肾脏病领域面临的严峻挑战。基于RDW在既往研究和预后良好的相关性以及对其机制的初步探讨,我们预测该指标在老年尿毒症透析人群中可具有较高临床价值。为此,本研究通过调查老年血液透析人群中RDW,了解其分布情况及影响因素,并通过队列研究了解该人群预后与RDW之间的联系,探讨RDW对老年血液透析患者预后的预测价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 前瞻性入选2017年7月至12月期间于上海健康医学院附属嘉定区中心医院血液净化中心接受治疗的老年维持性血液透析患者,入院患者年龄 ≥ 65 周岁,透析龄大于3个月,病情稳定,透析处方为每周透析3次,每次4~5 h。排除标

准:(1)明确诊断合并造血系统疾病,如多发性骨髓瘤、纯红细胞再障、巨幼细胞性贫血等;(2)营养不良,血清白蛋白水平小于正常值低限35 g/L;(3)肝脏功能障碍导致铁利用障碍;(4)4周内曾临床诊断为失代偿性心功能不全;(5)活动性感染。本研究经嘉定区中心医院伦理委员会批准备案。

1.2 研究方法

1.2.1 一般情况及病史收集 记录患者的年龄、性别、身高、体质量、体质指数(body mass index, BMI)等一般资料以及肾脏基础病变、透析龄、血管通路类型、24 h尿量、每周促红细胞生成素(EPO)用量、透析前血压、透析间期体质量增加比例等透析治疗相关资料。血压测量以透析开始前休息至少15 min后以水银式血压计测量患者非内瘘侧上肢肱动脉血压,连续测量3次取平均值为最终结果。

1.2.2 实验室检查资料 所有患者均于周中透析前检测血常规(包括RDW)、血肌酐(serum creatinine, Scr)、尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、尿酸(blood uric acid, UA)、水电解质、高敏C反应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hsCRP)、铁蛋白(ferritin)、转铁蛋白饱和度(transferrin saturation, TSAT)、全段甲状旁腺素(intact parathyroid hormone, iPTH)。并于透析后检测肾功能并计算spKt/V。

血常规(包括RDW)指标应用XE-2100全自动血常规检测仪(SYSMEX,日本,RDW正常值上限14.4%^[3])检测。血生化指标应用HITCH-7080全自动生化分析仪(HITCH,日本)检测。spKt/V以Daugirdas二代校正公式计算。

1.2.3 预后指标 所有患者均随访12个月。随访截止至2018年12月31日。生存时间包括终点数据和终检数据。终点数据定义为在随访期间发生主要和次要终点事件的生存时间。主要终点事件定义为死亡。次要终点事件定义为各类型心脑血管事件,包括心源性猝死、各类型脑卒中、需急诊或住院治疗心肌梗死、需急诊或住院治疗的失代偿性心功能不全。终检数据定义为在随访期间发生终检事件的生存时间。终检事件包括随访截止时继续透析、肾移植、好转或治愈而停止透析、失访。

1.3 统计学处理 正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$,偏态分布变量进行对数转换为正态分布变量后再进行统计分析。组间比较应用 t 检验,多组间比较使用方差分析。计数资料比较使用 χ^2 检验。对连续变量进行Pearson相关分析。应用多元线性逐步回归模型分析RDW的影响因素。应用曲线拟合模型分析可能与RDW呈非线性相关的临床指标。全部数据均采用SPSS 21.0软件(Lead Technologies Inc., Chicago, USA)进行统计分析。检验水准(α)为0.05。

生存曲线分析应用Kaplan-Meier方法,用log-rank进行生存曲线显著性检验比较。运用Cox回归进行单因素分析,以 $\alpha=0.05$ 为检验水准,对单因素分析有统计学意义的影响因素进行Cox回归模型多因素分析,采用以基于偏最大似然估计的向前逐步回归法筛选影响患者临床转归的独立预后因素。双侧 P 值 <0.05 定义为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本临床资料 共128例患者入选本研究,其中男性48例(37.5%),女性80例(62.5%),年龄(69.2 \pm 6.2)岁,透析龄(64.3 \pm 42.5)个月,体质指数(23.56 \pm 3.89)kg/m²。基础肾脏疾病构成为慢性肾小球肾炎83例(64.8%),糖尿病肾病22例(17.2%),高血压肾硬化12例(9.4%),多囊肾5例(3.9%),其他原因6例(4.7%)。残存尿量统计:无尿115例(89.8%),少尿13例(10.2%)。血管通路类型构成为自体动静脉内瘘120例(93.8%),深

静脉留置导管8例(6.2%)。整组患者周中透析前血压测定为收缩压(144.1 \pm 13.9)mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),舒张压(80.5 \pm 12.7) mmHg。整组患者透析间期体质量增长比例为(4.5 \pm 1.8)%。

整组患者检查结果显示RDW为(16.24 \pm 2.22)%,中位数15.1%。整组患者实验室检查结果见表1。

表1 患者实验室检查结果

指 标	结 果
病例数 n	128
RDW(%)	16.24 \pm 2.22
红细胞计数($\times 10^{12}$)	3.24 \pm 0.67
血红蛋白(g/L)	103.9 \pm 25.2
血清铁蛋白(ng/mL)	186.23 \pm 122.39
透析前血肌酐(μ mol/L)	1 032.7 \pm 264.5
spKt/Vurea	1.39 \pm 0.32
血清白蛋白(g/L)	38.83 \pm 2.43
hsCRP(mg/L)	7.24 \pm 10.18
甲状旁腺素(pg/mL)	492.82 \pm 347.92
血清钠(mmol/L)	138.9 \pm 2.9
血清钙(mmol/L)	2.19 \pm 0.21
血清磷(mmol/L)	1.95 \pm 0.76
EPO剂量(U/周)	9 569.86 \pm 5 236.32
EPO/Hb比值[U/(g/L)]	89.56 \pm 56.79

2.2 老年维持性血液透析患者RDW的相关影响因素分析 整组患者RDW为(16.24 \pm 2.22)%,中位数15.1%。其中105(82.0%)例患者RDW水平超过检测仪器参考值上限14.4%。以性别、原发疾病、血管通路类型、残存尿量等分类变量为标准对患者进行分组,比较各组间RDW水平,差异均无统计学意义。

以RDW为应变量,其余临床指标为自变量,作Pearson线性相关分析。结果提示RDW与透析龄($r=0.151, P=0.01$)、每周EPO剂量($r=0.291, P<0.001$)、透析间期体质量增长比例($r=0.256, P<0.001$)、hsCRP($r=0.295, P<0.001$)显著正相关。RDW与血清白蛋白($r=-0.241, P<0.001$)显著负相关,与其余临床指标之间无显著相关性。

以RDW为X轴,血红蛋白为Y轴,绘制散点图,观察提示二者无明显线性相关。将血红蛋白(Hb)连续变量以33%、66%数值为截点,分成低值组[78~103(91.9 \pm 10.5) g/L, $n=42$]、中值组

[106~116(109.9±3.19) g/L, $n=42$]和高值组 [117~135(122.5±8.7) g/L, $n=43$],并比较3组之间RDW差异。结果提示,Hb低值组和Hb高值组的RDW水平均明显高于RDW中值组,差异有统计学意义($P<0.001$)。Hb低值组和Hb高值组之间RDW水平无显著差异。进一步以血红蛋白为自变量,以RDW为因变量,分别拟合线性方程、二次方程、三次方程、对数方程和logistic方程曲线模型,结果提示二次方程($R^2=0.098, b_0=24.913, b_1=-0.218, b_2=0.001$)曲线拟合优度最佳,具有统计学意义($P<0.001$)。

2.3 老年血液透析患者RDW相关因素的多元线性逐步回归模型分析 以RDW为因变量,相关其他临床指标为自变量,建立多元线性逐步回归模型,结果提示RDW与血清白蛋白显著负相关($\beta=-0.145, P=0.033$),RDW与每周EPO剂量显著正相关($\beta=0.010, P=0.003$)。

2.4 RDW水平对老年维持性血液透析患者12个月内终点事件的影响 以RDW值中位数15.1%将患者分成RDW高值组(RDW>15.1%, $n=64$)和低值组(RDW≤15.1%, $n=64$),并对所有患者进行12个月随访。整组患者共128例均在单中心完成随访,无失访和退出病例。

12个月随访期内,RDW低值组死亡2例(3.1%),死亡原因为严重感染1例,心功能衰竭1例。RDW高值组死亡4例(6.2%),死亡原因为心源性死亡3例(心源性猝死1例,心功能衰竭2例)、严重感染1例。两组患者生存率差异比较无统计学意义。12个月随访期间发生各类型心脑血管事件36例次,其中RDW高值组26例次(脑卒中2例次、需急诊或住院治疗心肌梗死4例次、需急诊或住院治疗的失代偿性心功能不全20例次),RDW低值组10例次(脑卒中1例次、需急诊或住院治疗心肌梗死4例次、需急诊或住院治疗的失代偿性心功能不全5例次)。应用Kaplan-Meier法分析两组患者次要事件发生率差异,通过log-rank法比较结果显示RDW高值组患者生存率显著低于RDW低值组,差异有统计学意义(log-rank=16.224, $P<0.001$)。

2.5 维持性血液透析患者预后Cox回归模型分析 以次要终点事件为标准,将患者分成事件组和对照组,行Cox单因素分析。结果发现维持性血液透析患者临床心脑血管事件次要终点事件预后的

相关因素为患者血红蛋白(Hb)、白蛋白(ALB)、红细胞体积分布宽度(RDW)和透析间期体质量增加(IDWG)比例($P<0.05$)。进一步行Cox多因素比例风险回归模型中进行分析,发现患者红细胞体积分布宽度RDW(HR=1.231, $P=0.015$)和血清白蛋白水平(HR=0.964, $P<0.001$)是维持性血液透析患者死亡独立预测因子($P<0.05$)。单因素Cox回归显示RDW水平与12个月内心脑血管事件正相关,血红蛋白、血清白蛋白和12个月内心脑血管事件负相关。多因素Cox回归结果显示:RDW(HR=1.613, $P=0.015$)、血清白蛋白水平(HR=0.964, $P<0.001$)是老年维持性血液透析患者12个月内心脑血管事件的独立预测因素。

3 讨论

红细胞体积分布宽度代表红细胞体积异质性,是红细胞分化和增生过程中多种因素共同影响的结果。尿毒症血液透析患者均不同程度存在EPO水平不足、造血原料特别是铁缺乏、透析过程中血液丢失等,即使通过医疗干预维持血红蛋白水平在目标范围内,其红细胞异质性较正常人群仍显著增加。Chen等^[2]研究发现透析患者中RDW异常比例可高达67.7%,且与年龄显著正相关。本研究发现,以RDW检验正常值上限14.4%为标准^[3],老年透析患者RDW异常比例可高达82.4%,进一步证实了这点。

传统观点认为造血原料如铁缺乏、溶血、输血等是造成RDW升高的主要原因,因此综合评价平均红细胞体积MCV和红细胞体积分布宽度RDW可作为贫血鉴别诊断的重要依据^[4]。尿毒症血液透析患者中常存在不同程度的贫血,特别是缺铁性贫血十分常见,因此在透析患者中RDW的异常及其与铁缺乏之间的关系很早即为人们所认识。Docci等^[5]发现在RDW增高的血液透析患者中,铁剂补充可引起血红蛋白升高和RDW的下降。Morgan等^[6]研究也发现,血液透析患者中RDW升高反映铁缺乏的敏感性可高达89%,但进一步研究亦发现其特异性仅为45%,提示在透析患者中RDW并非仅与铁缺乏有关。本研究未发现RDW异常和铁蛋白水平相关,这可能和本研究中绝大部分病例均在使用铁剂有关。

本研究将血红蛋白以绝对值高低为标准等分成高、中、低3组,发现RDW在Hb中值组(101~

111 g/L)最低,而在 Hb 高值组和 Hb 低值组则明显升高,提示二者之间关系呈“U”形曲线,在进一步曲线拟合中也证实了二次方程曲线能够拟合二者之间关系。已有研究证实,在 CKD 患者中将血红蛋白的目标值制定过高并不能将改善预后,反而可能增加患者脑卒中等并发症的发生率。进一步研究则提示,不良预后更多与高 EPO 剂量有关。本研究结果提示,透析患者的血红蛋白如处在较为合理的范围内,其红细胞异质性指标 RDW-CV 水平也相对更佳。这可能为我们评价肾性贫血的治疗效果提供了新的参考标准。

本研究发现,RDW 在老年血液透析患者和每周 EPO 剂量正相关,多元线性逐步回归模型发现每周 EPO 剂量与 RDW 显著正相关。这提示 EPO 的剂量是造成透析患者 RDW 异常的可能原因。EPO 不足可分为绝对和相对两类,前者常易为临床识别及时干预,而后者则由于多种因素影响机体对 EPO 的反应性。各种原因导致的骨髓造血功能低和微炎症状态均会导致透析患者 EPO 抵抗。如年龄可显著影响骨髓本身造血功能,透析患者不同程度的微炎症状态不仅可直接抑制骨髓造血功能,也可影响患者对 EPO 的反应^[7],并通过红细胞表面炎症因子受体等途径影响红细胞生成^[8]。本研究发现血清白蛋白、hs-CRP 水平、透析龄等因素和 RDW 正相关,为上述机制提供了佐证。考虑到本研究中所有对象的 EPO 平均水平不低,这提示在老年透析患者中,EPO 抵抗是造成 RDW 异常的主要原因,RDW 水平可作为评价是否存在 EPO 抵抗的重要参考,在临床实践中应对 RDW 升高患者中可能存在的对 EPO 反应的因素应给予足够关注。

近年来研究发现,RDW 和慢性心功能不全^[9]、冠状动脉粥样硬化^[10]、原发性高血压^[11]等诸多心血管疾病人群的不良预后相关。在普通人群中,RDW 也与心血管事件及死亡风险相关^[10,12]。Chen 等^[2]研究发现 RDW 升高导致血液透析患者死亡风险增加相关,其机制推测可能与下列因素有关,(1)慢性炎症机制:RDW 与透析患者机体慢性炎症状态密切相关,后者则与透析患者预后不良相关。(2)营养不良机制:RDW 升高患者多伴有营养不良问题,如铁、维生素 B₁₂、叶酸等缺乏,临床可表现为营养状态的缺乏。本研究中也发现血清白蛋白水平和 RDW 水平密切相关,且白蛋白本身也和预后相关。(3)氧化应激机制:研究发现氧化应激能通

过干扰红细胞生成导致红细胞半衰期缩短、膜稳定性和携氧能力降低,临床检测发现上述机制可导致红细胞体积异质性即 RDW 增高。上述机制在慢性透析患者中可同时存在,相互作用,最终导致患者死亡风险增加。本研究未发现 RDW 和老年透析患者死亡预后相关,可能和本研究在入选患者时候已经剔除了营养不良和病情不稳定的患者,同时本研究纳入样本量偏小,随访期仅 12 个月等多种因素有关。有待于在将来通过延长随访时间,扩大样本量以进一步完善。

本研究发现次要终点事件即心脑血管事件发生率显著相关,和前述普通人群的研究结果类似。心血管事件是造成透析患者死亡的首要原因,既往在尿毒症透析人群的研究中预测心血管事件多关注透析间期容量增加、左心室低射血分数、左心室质量指数、纽约心脏病学会心功能分级和血清心脏标志物等因素,但在临床实践中,定期全面系统的完成上述指标评估操作上存在难度,有必要寻找相对简洁方式筛查患者。已有研究发现在心功能不全患者中,RDW 水平与左心室射血分数、左室舒张末充盈压、纽约心脏病学会心功能分级以及心脏标志物显著相关^[13-15]。本研究中发现 RDW 和透析间期体质量增加比例显著相关,且和老年透析患者 12 个月内心血管事件预后密切相关,为临床快速甄别短期内发生心血管事件高危患者提供了新的思路。

本研究尚存在一定的局限性:本研究系前瞻性队列观察研究,无法在分组时使所有影响老年血液透析患者预后的混杂因素达到平衡。此外本研究仅检测了 1 次 RDW 横断面资料,随访时间仅为 12 个月,无法全面评价和分析 RDW 对老年透析患者更长期预后的影响,有待于将来进一步完善。

综上所述,本研究发现 RDW 水平在老年维持性血液透析患者中明显升高,且与多种因素有关。RDW 是老年维持性血液透析患者短期各类型心脑血管预后的独立预测因子。鉴于 RDW 检测在临床上广泛应用,技术成熟,便于推广,其对血液透析患者预后的预测作用值得进一步深入研究。

参考文献

- [1] 沈波,刘中华,邹建洲,等. 维持性血液透析患者红细胞体积分布宽度及相关影响因素研究[J]. 中国临床医学, 2012,19(5):496-499.
- [2] CHEN X, SHEN B, ZOU J, et al. The prognostic value of red blood cell distribution width in patients on maintenance

- hemodialysis[J]. *Blood Purif*, 2016,42(4):314-321.
- [3] Sysmex Lab Info. Referenzwertbereiche für die Hämatologie: Sysmex X-family, 03-2006.
- [4] BESSMAN J D, GILMER P R JR, GARDNER F H. Improved classification of anemias by MCV and RDW[J]. *Am J Clin Pathol*, 1983,80(3):322-326.
- [5] DOCCI D, DELVECCHIO C, GOLLINI C, et al. Red blood cell volume distribution width (RDW) in uraemic patients on chronic haemodialysis[J]. *Int J Artif Organs*, 1989,12(3):170-174.
- [6] MORGAN D L, PECK S D. The use of red cell distribution width in the detection of iron deficiency in chronic hemodialysis patients[J]. *Am J Clin Pathol*, 1988,89(4):513-515.
- [7] BRADBURY B D, CRITCHLOW C W, WEIR M R, et al. Impact of elevated C-reactive protein levels on erythropoiesis-stimulating agent (ESA) dose and responsiveness in hemodialysis patients[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2009,24(3):919-925.
- [8] NEOTE K, DARBONNE W, OGEZ J, et al. Identification of a promiscuous inflammatory peptide receptor on the surface of red blood cells [J]. *J Biol Chem*, 1993, 268 (17): 12247-12249.
- [9] FELKER G M, ALLEN L A, POCOCK S J, et al. Red cell distribution width as a novel prognostic marker in heart failure; data from the CHARM Program and the Duke Databank[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007,50(1):40-47.
- [10] DABBAH S, HAMMERMAN H, MARKIEWICZ W, et al. Relation between red cell distribution width and clinical outcomes after acute myocardial infarction[J]. *Am J Cardiol*, 2010,105(3):312-317.
- [11] TANINDI A, TOPAL F E, TOPAL F, et al. Red cell distribution width in patients with prehypertension and hypertension[J]. *Blood Press*, 2012,21(3):177-181.
- [12] ARBEL Y, WEITZMAN D, RAZ R, et al. Red blood cell distribution width and the risk of cardiovascular morbidity and all-cause mortality. A population-based study [J]. *Thromb Haemost*, 2014,111(2):300-307.
- [13] VAN CRAENENBROECK E M, PELLE A J, BECKERS P J, et al. Red cell distribution width as a marker of impaired exercise tolerance in patients with chronic heart failure[J]. *Eur J Heart Fail*, 2012,14(1):54-60.
- [14] OH J, KANG S M, HONG N, et al. Relation between red cell distribution width with echocardiographic parameters in patients with acute heart failure[J]. *J Card Fail*, 2009,15(6):517-522.
- [15] HOLMSTRÖM A, SIGURJONSDOTTIR R, HAMMARSTEN O, et al. Red blood cell distribution width and its relation to cardiac function and biomarkers in a prospective hospital cohort referred for echocardiography[J]. *Eur J Intern Med*, 2012,23(7):604-609.

[本文编辑] 翟铖铖, 贾泽军