

论 著

红细胞及血小板参数对儿童脓毒症严重程度的预测价值

白新风¹, 徐梅先¹, 郭芳², 康磊¹, 张会芬¹, 程彩云¹¹河北省儿童医院重症医学科, 石家庄 050031; ²河北省儿童医院感染科, 石家庄 050031

[摘要] **目的** 评估红细胞及血小板参数对儿童脓毒症严重程度的预测价值。**方法** 选取河北医科大学附属河北省儿童医院重症医学科(PICU)2015年12月—2020年12月收治的213例脓毒症患儿, 根据脓毒症严重程度分为脓毒症组(152例)与脓毒性休克组(61例)。比较两组患儿的一般资料、诊断脓毒症24 h内的红细胞及血小板参数、患儿入住PICU 24 h内的急性生理学及慢性健康状况评分Ⅱ(APACHE Ⅱ)及序贯器官衰竭评分(SOFA)。利用四分位法计算患儿红细胞分布宽度(RDW)及血小板分布宽度(PDW)的中位数及四分位间距, 并据此将213例患儿进行分层。比较不同RDW、PDW分层患儿的性别、年龄、PICU住院时间、连续性肾脏替代治疗(CRRT)、机械通气情况, 以及脓毒性休克发生情况; 使用受试者工作特征(ROC)曲线评估RDW及PDW对患儿脓毒症严重程度的预测价值。**结果** 脓毒性休克组的RDW[17.03%(16.17%, 18.72%)], PDW [24.25 fl(23.25 fl, 26.60 fl)], APACHE Ⅱ评分[(19.06 ± 3.78)分]及SOFA评分[(7.35 ± 2.62)分]均高于脓毒症组[分别为15.28%(14.23%, 16.39%)、21.28 fl(18.84 fl, 23.40 fl)、(15.73 ± 3.89)分、(5.68 ± 2.40)分], 差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同RDW分层的辅助通气时间差异有统计学意义($P < 0.05$), 不同PDW分层的PICU住院时间差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同RDW、PDW分层的脓毒症严重程度差异有统计学意义($P < 0.05$); RDW评估脓毒症严重程度的临床价值最高, PDW评估脓毒症严重程度的敏感度最高。**结论** RDW及PDW可作为评估儿童脓毒症严重程度的重要指标。

[关键词] 脓毒症; 红细胞参数; 血小板参数; 儿童**[中图分类号]** R725**[文献标志码]** A**[文章编号]** 0577-7402(2021)09-0917-06**[DOI]** 10.11855/j.issn.0577-7402.2021.09.12**Predictive values of erythrocyte and platelet parameters for the severity of sepsis in children**Bai Xin-Feng¹, Xu Mei-Xian¹, Guo Fang², Kang Lei¹, Zhang Hui-Fen¹, Cheng Cai-Yun¹¹Department of Intensive Care Unit, ²Department of Infection, Hebei Children's Hospital, Shijiazhuang 050031, China

*Corresponding author, E-mail: 13833185617@163.com

This work was supported by the 2019 Medical Science Research Project of Hebei Province (20190824)

[Abstract] **Objective** To evaluate the predictive values of erythrocyte and platelet parameters for the severity of sepsis in children. **Methods** A total of 213 children with sepsis admitted to Pediatric Intensive Care Unit (PICU) of Hebei Children's Hospital from December 2015 to December 2020 were selected as the research subjects. According to the severity, they were divided into the sepsis group (152 cases) and septic shock group (61 cases). The gender, age, infected site and treatment of the enrolled subjects were recorded. The erythrocyte and platelet parameters were collected within 24 hours after the diagnosis of sepsis. The children were scored according to acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ (APACHE Ⅱ) and sequential organ failure score (SOFA) within 24 hours after admission to PICU. The median of the red cell volume distribution width (RDW) and platelet distribution width (PDW) and interquartile range were calculated for the child patients using the quartile method, and the 213 child patients were stratified on the basis. The gender, age, length of PICU stay, continuous renal replacement therapy (CRRT), mechanical ventilation, and occurrence of septic shock were compared between the child patients with different RDW and PDW stratifications. Receiver operating characteristic curve (ROC) was used to evaluate the predictive value of erythrocyte and platelet parameters for the severity of children with sepsis. **Results** The scores of RDW [17.03%(16.17%, 18.72%)], PDW [24.25 fl (23.25 fl, 26.60 fl)], APACHE Ⅱ (19.06 ± 3.78) and SOFA (7.35 ± 2.62) in septic shock group were higher than those [15.28%(14.23%, 16.39%), 21.28 fl (18.84 fl, 23.40 fl), 15.73 ± 3.89, 5.68 ± 2.40] in sepsis group, with statistical significance ($P < 0.05$). There was statistically significant difference in the duration of assisted ventilation for RDW stratification ($P < 0.05$), and there was statistically significant difference in the duration of hospitalization in PICU for PDW stratification ($P < 0.05$). There was statistical significance in sepsis

[基金项目] 2019年度河北省医学科学研究课题(20190824)**[作者简介]** 白新风, 医学博士, 主治医师, 主要从事儿童危重症方面的研究**[通信作者]** 徐梅先, E-mail: 13833185617@163.com

severity between RDW stratification and PDW stratification ($P<0.05$). RDW had the highest predictive value for sepsis severity, while PDW had the highest sensitivity for sepsis severity. **Conclusion** RDW and PDW are important biomarkers for predicting the severity of sepsis in children.

[Key words] sepsis; erythrocyte parameters; platelet parameters; children

脓毒症是宿主对感染反应失调引起的危及生命的器官功能障碍,也是导致儿童死亡的主要原因^[1-2]。脓毒症患儿病死率从1%到20%不等,取决于疾病的严重程度、危险因素及病灶位置^[3-5]。红细胞发生代谢及结构损伤,可损害氧气传递并影响预后,宿主对感染反应的失调在红细胞参数中表现尤为明显^[6]。血小板作为宿主对感染反应的关键要素,在脓毒症的免疫应答及炎症反应过程中起着重要作用^[7]。血常规是各级医院均开展的常规检查,红细胞参数及血小板参数较易获得,对红细胞参数及血小板参数进行分析,可以提高其预测儿童脓毒症严重程度的敏感度及特异度。本文回顾性研究红细胞参数及血小板参数与儿童脓毒症严重程度的相关性,以期儿童脓毒症的早期识别、早期治疗及病情评估提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集2015年12月—2020年12月河北医科大学附属河北省儿童医院重症医学科(PICU)收治的213例脓毒症患儿。纳入标准:(1)出生日龄 >28 d、纠正胎龄 >41 周,且不超过18岁;(2)符合我国“儿童脓毒性休克(感染性休克)诊治专家共识(2015版)”中的诊断标准^[8]。排除有基础疾病的患儿。根据脓毒症严重程度,将本组213例患儿分为脓毒症组($n=152$)与脓毒性休克组($n=61$)。其中脓毒性休克是指脓毒症导致的组织低灌注及心血管功能障碍。

1.2 临床资料收集 回顾性收集患儿的年龄、性别、感染部位、治疗等临床数据;记录患儿诊断脓毒症24 h内的实验室检查指标,包括红细胞计数(red blood count, RBC)、平均红细胞体积(mean corpuscular volume, MCV)、血细胞比容(hematocrit, HCT)、红细胞分布宽度(red blood cell distribution width, RDW)、血小板计数(platelet count, PLT)、血小板平均体积(mean platelet volume, MPV)、血小板比容(platelet crit, PCT)、血小板分布宽度(platelet distribution width, PDW)。记录患儿入住PICU 24 h内的急性生理学与慢性健康状况评分II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)及序贯器官衰竭评分(sequential organ failure score, SOFA)。

1.3 临床资料分析 比较脓毒症组与脓毒性休克

组红细胞参数、血小板参数及APACHE II评分、SOFA评分;比较不同RDW、PDW分层组脓毒症患儿的临床特征及脓毒症严重程度;分析脓毒症评分及RDW、PDW分层对脓毒性休克的预测价值。

1.4 统计学处理 采用SPSS 25.0软件对数据进行统计分析。对所有计量数据进行正态与方差齐性检验,符合正态分布且方差齐者以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组比较采用方差分析,两组比较采用 t 检验;不符合正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,两组比较采用秩和检验。计数资料以例(%)表示,比较采用卡方检验。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析红细胞、血小板参数及APACHE II评分、SOFA评分对患儿脓毒症严重程度诊断的价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组性别、年龄、感染部位、机械通气比例、连续性肾脏替代治疗(CRRT)比例差异均无统计学意义($P>0.05$);脓毒性休克组的机械通气时间、多器官功能障碍综合征(MODS)比例、28 d后死亡患者比例及PICU住院天数大于脓毒症组,差异有统计学意义($P<0.05$,表1)。

表1 两组脓毒症患儿一般资料比较

Tab.1 Comparison of baseline data between the two groups of children with sepsis

指标	脓毒症组 ($n=152$)	脓毒性休克组 ($n=61$)	t/χ^2	P
性别(男/女,例)	80/72	29/32	0.451	0.502
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	4.3 ± 2.1	4.5 ± 1.7	-0.370	0.712
感染部位[例(%)]			3.874	0.423
肺部	61(40.1)	26(42.6)		
腹腔	35(23.0)	19(31.1)		
泌尿系统	33(21.7)	10(16.4)		
血流	17(11.3)	6(9.8)		
其他	6(3.9)	0(0)		
机械通气[例(%)]	117(77.0)	50(82.0)	0.641	0.423
机械通气时间(d, $\bar{x}\pm s$)	5.23 ± 1.74	6.15 ± 2.13	-3.004	0.003
CRRT[例(%)]	66(43.4)	34(55.7)	2.651	0.103
MODS[例(%)]	54(35.5)	47(77.0)	30.102	<0.001
28 d内死亡[例(%)]	31(20.4)	25(41.0)	9.522	0.002
PICU住院时间(d, $\bar{x}\pm s$)	7.63 ± 2.42	8.67 ± 2.85	-2.687	0.008

CRRT. 连续性肾脏替代治疗; MODS. 多器官功能障碍综合征; PICU. 重症医学科

2.2 两组红细胞参数、血小板参数及APACHE II评分、SOFA评分比较 脓毒性休克组RDW、PDW及APACHE II评分、SOFA评分均高于脓毒症组，差异有统计学意义($P < 0.05$)；两组RBC、MCV、HCT、PLT、MPV、PCT差异无统计学意义($P > 0.05$ ，表2)。

表2 两组脓毒症患儿红细胞、血小板参数及APACHE II、SOFA评分比较

Tab.2 Comparison of erythrocyte and platelet parameters and APACHE II, SOFA scores between the two groups of children with sepsis

指标	脓毒症组(n=152)	脓毒性休克组(n=61)	t/Z	P
APACHE II评分(分, $\bar{x} \pm s$)	15.73 ± 3.89	19.06 ± 3.78	-5.692	<0.001
SOFA评分(分, $\bar{x} \pm s$)	5.68 ± 2.40	7.35 ± 2.62	-4.463	<0.001
红细胞参数[M(Q ₁ , Q ₃)]				
RBC(× 10 ¹² /L)	3.56(2.76, 4.12)	3.60(2.85, 4.60)	-1.144	0.253
MCV(fl)	98.48(89.12, 103.66)	100.48(92.48, 103.67)	-1.072	0.284
HCT(L/L)	0.29(0.25, 0.43)	0.34(0.26, 0.42)	-0.422	0.673
RDW(%)	15.28(14.23, 16.39)	17.03(16.17, 18.72)	-6.951	<0.001
血小板参数[M(Q ₁ , Q ₃)]				
PLT(× 10 ⁹ /L)	293.48(256.17, 336.85)	299.21(265.53, 356.84)	-1.040	0.298
MPV(fl)	8.94(7.65, 10.99)	8.93(8.30, 10.99)	-0.038	0.970
PCT(%)	0.26(0.24, 0.29)	0.26(0.24, 0.29)	-0.392	0.695
PDW(fl)	21.28(18.84, 23.40)	24.25(23.25, 26.60)	-6.596	<0.001

APACHE II. 急性生理学与慢性健康状况评分II；SOFA. 序贯器官衰竭评分；RBC. 红细胞计数；MCV. 平均红细胞体积；HCT. 红细胞比容；RDW. 红细胞分布宽度；PLT. 血小板计数；MPV. 血小板平均体积；PCT. 血小板比容；PDW. 血小板分布宽度

2.3 不同RDW、PDW分层组脓毒症患儿临床特征比较 患儿RDW值[M(Q₁, Q₃)]为[15.74% (14.61%, 17.00%)], 并据此将213例患儿分为3层, 即≤15%(73例), 15%~17%(87例), >17%(53例)。患儿PDW[M(Q₁, Q₃)]为[22.08(19.71, 24.56)]fl, 并据此将213例患儿分为3层, 即≤20fl(59例), 20~25fl(106例), >25fl(48例)。

不同RDW分层组年龄、性别、PICU住院时

间、CRRT比例、机械通气比例等差异无统计学意义($P > 0.05$)；RDW≤15%组的机械通气时间小于另外两组, 差异有统计学意义($P < 0.05$ ，表3)。

不同PDW分层组年龄、性别、CRRT比例、机械通气比例、机械通气时间等差异无统计学意义($P > 0.05$)；PDW≤20fl组的PICU住院时间短于另外两组, 差异有统计学意义($P < 0.05$ ，表4)。

2.4 不同RDW、PDW分层组患儿脓毒症严重程

表3 不同RDW分层组脓毒症患儿临床特征比较

Tab.3 Comparison of clinical features of children with sepsis in different RDW stratification groups

指标	≤15%(n=73)	15%~17%(n=87)	>17%(n=53)	F/ χ^2	P
性别(男/女, 例)	37/36	44/43	23/30	0.833	0.659
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	4.2 ± 1.9	4.7 ± 1.9	4.1 ± 1.9	2.498	0.085
PICU住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	8.21 ± 2.68	7.73 ± 2.57	7.85 ± 2.49	0.727	0.484
CRRT[例(%)]	32(43.8)	37(42.5)	31(58.5)	3.801	0.149
机械通气[例(%)]	52(71.2)	70(80.5)	45(84.9)	3.757	0.153
机械通气时间(d, $\bar{x} \pm s$)	4.96 ± 1.73	5.84 ± 1.85 ⁽¹⁾	5.67 ± 2.07 ⁽¹⁾	4.696	0.010

RDW. 红细胞分布宽度；CRRT. 连续性肾脏替代治疗；PICU. 重症医学科；与RDW≤15%组比较, (1) $P < 0.05$ 。

表4 不同PDW分层组脓毒症患儿临床特征比较

Tab.4 Comparison of clinical features of children with sepsis in different PDW stratification groups

指标	≤20fl(n=59)	20~25fl(n=106)	>25fl(n=48)	F/ χ^2	P
性别(男/女, 例)	26/33	56/50	22/26	1.387	0.500
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	4.1 ± 2.0	4.5 ± 1.8	4.5 ± 2.2	1.142	0.321
PICU住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	7.22 ± 1.94	7.90 ± 2.71 ⁽¹⁾	8.86 ± 2.75 ⁽¹⁾	5.573	0.004
CRRT[例(%)]	24(40.7)	51(48.1)	25(52.1)	1.497	0.473
机械通气[例(%)]	47(79.7)	83(78.3)	37(77.1)	0.105	0.949
机械通气时间(d, $\bar{x} \pm s$)	5.67 ± 1.73	5.47 ± 1.90	5.34 ± 2.11	0.405	0.667

RDW. 红细胞分布宽度；CRRT. 连续性肾脏替代治疗；PICU. 重症医学科；与PDW≤20fl组比较, (1) $P < 0.05$ 。

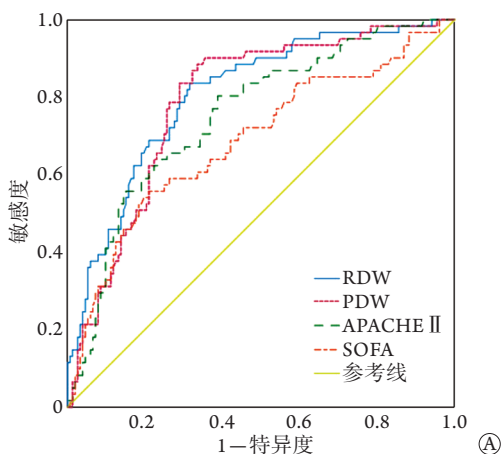
度比较 不同RDW、PDW分层组的脓毒性休克发生率差异有统计学意义($P<0.001$)。RDW、PDW越大,发生脓毒性休克的发生率越高,差异有统计学意义($P<0.05$,表5)。

表5 不同RDW、PDW分层组患儿脓毒性休克发生率比较 [例(%)]

Tab.5 Comparison of the incidence of septic shock in children in different RDW and PDW stratification groups [n(%)]

指标	脓毒症(n=152)	脓毒性休克(n=61)
RDW分层		
≤15% (n=73)	67(91.8)	6(8.2)
15%~17% (n=87)	63(72.4)	24(27.6) ⁽¹⁾
>17% (n=53)	22(41.5)	31(58.5) ⁽¹⁾⁽²⁾
χ^2		38.051
P		<0.001
PDW分层		
≤20 fl(n=59)	55(93.2)	4(6.8)
20~25 fl(n=106)	76(71.7)	30(28.3) ⁽³⁾
>25 fl(n=48)	21(43.8)	27(56.2) ⁽³⁾⁽⁴⁾
χ^2		31.706
P		<0.001

RDW. 红细胞分布宽度; PDW. 血小板分布宽度; 与RDW≤15%组比较, (1) $P<0.05$; 与RDW 15%~17%组比较, (2) $P<0.05$; 与PDW≤20 fl组比较, (3) $P<0.05$; 与PDW 20~25 fl组比较, (4) $P<0.05$ 。



2.5 脓毒症评分及RDW、PDW分层对脓毒性休克的预测价值 ROC曲线分析结果显示, RDW预测脓毒性休克的AUC最大,为0.805, PDW次之,但后者敏感度最高。RDW及PDW分层预测脓毒性休克的AUC均较小,且敏感度均较低。具体参见表6、图1。

表6 红细胞、血小板参数及脓毒症评分对脓毒性休克的预测价值

Tab.6 Predictive value of erythrocyte and platelet parameters and scores for septic shock

指标	AUC (95%CI)	P	最佳临界值	敏感度	特异度
RDW	0.805(0.741, 0.869)	<0.001	15.99	0.836	0.684
PDW	0.789(0.725, 0.854)	<0.001	22.13	0.885	0.664
APACHE II 评分	0.751(0.680, 0.823)	<0.001	16.04	0.803	0.612
SOFA评分	0.687(0.604, 0.770)	<0.001	7.575	0.557	0.789
RDW分层	0.748(0.676, 0.820)	<0.001	2.5	0.508	0.855
PDW分层	0.725(0.652, 0.798)	<0.001	2.5	0.443	0.862

RDW. 红细胞分布宽度; PDW. 血小板分布宽度; APACHE II. 急性生理学与慢性健康状况评分 II; SOFA. 序贯器官衰竭评分

3 讨论

APACHE II 及SOFA评分是被广泛用于评估危重症患者严重程度的简单而有效的指标。本研

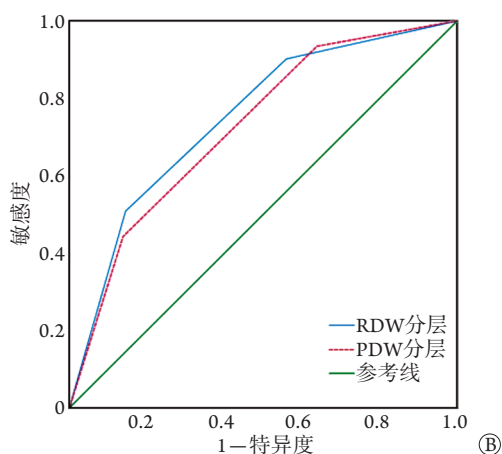


图1 RDW、PDW、APACHE II 评分、SOFA评分(A)及RDW、PDW分层(B)对患儿脓毒症严重程度的预测价值

Fig.1 Predictive value of RDW/PDW and APACHE II /SOFA score (A) and RDW/PDW stratification (B) on the severity of sepsis in children

RDW. 红细胞分布宽度; PDW. 血小板分布宽度; APACHE II. 急性生理学与慢性健康状况评分 II; SOFA. 序贯器官衰竭评分

究ROC曲线分析发现, RDW、PDW的AUC高于APACHE II 及SOFA评分,对脓毒性休克的预测效能较好。此外,本研究发现,不同RDW、PDW分层也可能是预测儿童脓毒症严重程度的有用指标。RDW、PDW层数越大,脓毒性休克发生率越高。

RDW是一种重复性高的常规临床实验室检测项目,反映了外周血红细胞大小的变异性(即红细胞大小不等),传统上用于研究贫血^[9]。一般认为

RDW的增加通过影响红细胞的产生及存活而导致红细胞稳态的严重失调^[10]。既往研究发现,脓毒症患者入住ICU时的RDW与病死率相关^[11],但这种关联在不同脓毒症严重程度患者中的报道较少。之前有学者发现, RDW是重症监护病房中脓症患者住院时间的预测因子^[12]。本研究结果显示,脓症患者患者的PDW值越高, PICU住院时间越长; RDW值越高,机械通气时间越长。

RDW可能反映了炎症反应的存在。炎症反应对骨髓功能、铁代谢及红细胞稳态产生负面影响,进而导致红细胞生成迟缓或红细胞大小不等,在许多人类疾病的起病及进展中发挥重要作用,也可能对脓毒症产生负面影响^[13]。炎症还能抑制红细胞生成素的产生,诱导对红细胞生成素的抗性,降低铁的生物利用度,直接抑制骨髓中的红细胞前体,激活红细胞凋亡及外周吞噬^[14]。高氧化应激是脓毒症的病理生理特征之一^[15],可促进大的不成熟的红细胞进入外周循环,直接导致RDW升高。脓毒症可改变红细胞膜糖蛋白和离子通道,从而导致红细胞形态的改变^[16]。提示RDW升高可能是对各种有害病理过程的综合反映,包括氧化应激、炎症反应、肾功能不全、营养不良,这些可能在脓毒症中同时发生。因此, RDW具有评估脓毒症严重程度的能力,类似于APACHE II及SOFA等疾病严重程度评分,但RDW更容易且能更快地获得。

PDW是一个可以直接反映血小板大小变异性的参数,其值较高表明网状血小板的产生增加,也表明血小板活性增高^[17]。血小板活化引起血小板形态的改变,包括球形及伪足的形成,血小板假足数量及大小的增加会影响PDW值^[18-19]。有学者研究发现,入院时PDW值升高与住院期间机械通气相关,建议将入院时较高的PDW作为疾病严重程度的标志^[20]。之前有学者研究发现,较高的PDW与器官衰竭相关,入院时的PDW是持续性器官衰竭的独立预测因子^[21]。

PDW比PLT及MPV更能反映血小板的新生、活化及机体的炎症反应状态,即PDW对病情严重程度的判断更敏感。PDW增加可能是脓毒症病情加重的原因,但也很可能是脓毒症病情加重的结果。最近有大量临床研究表明,PDW水平与危重症的发病相关^[22-23]。也有研究报道,血小板功能及大小的变化与全身炎症相关,PDW在预测某些疾病预后方面有重要价值^[24]。本研究ROC曲线分析结果显示,PDW的AUC稍低于RDW,但也具有高度敏感性,这对高危婴幼儿的管理具有重要意义。

综上所述, RDW、PDW可以预测脓毒症的严重程度,其预测效能超出了APACHE II及SOFA评分。但本研究为回顾性研究,未评估入院期间RDW、PDW的变化,未来可进一步行前瞻性队列研究来验证本研究的发现。RDW、PDW作为全血细胞计数的常规参数,其测量不涉及额外的成本,且可以提高经典严重程度评分预测脓毒性休克的效能,因此在未来开发新的评分系统时可考虑将其纳入。

【参考文献】

- [1] Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, *et al.* The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3)[J]. *JAMA*, 2016, 315(8): 801-810.
- [2] Zhang WJ, He YL, Chang XN, *et al.* New perspectives in the treatment of sepsis: research advances in immunotherapy[J]. *Chin J Pract Intern Med*, 2019, 39(8): 735-739. [张文杰, 何英丽, 常雪妮, 等. 脓毒症治疗新视野: 免疫治疗研究进展[J]. *中国实用内科杂志*, 2019, 39(8): 735-739.]
- [3] Schlapbach LJ, Straney L, Alexander J, *et al.* Mortality related to invasive infections, sepsis, and septic shock in critically ill children in Australia and New Zealand, 2002-13: a multicentre retrospective cohort study[J]. *Lancet Infect Dis*, 2015, 15(1): 46-54.
- [4] Ames SG, Davis BS, Angus DC *et al.* Hospital variation in riskadjusted pediatric sepsis mortality[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2018, 19(5): 390-396.
- [5] Fleischmann-Struzek C, Goldfarb DM, Schlattmann P, *et al.* The global burden of paediatric and neonatal sepsis: a systematic review[J]. *Lancet Respir Med*, 2018, 6(3): 223-230.
- [6] Oliveira YP, Pontes-de-Carvalho LC, Couto RD, *et al.* Oxidative stress in sepsis. Possible production of free radicals through an erythrocyte-mediated positive feedback mechanism[J]. *Braz J Infect Dis*, 2017, 21(1): 19-26.
- [7] Morrell CN, Aggrey AA, Chapman LM, *et al.* Emerging roles for platelets as immune and inflammatory cells[J]. *Blood*, 2014, 123(18): 2759-2767.
- [8] Subspecialty Group of Emergency Medicine, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; Subspecialty Group of Pediatrics, the Society of Emergency Medicine, Chinese Medical Association; Pediatric Emergency Medicine Physicians, Chinese Medical Doctor Association. Expert consensus for the diagnosis and management of septic shock (infectious shock) in children (2015)[J]. *Zhonghua Er Ke Za Zhi*, 2015, 53(8): 576-580. [中华医学会儿科学分会急救学组, 中华医学会急诊医学分会儿科学组, 中国医师协会儿童重症医师分会. 儿童脓毒性休克(感染性休克)诊治专家共识(2015版)[J]. *中华儿科杂志*, 2015, 53(8): 576-580.]
- [9] Montagnana M, Danese E. Red cell distribution width and cancer[J]. *Ann Transl Med*, 2016, 4(20): 399.
- [10] Meng S, Ma Z, Lu CY, *et al.* Prognostic value of elevated red blood cell distribution width in Chinese patients with multiple myeloma[J]. *Ann Clin Lab Sci*, 2017, 47(3): 282-290.
- [11] Lorente L, Martín MM, Abreu-González P, *et al.* Red blood cell distribution width during the first week is associated with severity and mortality in septic patients[J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e105436.
- [12] Wang FL, Pan WZ, Pan SM, *et al.* Red cell distribution width as a novel predictor of mortality in ICU patients[J]. *Ann Med*, 2011, 43(1): 40-46.
- [13] Orsini M, Chateauvieux S, Rhim J, *et al.* Sphingolipid-mediated inflammatory signaling leading to autophagy inhibition converts erythropoiesis to myelopoiesis in human hematopoietic stem/progenitor cells[J]. *Cell Death Differ*, 2019, 26(9): 1796-1812.
- [14] Salvagno GL, Sanchis-Gomar F, Picanza A, *et al.* Red blood cell distribution width: a simple parameter with multiple clinical applications[J]. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 2015, 52(2): 86-105.

- [15] Yamaguchi J, Nagase M, Yamamoto Y, *et al.* Increased oxidative stress and renal injury in patients with sepsis[J]. *J Clin Biochem Nutr*, 2018, 63(2): 137-143.
- [16] Subramani K, Raju SP, Chu X, *et al.* Effect of plasma-derived extracellular vesicles on erythrocyte deformability in polymicrobial sepsis[J]. *Int Immunopharmacol*, 2018, 65: 244-247.
- [17] Oncel M, Kiyici A, Oncel M, *et al.* Evaluation of platelet indices in lung cancer patients[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2015, 16(17): 7599-7602.
- [18] Kamisli O, Kamisli S, Kablan Y, *et al.* The prognostic value of an increased mean platelet volume and platelet distribution width in the early phase of cerebral venous sinus thrombosis[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2013, 19(1): 29-32.
- [19] Vagdatli E, Gounari E, Lazaridou E, *et al.* Platelet distribution width: a simple, practical and specific marker of activation of coagulation[J]. *Hippokratia*, 2010, 14(1): 28-32.
- [20] Irma T, Dana B, Shimon I, *et al.* Platelet distribution width: a novel prognostic marker in an internal medicine ward[J]. *J Community Hosp Intern Med Perspect*, 2019, 9(6): 464-470.
- [21] Wang F, Meng Z, Li S, *et al.* Platelet distribution width levels can be a predictor in the diagnosis of persistent organ failure in acute pancreatitis[J]. *Gastroenterol Res Pract*, 2017, 2017: 8374215.
- [22] Sezgi C, Taylan M, Kaya H, *et al.* Alterations in platelet count and mean platelet volume as predictors of patient outcome in the respiratory intensive care unit[J]. *Clin Respir J*, 2015, 9(4): 403-408.
- [23] Zhang S, Cui YL, Diao MY, *et al.* Use of platelet indices for determining illness severity and predicting prognosis in critically ill patients[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(15): 2012-2018.
- [24] Zhang ZH, Xu X, Ni HY, *et al.* Platelet indices are novel predictors of hospital mortality in intensive care unit patients[J]. *J Crit Care*, 2014, 29(5): 885. e1-885. e6.

(收稿日期: 2021-01-28; 修回日期: 2021-05-31)

(责任编辑: 熊晓然)