

# 动脉血气分析、PLR 及 NLR 在新生儿坏死性 小肠结肠炎的变化及临床意义<sup>\*</sup>

胡路遥 尚彪 明欣 明虹均 谢先知

(川北医学院第二临床医学院·首都医科大学附属北京安贞医院南充医院新生儿科, 四川 南充 637000)

**【摘要】** 目的 探讨新生儿坏死性小肠结肠炎(NEC)动脉血气中 pH、碱剩余(BE),血清中血小板/淋巴细胞比值(PLR)及中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)的水平变化,及其对 NEC 的早期诊断的临床意义。方法 选择 2020 年 1 月—2023 年 1 月我院收治的新生儿 139 例为研究对象,根据出院是否诊断为 NEC 分为 NEC 组 89 例(NEC 患儿)、非 NEC 组 50 例(未患有肠道疾病的黄疸患儿),NEC 组根据修正 Bell-NEC 诊断标准分为 I 期 14 例、II 期 64 例、III 期 11 例。比较两组患儿动脉血 pH、BE、血清中的 PLR 及 NLR 的差异,并应用受试者工作特征(ROC)曲线分析各项指标诊断效能。采用多因素 Logistic 回归分析影响 NEC 的危险因素。结果 两组新生儿发病时体质量、早产发生情况比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。NEC 组 BE 水平明显低于非 NEC 组,血清中的 PLR 及 NLR 水平明显高于非 NEC 组( $P < 0.05$ )。III 期 NEC 患儿 pH 明显低于 II 期患儿,BE 水平低于 I、II 期患儿,PLR 水平高于 I、II 期患儿( $P < 0.05$ )。ROC 曲线分析结果显示,BE、PLR 及 NLR 联合检测诊断 NEC 的曲线下面积(AUC)为 0.694,灵敏度为 57.3%,特异度为 80%,大于 3 项指标单独检测。多因素 Logistic 回归分析结果显示,早产儿和 BE 是患儿发生 NEC 的独立危险因素( $P < 0.05$ )。结论 BE、PLR、NLR 联合检测对 NEC 患儿的诊断价值优于单独检测,III 期 NEC 患儿 pH 明显下降。

**【关键词】** 新生儿坏死性小肠结肠炎;血气分析;PH;碱剩余;血小板/淋巴细胞比值;中性粒细胞/淋巴细胞比值

**【中图分类号】** R574.5 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2025.03.022

## Changes and significance of arterial blood gas analysis, platelet/lymphocyte ratio and neutrophil/lymphocyte ratio in neonatal necrotizing enterocolitis

HU Luyao, SHANG Biao, MING Xin, MING Hongjun, XIE Xianzhi

(Department of Neonatology, The Second Clinical Medical College of North Sichuan Medical College, Beijing Anzhen Nanchong Hospital of Capital Medical University, Nanchong 637000, Sichuan, China)

**【Abstract】 Objective** To retrospectively analyze the changes of pH, alkali surplus (BE) in arterial blood gas, platelet/lymphocyte (PLR) and neutrophil/lymphocyte ratio (NLR) in serum of 139 cases of neonatal necrotizing enterocolitis (NEC), and to explore their early diagnostic value for NEC. **Methods** A total of 139 newborns admitted to our Hospital from January 2020 to January 2023 were selected as the study subjects. They were divided into a NEC group of 89 cases (NEC patients) and a control group of 50 cases (non NEC patients) based on whether they were diagnosed with NEC after discharge. The NEC group was divided into stage I of 14 cases according to the modified Bell NEC diagnostic criteria; 64 cases in Phase II; 11 cases in stage III. The differences of arterial blood pH, BE, platelet/lymphocyte (PLR) and neutrophil/lymphocyte ratio (NLR) in serum between the two groups were analyzed. Multiple logistic regression analysis was used to identify the risk factors affecting NEC. **Results** Showed that there was a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) between the two groups in terms of body mass at onset and incidence of asphyxia during childbirth. The remaining alkaline levels in the NEC group were significantly lower than those in the control group, and the levels of

基金项目:南充市应用技术研究开发与专项项目(19YFZJ0037)

通信作者:尚彪, E-mail: shangbiao858@163.com

引用本文:胡路遥,尚彪,明欣,等.动脉血气分析、PLR 及 NLR 在新生儿坏死性小肠结肠炎的变化及临床意义[J].西部医学,2025,37(3):431-435. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2025.03.022

platelet/lymphocyte (PLR) and neutrophil/lymphocyte ratio (NLR) in the serum of the NEC group were significantly higher than those in the control group, with statistical significance ( $P < 0.05$ ). The pH of stage III patients was significantly lower than that of stage II patients, the residual level of alkali in stage III patients was lower than that of stage I and II patients, and the PLR level in stage III patients was higher than that of stage I and II patients, with a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ). The ROC curve analysis results showed that the area under the curve (AUC) for the combined detection of alkali residue, PLR, and NLR in the diagnosis of NEC was 0.694, with a sensitivity of 57.3% and a specificity of 80%, which was greater than the AUC detected separately for the three indicators. The results of multivariate logistic regression analysis showed that premature infants and residual alkali were independent risk factors for developing NEC in children ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The combined detection of alkali residue, PLR, and NLR has better diagnostic value for children with NEC than individual detection, and the pH of stage III NEC patients significantly decreases.

**【Key words】** Neonatal necrotizing enterocolitis; Blood gas analysis; pH; Base excess; Platelet/lymphocyte ratio; Neutrophil/lymphocyte ratio

新生儿坏死性小肠结肠炎 (Neonatal necrotizing enterocolitis, NEC) 是新生儿常见的胃肠道感染性疾病,起病急,进展快,是严重威胁新生儿生命的常见疾病之一<sup>[1]</sup>。目前 NEC 的发病机制尚不清楚,可能与缺血缺氧、感染、早产及喂养不耐受等有一定关系<sup>[2]</sup>。目前临床诊断 NEC 的临床表现有便血、腹胀、腹泻、呕吐等,实验室指标包括血常规、C 反应蛋白等<sup>[3]</sup>,缺乏特异性;病原学检查阳性率低、耗时长;影像学改变(超声及 x 线)如肠壁积气、门脉积气等,早期诊断特异度及灵敏性不高,且 I 期与肠梗阻难以鉴别<sup>[4]</sup>,有典型影像学改变时即为 II、III 期,因此早期诊断尤为重要。血气分析可反映新生儿是否有缺氧及酸中毒等情况,且动脉血气分析 pH、碱剩余 (Base excess, BE) 水平测定方便,可早期测定。此外,血清中血小板/淋巴细胞比值 (Platelet/lymphocyte ratio, PLR)、中性粒细胞/淋巴细胞比值 (Neutrophil/lymphocyte ratio, NLR) 是近几年学者提出的能够反映体内感染情况的敏感指标,有研究认为 PLR 和 NLR 与感染有密切关系<sup>[5]</sup>。动脉血气分析可提示患儿体内是否缺氧及酸中毒,同时 PLR 和 NLR 能反映体内感染情况,可能有助于 NEC 的早期诊断,目前我国有关血气分析、PLR 和 NLR 与 NEC 相关性研究较少,故本研究拟探讨 NEC 患儿动脉血 pH、BE、PLR 和 NLR 水平变化,并分析其与 NEC 疾病严重程度的关系,为临床诊断 NEC 提供价值。

## 1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2020 年 1 月—2023 年 1 月我院收治的 139 例新生儿为研究对象,根据出院是否诊断为 NEC 分为 NEC 组 89 例 (NEC 患儿)、非 NEC 组 50 例 (同期收入院且未患有肠道疾病的黄疸患儿作为对照),NEC 组根据修正 Bell-NEC 诊断标准<sup>[6]</sup>分为 I 期 14 例,其中男 5 例、女 9 例;II 期 64 例,男 28

例、女 36 例;III 期 11 例,男 2 例、女 9 例,对照组 50 例,男 19 例,女 31 例。NEC 组纳入标准:①纳入前未接受治疗。②诊断 NEC 后 24 h 内完成血气分析,住院期间完成胃十二指肠超声及腹部平片检查。排除标准:①合并消化道畸形等严重先天性缺陷。②伴有重症感染、自身免疫性疾病。③临床资料不完整。本研究获得医院伦理委员会批准 (审批号:2023053)。

1.2 方法 收集 139 例患儿临床资料,NEC 组根据修正 Bell-NEC 诊断标准<sup>[6]</sup>分为 I 期、II 期、III 期。统计 139 例患儿的性别、发病时体质量、分娩方式、出生胎龄、发病日龄、母亲围生期的危险因素 (是否使用糖皮质激素、是否存在感染性休克、是否服用益生菌)、患儿的危险因素 (出生是否发生窒息、败血症)、影像学检查、动脉血气分析 (pH、BE)、血清中的 PLR 及 NLR 等资料进行分析。

1.3 统计学分析 应用 SPSS 26.0 软件进行数据的统计学分析,采用 Shapiro-Wilk (S-W) 检验检测数据正态性,符合正态分布的定量资料用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,多组间比较采用单因素方差分析,采用 Bonferroni 进行两两比较;非正态分布的定量资料用  $[M(P_{25}, P_{75})]$  表示,两组间比较采用曼-惠特尼 U 检验,多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,组间两两比较显著性采用 Bonferroni 校正。定性资料用频率和百分比表示,采用  $\chi^2$  或者 Fisher 确切概率法检验。采用多因素 Logistic 回归分析影响 NEC 患病的危险因素。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 NEC 组和非 NEC 组新生儿基线资料比较 NEC 组新生儿发病时体质量明显低于非 NEC 组 ( $P < 0.05$ ),早产儿明显多于非 NEC 组 ( $P < 0.05$ )。两组新生儿性别、分娩方式、发病日龄、出生胎龄、产时窒息、败血症发生,母亲产前使用糖皮质激素比例、服用

益生菌比例、感染性休克发生情况等基线资料比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1、表 2。

表 1 NEC 和非 NEC 新生儿一般资料比较[ $n, M(P_{25}, P_{75})$ ]

Table 1 Comparison of general information between NEC and non NEC newborns

组别	$n$	性别(男/女)	生产方式(顺产/剖腹)	发病时体质量(kg)	发病日龄(d)	出生胎龄(周)
非 NEC 组	50	19/31	11/39	3.3(2.9, 3.6)	8.5(3.0, 14.5)	38.0(37.0, 39.0)
NEC 组	89	34/55	21/68	3.0(2.2, 3.6) <sup>①</sup>	8.0(13.0, 16.0)	37.0(35.0, 39.0)
$\chi^2/Z$		0.001	0.046	-2.061	-0.220	-1.445
$P$		0.981	0.830	0.039	0.826	0.149

注:与非 NEC 组比较,① $P<0.05$ 。

表 2 NEC 和非 NEC 不同分期危险因素比较[ $n(\times 10^{-2})$ ]

Table 2 Comparison of risk factors in different stages of NEC and non NEC

组别	$n$	早产儿 (胎龄< 37 周)	围生期 糖皮质 激素使 用史	围生期 益生菌 服用史	围生期 感染性 休克	新生儿 窒息	新生儿 败血症
非 NEC 组	50	5(10.00)	3(6.00)	1(2.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
NEC 组	89	32(35.96) <sup>①</sup>	6(6.74)	0(0.00)	2(2.25)	8(8.99)	3(3.37)
$\chi^2$		11.041	0.000	-	-	3.256	0.496
$P$		0.001	1.000	0.360	0.536	0.071	0.481

注:与非 NEC 组比较,① $P<0.05$ 。“-”表示采用 Fisher 确切概率法。

2.2 NEC 组和非 NEC 组新生儿 pH、BE、PLR、NLR 比值水平比较 NEC 组 BE 较非 NEC 组明显下降, PLR、NLR 水平较非 NEC 组明显升高( $P<0.05$ )。两组间 pH 无统计学差异( $P>0.05$ )。见表 3。

2.3 不同分期 NEC 患儿 pH、BE、PLR、NLR 水平比较 不同分期 NEC 患儿 pH、BE、PLR 水平比较有统计学差异( $P<0.05$ ), NLR 水平比较无统计学差异( $P>0.05$ )。Ⅲ期患儿 pH 明显低于Ⅱ期患儿, BE 水平明显低于Ⅰ、Ⅱ期患儿, PLR 水平明显高于Ⅰ、Ⅱ期患儿( $P<0.05$ )。见表 4。

表 3 NEC 和非 NEC 新生儿 pH、BE 及联合指标 PLR、NLR 比值水平比较[ $(\bar{x} \pm s), M(P_{25}, P_{75})$ ]

Table 3 Comparison of pH, residual alkali, and combined indicators of platelet/lymphocyte, neutrophil/lymphocyte ratio levels between NEC and non NEC newborns

组别	$n$	pH	BE(mmol/L)	PLR(%)	NLR(%)
非 NEC 组	50	7.41±0.02	-0.56±1.83	78.34(60.63, 111.24)	0.88(0.60, 1.11)
NEC 组	89	7.41±0.09	-2.16±2.88 <sup>①</sup>	91.63(70.21, 136.14) <sup>①</sup>	1.30(0.60, 2.34) <sup>①</sup>
$t/z$		0.285	3.993	-2.111	-2.157
$P$		0.776	<0.001	0.035	0.031

注:与非 NEC 组比较,① $P<0.05$ 。

表 4 NEC 不同分期 pH、BE 及联合指标 PLR、NLR 比值水平比较[ $(\bar{x} \pm s), M(P_{25}, P_{75})$ ]

Table 4 Comparison of pH, alkaline residue, and combined indicators of PLR and NLR levels in different stages of NEC

组别	$n$	pH	BE(mmol/L)	PLR(%)	NLR(%)
Ⅰ期 NEC 组	14	7.39±0.09	-2.16±2.12	82.47(67.51, 135.73)	1.20(0.76, 2.42)
Ⅱ期 NEC 组	64	7.42±0.09	-1.64±2.74	88.94(68.42, 124.83)	1.10(0.59, 1.89)
Ⅲ期 NEC 组	11	7.31±0.05 <sup>②</sup>	-5.20±2.84 <sup>②②</sup>	227.83(97.26, 333.75) <sup>②②</sup>	3.66(1.30, 4.95)
$F/H$		8.693	8.384	11.167	5.436
$P$		<0.001	<0.001	0.004	0.066

注:与Ⅰ期比较,① $P<0.05$ ;与Ⅱ期比较相比,② $P<0.05$ 。

2.4 手术组与非手术组患儿 BE 和 pH 比较 纳入的 89 例 NEC 患儿有 10 例进行了手术治疗, 79 例为非手术治疗, 其中手术组 NEC 患儿 BE 和 pH 均显著低于非手术组, PLR、NLR 比值水平均显著高于非手术组( $P<0.05$ )。见表 5。

2.5 多因素 Logistic 回归分析影响 NEC 的危险因素 将 2.1 基线资料中发病时体质量、早产儿胎龄、BE、PLR、NLR 作为因变量进行多因素 Logistic 回归分

析, 结果显示 BE 水平降低和早产儿是新生儿发生 NEC 的独立危险因素( $P<0.05$ )。见表 6。

2.6 ROC 曲线分析 BE、PLR、NLR 单独及 3 项指标联合检测对 NEC 的诊断价值 ROC 曲线分析结果显示, BE、PLR、NLR 联合检测诊断 NEC 的曲线下面积(AUC)为 0.694, 灵敏度为 57.3%, 特异度为 80%, 其 AUC 明显大于 3 项指标单独检测。见图 1。

表 5 手术与非手术组 NEC 患儿 pH、BE 及联合指标 PLR、NLR 水平比较 $[(\bar{x} \pm s), M(P_{25}, P_{75})]$

Table 5 Comparison of pH, alkaline residue, and combined indicators of PLR and NLR levels in NEC patients between surgical and non-surgical groups

组别	n	BE(mmol/L)	pH	PLR(%)	NLR(%)
非手术组	79	-1.79±2.65	7.42±0.09	85.10(68.53, 126.44)	1.01(0.59, 1.94)
手术组	10	-5.05±3.16 <sup>①</sup>	7.32±0.06 <sup>①</sup>	195.51(119.93, 359.89) <sup>①</sup>	3.52(1.54, 6.36) <sup>①</sup>
t/Z		3.587	3.403	-3.352	-2.514
P		0.001	0.001	0.001	0.012

注：与非手术组比较，P<0.05。

表 6 多因素 Logistic 回归分析影响 NEC 的危险因素

Table 6 Comparison of risk factor levels in NEC using multivariate logistic regression analysis

因素	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
早产儿(胎龄<37周)	0.678	6.864	0.009	5.904	1.564~22.287
发病时体质量	0.381	0.196	0.658	1.184	0.561~2.497
BE	0.097	5.269	0.022	0.801	0.663~0.968
PLR	0.005	0.377	0.539	1.003	0.994~1.012
NLR	0.207	1.567	0.211	1.295	0.864~1.941

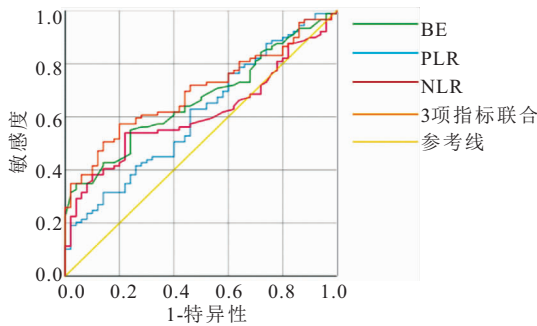


图 1 BE、PLR、NLR 单独及 3 项指标联合 ROC 曲线

Figure 1 ROC curve of BE, PLR, NLR, and a combination of three indicators

### 3 讨论

NEC 是一种严重的新生儿肠道炎性疾病，以腹胀、呕吐、便血为主要症状。相关研究报道<sup>[7]</sup>表明 NEC 主要影响早产新生儿，导致 15%~30% 的死亡率，现成为新生儿时期最常威胁生命的疾病。NEC 具体发病因素尚不清楚<sup>[8]</sup>，可能与感染、缺氧、喂养不耐受、早产等有关。早产儿与极低体重儿是 NEC 发病的独立危险因素，Samuels 等<sup>[9]</sup>研究发现胎龄与 NEC 发病率呈负相关关系，Neu 等<sup>[10]</sup>研究发现，在极低出生体重儿中 NEC 的发病率是 6%~10%。NEC 早期发病症状不典型，影像检查等并不敏感，但进展迅猛，有较高的死亡率。NEC 可保守治疗及手术治疗，但重症 NEC 即使积极通过手术治疗，存活的患儿仍常出现肠梗阻、短肠综合征、肠狭窄等并发症，导致病死率高<sup>[11]</sup>。因此，深入研究 NEC，早发现、早诊断、早治疗，对改善预后、提高患儿生存率意义重大。

血气分析是通过血气分析仪检测人体动脉血或静脉血中各种气体的含量以及相关的数值，可判断患者是否存在缺氧、二氧化碳潴留以及酸碱平衡紊乱等

情况。NEC 可能与缺氧有关，缺氧造成局部肠粘膜弥漫性缺血甚至坏死<sup>[12]</sup>，肠道定植菌脂多糖结合肠上皮细胞上的 Toll 样受体 4(TLR4)，肠上皮屏障被破坏，肠道定植细菌移位，引起严重炎症反应，肠黏膜血管收缩导致血流量减少，从而加重缺氧和酸中毒<sup>[13]</sup>，所以酸中毒可能一定程度上可反映 NEC 的严重程度。本研究探索 NEC 与血气分析中 pH、BE 之间的关联，从而提供临床价值。临床上 pH、BE 值是反映患儿酸碱代谢因素的指标。Duci 等<sup>[14]</sup>学者的研究表明低 pH 已经成为早期诊断 NEC 和预测重症 NEC 的独立危险因素。本研究中 NEC 组和非 NEC 组 pH 比较无统计学差异，其可能原因是 NEC 组 I、II 期患儿占比较多，且 pH 仍可代偿。然而，本研究发现，低 pH 与重症 NEC 密切相关，有望作为 III 期 NEC 的诊断指标，这与 Chen 等<sup>[15]</sup>研究结果一致。有研究亦表明<sup>[16]</sup>，代谢性酸中毒是疾病进展为重度 NEC 的独立预测因子，pH 与 BE 均反映婴儿体内酸碱代谢状态。并且 pH 与 BE 均能反映重度 NEC<sup>[17]</sup>，本研究亦发现 pH 与 NEC 的严重程度呈负相关。本研究发现 NEC 组 BE 较非 NEC 组显著下降，并且 III 期 NEC 患儿 BE 较 I、II 期患儿显著下降，多因素 Logistic 回归分析表明 BE 是诊断 NEC 的独立危险因素，BE 可能较 pH 能更好预测 NEC。PLR、NLR 是近些年衍生出来的一种炎症标志物<sup>[18]</sup>，可以用于肠道炎症严重程度的评估。活化的血小板通过表达 P-选择素和糖蛋白 IIIa 与白细胞上选择素受体相互作用介导早期炎症反应<sup>[19]</sup>，因此血小板计数增加，PLR 水平升高。同样有研究发现<sup>[20]</sup>，NEC 组患儿 PLR 水平明显高于非 NEC 组患儿，对于 NEC 及重症 NEC 的诊断均有意义。另外，炎症反应时中性粒细胞反应性增多，淋巴细胞水平下降，研究表明 NLR 水平大于 1.13 可早期预测 NEC<sup>[21]</sup>。研究表明<sup>[18,22]</sup>NLR 和 PLR 在 NEC 组患者中的水平均显著高于对照组。本研究表明与非 NEC 组相比，NEC 组患儿 PLR 及 NLR 水平均显著升高。因此，PLR 及 NLR 可能是反映 NEC 早期感染的有用指标。

此外，较多重症 NEC 患儿可能需要进行手术干预，相关临床指标可能对 NEC 患儿是否进行手术治

疗有一定预测价值。较多研究<sup>[14,23]</sup>认为低 pH 与是否需要手术干预独立相关,且 El 等<sup>[17]</sup>的多中心病例对照研究发现 BE 与预测重症 NEC 患儿是否手术具有相关性,本研究结果亦显示手术组 pH 和 BE 均较非手术组明显降低。PLR 和 NLR 作为一种新型炎症标志物较单一相关指标能更好表现机体炎症反应情况,陈溢等<sup>[24]</sup>研究表明手术组 NLR 较非手术组升高,为 NEC 手术的独立危险因素,而对 PLR 是否可预测 NEC 患儿是否需要手术的相关研究较少。本研究显示手术组 PLR 和 NLR 水平显著高于非手术组,分析原因可能是 PLR 和 NLR 升高反映 NEC 患儿免疫力下降,炎症反应迅速发展导致病情加重,因此需要及时进行治疗。

本研究 ROC 曲线分析结果显示, BE、PLR、NLR 联合检测诊断 NEC 的 AUC 为 0.694,灵敏度为 57.3%,特异度为 80%,其 AUC 明显大于 3 项指标单独检测,提示 3 项指标联合检测对早期 NEC 具有更高的诊断价值,有被广泛应用于临床的前景。

#### 4 结论

NEC 新生儿动脉血气分析中 BE 水平降低是影响 NEC 发病的独立因素, BE、PLR、NLR 联合检测有利于 NEC 的早期诊断, PH、BE 有利于 NEC 的晚期诊断。

#### 【参考文献】

- [1] NIEMARKT H J, DE MEIJ T G, VAN DE VELDE M E, *et al.* Necrotizing enterocolitis: a clinical review on diagnostic biomarkers and the role of the intestinal microbiota[J]. *Inflamm Bowel Dis*, 2015, 21(2): 436-444.
- [2] 曾德峰, 谭忠友. 新生儿坏死性小肠结肠炎的高危因素及外科治疗预后影响因素的研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2017, 42(3): 361-364.
- [3] 汪莉, 倪申旺, 朱克然, 等. C-反应蛋白、降钙素原在新生儿坏死性小肠结肠炎患儿的水平变化及临床意义[J]. *中国当代儿科杂志*, 2018, 20(10): 825-830.
- [4] 王晶, 曾朝强, 张福洲, 等. 新生儿坏死性小肠结肠炎的 X 线诊断分析[J]. *实用医学影像杂志*, 2020, 21(5): 456-458.
- [5] KIM T G, PARK W, KIM H, *et al.* Baseline neutrophil-lymphocyte ratio and platelet-lymphocyte ratio in rectal cancer patients following neoadjuvant chemoradiotherapy[J]. *Tumori*, 2019, 105(5): 434-440.
- [6] BELL M J, TERNBERG J L, FEIGIN R D, *et al.* Neonatal necrotizing enterocolitis. Therapeutic decisions based upon clinical staging[J]. *Ann Surg*, 1978, 187(1): 1-7.
- [7] FLAHEVE C, SCHLEGEL A, MEZOFF E A. Necrotizing enterocolitis: updates on morbidity and mortality outcomes[J]. *J Pediatr*, 2020, 220: 7-9.
- [8] 周波, 唐军. 新生儿坏死性小肠结肠炎相关研究现状[J]. *中华妇幼临床医学杂志(电子版)*, 2018, 14(2): 125-132.
- [9] SAMUELS N, VAN DE GRAAF R A, DE JONGE R C J, *et al.* Risk factors for necrotizing enterocolitis in neonates: a systematic review of prognostic studies[J]. *BMC Pediatr*, 2017, 17(1): 105.
- [10] NEU J, WALKER W A. Necrotizing enterocolitis[J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(3): 255-264.
- [11] BAZACLIU C, NEU J. Necrotizing enterocolitis: long term complications[J]. *Curr Pediatr Rev*, 2019, 15(2): 115-124.
- [12] CHEN Y, KOIKE Y, CHI L, *et al.* Formula feeding and immature gut microcirculation promote intestinal hypoxia, leading to necrotizing enterocolitis[J]. *Dis Model Mech*, 2019, 12(12): dmm040998.
- [13] KAPLINA A, KONONOVA S, ZAIKOVA E, *et al.* Necrotizing Enterocolitis: The Role of Hypoxia, Gut Microbiome, and Microbial Metabolites[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(3): 2471.
- [14] DUCI M, FASCETTI-LEON F, ERCULIANI M, *et al.* Neonatal independent predictors of severe NEC[J]. *Pediatr Surg Int*, 2018, 34(6): 663-669.
- [15] CHEN J, ZHONG W, HOU L, *et al.* Predictive factors for rapid progression in preterm neonates with necrotizing enterocolitis[J]. *Front Pediatr*, 2023, 10: 970998.
- [16] HÄLLSTRÖM M, KOIVISTO A M, JANAS M, *et al.* Laboratory parameters predictive of developing necrotizing enterocolitis in infants born before 33 weeks of gestation[J]. *J Pediatr Surg*, 2006, 41(4): 792-798.
- [17] EL MANOUNI EL HASSANI S, NIEMARKT H J, DERIKX J P M, *et al.* Predictive factors for surgical treatment in preterm neonates with necrotizing enterocolitis: a multicenter case-control study[J]. *Eur J Pediatr*, 2021, 180(2): 617-625.
- [18] JEONG Y, JEON S R, KIM H G, *et al.* The role of platelet to lymphocyte ratio and neutrophil to lymphocyte ratio in ulcerative colitis[J]. *Intest Res*, 2021, 19(1): 62-70.
- [19] ZHENG J, WANG H. Association Between Platelet-to-Lymphocyte Ratio and Preterm Necrotizing Enterocolitis[J]. *Front Pediatr*, 2021, 9: 686880.
- [20] 钱玉萍, 刘光辉, 赵钰玮, 等. 血小板/淋巴细胞比值联合血清降钙素原及淀粉样蛋白 A 检测在新生儿坏死性小肠结肠炎中的诊断价值[J]. *国际检验医学杂志*, 2022, 43(21): 2561-2564, 2568.
- [21] EL-RAGGAL N M, DARWEESH Y W, HASSAN A M, *et al.* Evaluation of Some Blood Biomarkers As Predictors Of Neonatal Necrotizing Enterocolitis[J]. *QJM*, 2021, 114(Supplement\_1): hcab113. 021.
- [22] 程迎迎, 张洁, 李鹏飞, 等. 中性粒细胞/淋巴细胞比值、血小板/淋巴细胞比值对溃疡性结肠炎的诊断价值[J]. *国际检验医学杂志*, 2021, 42(2): 137-141.
- [23] MUNACO A J, VEENSTRA M A, BROWNIE E, *et al.* Timing of optimal surgical intervention for neonates with necrotizing enterocolitis[J]. *Am Surg*, 2015, 81(5): 438-443.
- [24] 陈溢, 戴怡蓓, 鄢颖华, 等. SAA、NLR、CRP 及 PDW 对新生儿坏死性小肠结肠炎手术时机的预测价值分析[J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(6): 1066-1070.

(收稿日期: 2023-08-21; 修回日期: 2024-08-16; 编辑: 刘灵敏)