

RDW-SD/PLT、PDW/PLT、PCT及联合检测 ——在新生儿胎粪吸入综合征的应用价值

张国鑫, 蒋晓宏*

安徽医科大学第四附属医院新生儿科, 安徽 合肥

收稿日期: 2026年1月13日; 录用日期: 2026年2月6日; 发布日期: 2026年2月25日

摘要

目的: 探讨红细胞分布宽度标准差与血小板比值(RDW-SD/PLT)、血小板分布宽度与血小板比值(PDW/PLT)、降钙素原(PCT)以及三者联合检测的水平变化在早期诊断新生儿胎粪吸入综合征(MAS)及识别重症的应用价值。方法: 回顾性分析2020年6月至2025年6月收治的MAS 116例为病例组, 根据MAS严重程度, 将其分为轻症组(64例)和重症组(52例), 并选取同期收治的羊水清亮单纯(非感染、溶血及出血等病因)高胆红素血症新生儿146例作为对照组, 比较RDW-SD/PLT、PDW/PLT、PCT及三者联合检测对MAS诊断及识别轻重症价值的效能。结果: 病例组的RDW-SD/PLT、PDW/PLT、PCT水平均高于对照组(均 $P < 0.05$), 且重症组高于轻症组(均 $P < 0.05$)。三项指标联合检测对MAS诊断以及轻重症MAS诊断的ROC曲线下面积(95% CI)、敏感度、特异度分别为0.863 (0.820, 0.907)、86.2%、71.9%和0.919 (0.870, 0.967)、92.3%、81.2%。结论: RDW-SD/PLT、PDW/PLT、PCT三项指标联合检测显著提升了诊断效能, 其对于MAS诊断及轻重症鉴别的AUC分别达到0.863和0.919, 且敏感度与特异度均维持在较高水平(重症鉴别敏感度92.3%, 特异度81.2%)。其具有显著的协同诊断价值, 为MAS的早期诊断及重症风险预警提供了一个廉价且有效的实验室新方案。

关键词

新生儿胎粪吸入综合征, RDW-SD/PLT, PDW/PLT, PCT

RDW-SD/PLT, PDW/PLT, PCT and Combined Detection —Application Value in Neonatal Meconium Aspiration Syndrome

Guoxin Zhang, Xiaohong Jiang*

Department of Neonatology, The Fourth Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

Received: January 13, 2026; accepted: February 6, 2026; published: February 25, 2026

*通讯作者。

Abstract

Objective: To investigate the application value of red blood cell distribution width standard deviation and platelet ratio (RDW-SD/PLT), platelet distribution width and platelet ratio (PDW/PLT), procalcitonin (PCT) and the combined detection of the three in the early diagnosis of neonatal meconium aspiration syndrome (MAS) and the identification of severe cases. **Methods:** Retrospective analysis of 116 cases of MAS admitted from June 2020 to June 2025 as the case group. According to the severity of MAS, they were divided into mild group (64 cases) and severe group (52 cases). 146 cases of hyperbilirubinemia neonates with clear amniotic fluid (non-infection, hemolysis and hemorrhage) were selected as the control group. The efficacy of RDW-SD/PLT, PDW/PLT, PCT and the combined detection of RDW-SD/PLT, PDW/PLT and PCT in the diagnosis and identification of MAS was compared. **Results:** The levels of RDW-SD/PLT, PDW/PLT and PCT in the case group were higher than those in the control group (all $P < 0.05$), and those in the severe group were higher than those in the mild group (all $P < 0.05$). The area under the ROC curve (95% CI), sensitivity and specificity of the combined detection of the three indicators for the diagnosis of MAS and the diagnosis of mild and severe MAS were 0.863 (0.820, 0.907), 86.2%, 71.9% and 0.919 (0.870, 0.967), 92.3%, 81.2%, respectively. **Conclusion:** The combined detection of RDW-SD/PLT, PDW/PLT and PCT significantly improved the diagnostic efficacy. The AUC for MAS diagnosis and mild and severe identification reached 0.863 and 0.919, respectively, and the sensitivity and specificity were maintained at a high level (severe identification sensitivity 92.3%, specificity 81.2%). It has significant collaborative diagnostic value and provides a cheap and effective laboratory new scheme for early diagnosis and severe risk warning of MAS.

Keywords

Neonatal Meconium Aspiration Syndrome, RDW-SD/PLT, PDW/PLT, PCT

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新生儿胎粪吸入综合征(Meconium Aspiration Syndrome, MAS)的发病始于产前或产时胎粪污染羊水的吸入,其病理生理基础主要涵盖三个方面:机械性气道梗阻、肺表面活性物质功能障碍以及显著的化学性肺炎,这一系列的肺部局部病变是新生儿期出现呼吸窘迫的根本原因,并且严重的病例常因全身性炎症反应和缺氧而继发多器官系统损伤[1]。MAS发病率和死亡率均较高,主要发生于足月儿或过期产儿,其易引起新生儿发生严重的呼吸窘迫,是围生期不良结局的常见原因[2]。故早期诊断并识别重症MAS,提高诊断精准度,在阻断病情进展、降低病死率和改善预后中具有重要意义。红细胞分布宽度标准差(Red blood cell distribution width-standard, RDW-SD)是反映红细胞体积异质性的参数,其升高可能与MAS引发的强烈炎症反应干扰红细胞正常成熟,以及缺氧应激刺激骨髓释放未成熟红细胞有关[3]。血小板分布宽度(Platelet distribution width, PDW)是反映血小板体积异质性的参数,其升高可能与MAS引发的全身性炎症反应激活并消耗血小板,从而刺激骨髓释放新生、体积不均一的前体细胞有关[4]。血小板(Platelet, PLT)是重要的凝血细胞,其在MAS中的减少可能与产前慢性缺氧抑制骨髓生成,以及出生后肺部强烈的化学性炎症和全身性炎症反应加剧消耗有关。降钙素原(Procalcitonin, PCT)是一种重要且常用的全身性炎症反

应标志物, 其水平升高与 MAS 时胎粪成分引发的强烈肺部化学性刺激及继发的全身性炎症反应直接相关, 可反映病情的严重程度[3]。红细胞分布宽度标准差与血小板比值(Red Blood Cell Distribution Width-Standard Deviation to Platelet Ratio, RDW-SD/PLT)与血小板分布宽度与血小板比值(Platelet Distribution Width to Platelet Ratio, PDW/PLT)通过整合红细胞与血小板系统的变化, 理论上能放大信号[5], 更敏感地反映 MAS 引发的全身性缺氧应激与炎症消耗程度, 提示病情严重性。目前国内外关于使用 RDW-SD/PLT、PDW/PLT 诊断 MAS 的研究报道极少, 本研究拟回顾性分析 RDW-SD/PLT、PDW/PLT、PCT 以及三者联合检测的水平变化, 探讨其早期诊断 MAS 及识别重症 MAS 应用价值。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

本研究为回顾性研究。共收集自 2020 年 6 月至 2025 年 6 月安徽医科大学第四附属医院新生儿病房收治的 MAS 新生儿 116 例为病例组, 将同期收治的羊水清亮单纯(非感染、溶血及出血等病因)高胆红素血症新生儿 146 例作为对照组。根据 MAS 严重程度, 将 116 例 MAS 新生儿分为轻症组(64 例)和重症组(52 例)。本研究通过安徽医科大学第四附属医院医学伦理会审查批准, 该病例报道已获得病人家属的知情同意。

纳入标准: 满足 MAS 诊断参照《实用新生儿学》(第 5 版)中诊断标准[1]: ① 羊水中可见胎粪, 新生儿皮肤、指趾甲、脐带被胎粪污染而发黄; ② 气管内有吸出胎粪; ③ 伴有呼吸窘迫症状; ④ 胸部 X 线片显示广泛分布结节状斑片影, 伴肺气肿或肺不张表现。根据 MAS 严重程度, 将 116 例病例组 MAS 新生儿分为轻症组和重症组, 重症 MAS 诊断标准[6]: ① 患儿吸入大量或黏稠胎粪; ② 呼吸困难和紫绀症状持续时间 > 48 h, 可伴呻吟, 查体肺部可闻及啰音, 需机械通气(需氧 O₂ 流量 > 40%)维持血氧饱和度; ③ 胸部 X 射线摄片可见肺不张、肺气肿等异常影像学表现; ④ 动脉血气分析结果示动脉血氧分压(PaO₂) < 50 mmHg 和/或二氧化碳分压(PaCO₂) > 60 mmHg。符合上述第①项诊断标准并同时具备第②~④项中任意 1 项者, 即可明确重症 MAS 诊断。

排除标准: ① 合并心肝肾等其他器官功能或血液系统障碍性疾病或遗传代谢性疾病; ② 孕周 < 37 周; ③ 孕母产前发热或有明确合并妊娠期感染证据; ④ 合并重度窒息(胎粪吸入除外)或脓毒症、休克等为首发症状的严重全身性疾病; ⑤ 合并膈疝、宫内感染性肺炎或其他致畸疾病; ⑥ 病历资料不全。

2.2. 观察指标

本研究为回顾性研究, 用 Excel 表格整理研究对象一般资料, 包括新生儿性别、胎龄、体重、分娩方式以及 PCT、PLT、RDW-SD、PDW, 并计算 RDW-SD/PLT、PDW/PLT 数值。观察指标 RDW-SD/PLT、PDW/PLT、PCT 水平以及三项联合检测时对 MAS 诊断以及识别重症的效能、灵敏度和特异度。

2.3. 统计学分析

采用 SPSS26.0 统计软件进行数据的处理与分析。用 Shapiro-Wilk 正态分布检验计量资料正态性, 符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 *t* 检验评价两组数据间的差异性; 偏态分布数据采用中位数和上、下四分位数(P25, P75)表示, 采用非参数秩和检验评价两组数据间的差异性; 计数资料用例(%)表示, 性别、分娩方式组间比较用 χ^2 检验。采用受试者工作特征(ROC)曲线及曲线下面积(AUC)分析比较各指标的诊断效能, 选取约登指数最大时的检测值作为该指标诊断疾病的临界值; 以(P < 0.05)为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 对照组与病例组、轻症组与重症组一般资料及 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平比较

对照组与病例组、轻症组与重症组的性别、胎龄、体重、分娩方式比较, 差异无统计学意义($P < 0.05$)。

病例组患儿的 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平均高于对照组(均 $P < 0.05$)。见表 1、表 2。重症组患儿的 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平均高于轻重组(均 $P < 0.05$)。见表 3、表 4。

Table 1. Comparison of general data and PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT levels between the control group and the case group
表 1. 对照组与病例组一般资料及 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平比较

组别	例数	性别(%)		胎龄(周, $\bar{x} \pm s$)	体重(g, $\bar{x} \pm s$)	分娩方式(%)	
		男	女			剖宫产	顺产
对照组	146	82 (56.2%)	64 (43.8%)	38.78 \pm 1.02	3407.74 \pm 356.30	57 (39.0%)	89 (61.0%)
病例组	116	76 (65.5%)	40 (34.5%)	38.90 \pm 1.09	3358.15 \pm 549.10	48 (41.4%)	68 (58.6%)
$\chi^2/t/Z$ 值		2.362		0.884	-0.842	0.147	
P 值		0.124		0.377	0.401	0.701	

注: PCT 为降钙素原; PLT 为血小板; RDW-SD 红细胞分布宽度标准差; PDW 为血小板分布宽度; RDW-SD/PLT 为红细胞分布宽度标准差与血小板比值; PDW/PLT 为血小板分布宽度与血小板比值, $P < 0.05$ 有统计学意义。

Table 2. Comparison of general data and PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT levels between the control group and the case group
表 2. 对照组与病例组一般资料及 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平比较

组别	例数	PCT (ng/ml), M (P25~P75)	PLT ($10^9/L$, $\bar{x} \pm s$)	RDW-SD M (P25~P75)	PDW M (P25~P75)	RDW-SD/PLT M (P25~P75)	PDW/PLT M (P25~P75)
对照组	146	0.16 (0.10~0.36)	289.61 \pm 69.18	54.65 (52.40~57.55)	10.85 (9.90~12.30)	0.2035 (0.1587~0.2396)	0.0382 (0.0322~0.0483)
病例组	116	0.48 (0.15~2.09)	244.99 \pm 62.76	62.40 (59.30~66.05)	10.20 (9.40~11.27)	0.2629 (0.2091~0.3097)	0.0414 (0.0348~0.0538)
$\chi^2/t/Z$ 值		-5.610	-5.462	-10.652	-3.167	-7.511	-2.542
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.011

注: PCT 为降钙素原; PLT 为血小板; RDW-SD 红细胞分布宽度标准差; PDW 为血小板分布宽度; 为 RDW-SD/PLT 为红细胞分布宽度标准差与血小板比值; PDW/PLT 为血小板分布宽度与血小板比值, $P < 0.05$ 有统计学意义

Table 3. Comparison of general data and PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT levels between mild group and severe group
表 3. 轻症组与重症组一般资料及 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平比较

组别	例数	性别(%)		胎龄 (周, $\bar{x} \pm s$)	体重 (g, $\bar{x} \pm s$)	分娩方式(%)	
		男	女			剖宫产	顺产
轻症组	64	41 (64.1%)	23 (35.9%)	38.92 \pm 1.14	3382.58 \pm 496.95	25 (39.1%)	39 (60.9%)
重症组	52	35 (67.3%)	17 (32.7%)	38.96 \pm 1.08	3328.08 \pm 610.84	23 (44.2%)	29 (55.8%)
$\chi^2/t/Z$ 值		0.134		0.190	-0.53	0.316	
P 值		0.715		0.850	0.597	0.574	

注: PCT 为降钙素原; PLT 为血小板; RDW-SD 红细胞分布宽度标准差; PDW 为血小板分布宽度; 为 RDW-SD/PLT 为红细胞分布宽度标准差与血小板比值; PDW/PLT 为血小板分布宽度与血小板比值, $P < 0.05$ 有统计学意义。

Table 4. Comparison of general data and PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT levels between mild group and severe group
表 4. 轻症组与重症组一般资料及 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 水平比较

组别	例数	PCT (ng/ml) M (P25~P75)	PLT ($10^9/L$, $\bar{x} \pm s$)	RDW-SD M (P25~P75)	PDW M (P25~P75)	RDW-SD/PLT M (P25~P75)	PDW/PLT M (P25~P75)
轻症组	64	0.24(0.13~0.91)	279.55 ± 48.61	61.25 (59.02~64.50)	9.95 (9.10~10.80)	0.2248 (0.1947~0.2638)	0.0371 (0.0299~0.0414)
重症组	52	1.68 (0.25~4.42)	202.46 ± 51.19	63.90 (60.80~69.72)	10.90 (9.92~12.17)	0.3093 (0.2671~0.3973)	0.0532 (0.0464~0.0719)
$\chi^2/t/Z$ 值		-4.425	-8.294	-2.676	-3.266	-6.612	-6.470
P 值		<0.001	<0.001	0.007	0.001	<0.001	<0.001

注: PCT 为降钙素原; PLT 为血小板; RDW-SD 红细胞分布宽度标准差; PDW 为血小板分布宽度; 为 RDW-SD/PLT 为红细胞分布宽度标准差与血小板比值; PDW/PLT 为血小板分布宽度与血小板比值, $P < 0.05$ 有统计学意义。

3.2. PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合在 MAS 诊断中的效能评估

使用 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合的各项指标对轻重症 MAS 诊断效能进行评估, 比较各种因素的 ROC 曲线下面积。PCT 诊断 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.702 (0.638, 0.766, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值是 0.915, 此时敏感度和特异度为 43.1% 和 90.4%; RDW-SD/PLT 诊断 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.770 (0.714, 0.826, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值是 0.2477, 此时敏感度和特异度为 58.6% 和 83.6%; PDW/PLT 诊断 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.591 (0.522, 0.661, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值为 0.0345, 此时敏感度和特异度为 77.6% 和 36.3%; 三者联合诊断 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.863 (0.820, 0.907, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值为 0.6391, 此时敏感度和特异度为 71.9% 和 86.2%。见表 5、图 1。

3.3. PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合在轻重症 MAS 诊断中的效能评估

使用 PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合的各项指标对轻重症 MAS 诊断效能进行评估, 比较各种因素的 ROC 曲线下面积。PCT 诊断重症 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.741 (0.647, 0.835, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值是 0.7915, 此时敏感度和特异度为 67.3% 和 75.0%; RDW-SD/PLT 诊断重症 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.858 (0.789, 0.927, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值是 0.2771, 此时敏感度和特异度为 73.1% 和 89.1%; PDW/PLT 诊断重症 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.850 (0.779, 0.922, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值为 0.0456, 此时敏感度和特异度为 78.8% 和 87.5%; 三者联合诊断重症 MAS 的 AUC (95% CI) 为 0.919 (0.870, 0.967, $P < 0.05$), 最佳 CUT-OFF 值为 0.6812, 此时敏感度和特异度为 92.3% 和 81.2%。见表 6、图 2。

Table 5. Diagnostic efficacy of PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT and their combined detection for MAS
表 5. PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合检测对 MAS 的诊断效能

诊断指标	AUC (95% CI)	灵敏度	特异度	约登指数	截断值	P 值
PCT	0.702 (0.638, 0.766)	0.431	0.904	0.335	0.915	<0.001
RDW-SD/PLT	0.770 (0.714, 0.826)	0.586	0.836	0.422	0.2477	<0.001
PDW/PLT	0.591 (0.522, 0.661)	0.776	0.363	0.139	0.0345	0.011
联合检测	0.863 (0.820, 0.907)	0.862	0.726	0.588	0.6391	<0.001

注: MAS 为新生儿胎粪吸入综合征; $P < 0.05$ 有统计学意义。

Table 6. Diagnostic efficacy of PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT and their combined detection in mild and severe MAS
表 6. PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合检测对轻重症 MAS 的诊断效能

诊断指标(轻重症)	AUC (95% CI)	灵敏度	特异度	约登指数	截断值	P 值
PCT	0.741 (0.647, 0.835)	0.673	0.750	0.423	0.7915	0.003
RDW-SD/PLT	0.858 (0.789, 0.927)	0.731	0.891	0.622	0.2771	0.04
PDW/PLT	0.850 (0.779, 0.922)	0.788	0.875	0.663	0.0456	0.037
联合检测	0.919 (0.870, 0.967)	0.923	0.812	0.735	0.6812	<0.001

注: MAS 为新生儿胎粪吸入综合征; P < 0.05 有统计学意义。

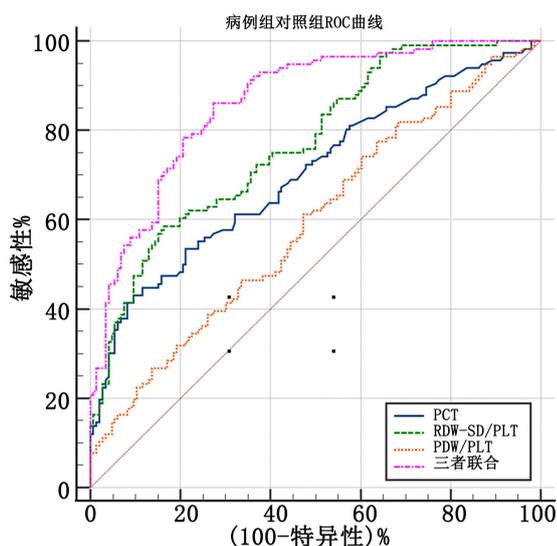


Figure 1. ROC curve analysis of PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT and their combined detection in the diagnosis of MAS
图 1. PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合检测对诊断 MAS 的 ROC 曲线分析

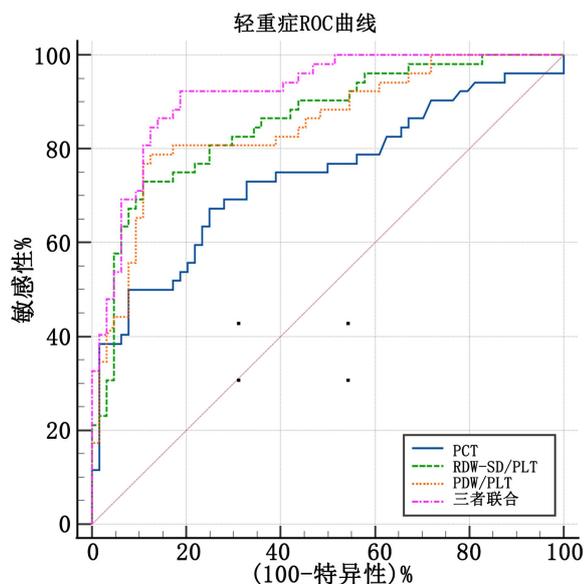


Figure 2. ROC curve analysis of PCT, RDW-SD/PLT, PDW/PLT and their combined detection in the diagnosis of mild and severe MAS

图 2. PCT、RDW-SD/PLT、PDW/PLT 及三者联合检测对诊断轻重症 MAS 的 ROC 曲线分析

4. 讨论

MAS 发病率和死亡率均较高, 主要发生于足月儿或过期产儿, 可引起新生儿严重呼吸窘迫, 是围生期不良结局的常见原因[7]。MAS 的病生理核心是呼吸道机械性梗阻、化学性炎症及继发性肺表面活性物质失活, 易并发持续性肺动脉高压, 形成缺氧 - 炎症恶性循环[8], 危及生命。其发病机制简单概括为胎儿窘迫导致宫内胎粪排出, 婴儿吸入粪染羊水后, 黏稠的胎粪颗粒造成气道机械性梗阻, 引发肺不张和肺气肿, 并且胎粪中的胆盐、蛋白质等成分可诱发强烈的化学性肺炎, 抑制肺表面活性物质功能, 加重肺萎陷[9]。上述过程共同导致通气血流比例失调和严重低氧血症, 进而可能引发肺血管痉挛, 导致持续性肺动脉高压这一严重并发症[8]。结合上述 MAS 病生理及发病机制, 其所致的缺氧应激可刺激骨髓代偿性生成并释放未成熟红细胞和新生血小板, 导致 RDW-SD 增加与 PDW 增宽, 加上强烈的系统性炎症反应可加速血小板的消耗, 引起 PLT 减少, 故 RDW/PLT 与 PDW/PLT 比值通过联合红细胞与血小板系统的变化, 可反应“异常生成激活增多”与“因消耗而减少”两种相反的血液学变化趋势, 能比单一指标更能放大对疾病的信号, 更敏感地反映 MAS 引发的全身性缺氧与炎症应激的严重程度, 提示病情严重性, 再联合 PCT 这一种重要的全身性炎症反应标志物, 共同检测这三者水平变化与 MAS 诊断、轻重症发生的关系, 探讨诊断及识别重症 MAS 应用价值。

红细胞分布宽度标准差(RDW-SD)是反映外周血红细胞体积大小变异程度的量化参数, 为全血细胞计数的常规组成部分, 其数值升高提示红细胞大小不均, 即存在异质性增加[3]。RDW-SD 作为一种易于获取且经济有效的非特异性标志物, 近年来已被发现可用其升高的程度反应机体的炎症状态[10], 其升高已被证实与新生儿其他炎症性疾病(如新生儿败血症)的严重程度相关[11], 感染引起的过量促炎因子是增加 RDW-SD 水平的原因之一[12]。MAS 的核心病理生理过程是吸入的胎粪引发强烈的化学性肺炎和全身性炎症反应, 同时常伴有因胎儿窘迫和通气障碍导致的缺氧与酸中毒[8]。慢性炎症与缺氧的双重影响, 通过干扰铁-EPO (红细胞生成素)轴及刺激骨髓应激性造血, 导致未成熟红细胞(如网织红细胞)释放增加, 这是引起外周血红细胞大小不均(异质性增大)的重要机制[13], 表现为 RDW-SD 升高。总结来说, MAS 引发的强烈炎症反应干扰红细胞正常成熟, 以及缺氧应激刺激骨髓释放未成熟红细胞导致 RDW-SD 上升。此外, 若 MAS 进展并发呼吸窘迫综合征及肺动脉高压, 将进一步加剧全身性缺氧和炎症, 可能放大这一效应[6] [14]。本次研究结果显示, 病例组及重症组 RDW-SD 与 PLT 的比值水平均高于对照组及轻症组($P < 0.05$), 其对 MAS 诊断以及轻重症 MAS 诊断的 AUC (95% CI)、敏感度、特异度分别为 0.770 (0.714, 0.826, $P < 0.05$)、58.6%、83.6%, 0.858 (0.789, 0.927, $P < 0.05$)、73.1%、89.1%。这表明, RDW-SD/PLT 在 MAS 患者中显著升高, 且其水平随病情加重而进一步增加。该比值对 MAS 诊断及轻重症鉴别均显示出良好的判别效能, 其 ROC 曲线下面积(AUC)分别可达 0.770 和 0.858。目前国内外关于 RDW-SD/PLT 在 MAS 诊断的相关性研究极少, 但本研究的结果其发现与 MAS 的病理生理机制相符: RDW-SD 升高反映了缺氧应激导致的红细胞生成紊乱, 而 PLT 降低体现了全身性炎症反应对血小板的消耗, 两者比值整合了“缺氧 - 炎症”双重打击下的血液学变化, 可能比单一指标更敏感地捕捉疾病的全身影响严重度。徐海涛, 黄彬等人[5]的研究也表明 RDW-SD/PLT 综合 RDW-SD 和 PLT 两项指标, 可更敏感反映患者机体炎症反应、氧化应激、缺氧程度及凝血状态, 对评估患者病情变化及预后有极大价值。本研究结果表明, RDW-SD/PLT 作为一种新型、廉价的复合炎症指标, 在 MAS 辅助诊断与提示病情严重程度中具有潜在的临床应用价值。

血小板分布宽度(PDW): 是反映外周血中血小板体积大小异质性的关键参数, 显示了新生、成熟及衰老血小板分布情况[10], PDW 水平升高提示骨髓正释放体积不均一的新生血小板, 常与机体炎症、应激或消耗状态相关[15]。血小板(PLT)计数是评估凝血功能与骨髓造血能力的核心指标, 感染等因素可一方

面直接抑制骨髓巨核细胞功能,减少血小板产生,另一方面触发凝血系统广泛活化,加速血小板消耗[10],两个过程的协同作用使血小板数量降低。MAS 是吸入的胎粪在肺部引发强烈的化学性肺炎和系统性炎症反应,此过程伴随大量炎症介质(如细胞因子)的非特异性释放,炎症介质大量释放并激活凝血系统消耗血小板,刺激骨髓代偿性生成和释放更多新生的、体积较大的血小板进入循环,导致血小板体积异质性增加,从而表现为 PDW 升高而 PLT 降低[15]。本次研究结果显示,病例组及重症组 PDW/PLT 水平均高于对照组及轻症组($P < 0.05$),其对 MAS 诊断以及轻重症 MAS 诊断的 AUC (95% CI)、敏感度、特异度分别为 0.591 (0.522, 0.661, $P < 0.05$)、77.6%、36.3%, 0.850 (0.779, 0.922, $P < 0.05$)、78.8%、87.5%。这表明, PDW/PLT 在 MAS 患者及重症患者中均显著升高。Orak 等人发现[16],在脓毒血症患者中, PDW 显著上升而 PLT 降低明显,与本研究有相似之处。PDW/PLT 对 MAS 本身诊断的判别效能有限[AUC = 0.568, $P < 0.05$],但对于鉴别轻症与重症 MAS 则表现出较高的价值[AUC = 0.850, $P < 0.05$]。推测原因可能为在轻症 MAS 患儿的炎症反应较轻,血小板参数在造血生长因子的调节下保持较为稳定,故与对照组的差别并不明显,而重症 MAS 患儿的免疫反应及高凝状态均较重,从而导致 PDW/PLT 升高,俞琳,潘辉[17]等人的研究也表明,支气管哮喘儿童合并严重感染后炎症反应加剧,血小板参数变化更明显,这和本研究结果有一定的相似性。PDW 升高反映了 MAS 所致全身性炎症反应对骨髓血小板生成的刺激(释放新生的大血小板),而 PLT 降低体现了炎症状态下的血小板消耗, PDW/PLT 比值整合了“生成异常/激活”与“消耗减少”的双重信息,能更敏感地反映 MAS 引发的全身性缺氧与炎症应激的严重程度,为识别重症病例提供理论线索。PDW/PLT 比值可能并非一个有效的 MAS 筛查指标,但可作为评估病情严重程度的潜在生物标志物。

降钙素原(PCT)是降钙素的前体肽,在健康个体血清中含量极低,但在细菌感染或严重全身性炎症反应时会随程度的加重而逐步升高,因此常被视为一种重要的全身性感染与炎症标志物[18]。MAS 患儿吸入胎粪后,在肺部引发强烈的化学性肺炎,导致全身性炎症反应,监测 PCT 水平有助于评估感染的严重程度。本次研究结果显示,病例组及重症组 PCT 水平均高于对照组及轻症组($P < 0.05$),其对 MAS 诊断以及轻重症 MAS 诊断的 AUC (95% CI)、敏感度、特异度分别为 0.702 (0.638, 0.766, $P < 0.05$)、43.1%、90.4%, 0.741 (0.647, 0.835, $P < 0.05$)、67.3%、75.0%。这表明, PCT 水平在 MAS 患者特别是重症患者中显著升高。这与刘启星,李莹[19]等人在 MAS 的诊断研究结果大致相符。本研究还显示 PCT 对 MAS 诊断展现出较高的特异度(90.4%),但敏感度有限(43.1%),提示其单独用于 MAS 筛查的价值一般,在鉴别轻症与重症 MAS 方面, PCT 显示出更好的判别效能[AUC = 0.741, $P < 0.05$]与平衡的诊断性能(敏感度 67.3%, 特异度 75.0%)。分析原因可能为,重症患儿感染程度远高于轻症,谢爱敏[20]、陈建萍[21]的研究也表明受感染新生儿的 PCT 水平随着感染加重而升高明显。因此, PCT 水平的升高可作为 MAS 患儿存在显著全身性炎症反应、并提示病情可能较重的一个客观实验室依据。

综合上述可知,将 RDW/PLT、PDW/PLT 等反映全身性应激与消耗的比值指标,与评估局部炎症的核心指标 PCT 联合应用,能够为新生儿胎粪吸入综合征(MAS)的诊断及其重症风险的早期识别提供更为全面和可靠的参考依据。本研究结果显示, RDW/PLT、PDW/PLT 与 PCT 三项指标联合检测展现出显著的诊断效能提升。对于 MAS 的诊断,联合模型的曲线下面积(AUC)达 0.863 (95% CI: 0.820~0.907),敏感度为 71.9%,特异度为 86.2%;对于轻症与重症 MAS 的鉴别诊断,其效能更为突出, AUC 高达 0.919 (95% CI: 0.870~0.967),敏感度与特异度分别达到 92.3%与 81.2%。深入分析单项指标可见, RDW/PLT 比值在识别 MAS 时展现了较好的特异度(83.6%),这与其反映慢性缺氧与炎症所致红细胞生成紊乱及血小板消耗的病理基础相符; PDW/PLT 比值在区分疾病严重程度上效能卓越(AUC = 0.858),凸显了其在捕捉活跃的炎症性血小板消耗与骨髓代偿性释放方面的价值;而 PCT 则凭借其对于细菌感和严重全身性炎症的高度特异性,在诊断时展现了高达 90.4%的特异度,并对病情严重程度具有良好的指示作用(AUC = 0.741)。

本研究的关键发现在于, 上述三者联合构建的模型, 其诊断效能显著超越了任何单一指标。这从实践层面验证了基于 MAS “局部化学性炎症” 与 “全身性缺氧 - 炎症反应” 双重核心病理生理机制所设计的联合诊断策略的科学性与优越性。该联合策略通过整合分别表征肺部特异性炎症强度(PCT)和全身性应激消耗程度(RDW/PLT, PDW/PLT)的多维度信息, 实现了对疾病更全面、更精准的评估。但是本研究尚存在一定局限性: 第一, 作为一项回顾性研究, 样本的选取数量较少且仅限于本院患者, 可能存在选择偏倚。第二, 对照组(同期单纯高胆红素血症新生儿)的选择同样可能对研究结果产生影响, 理想对照组应为健康新生儿。第三, RDW-SD、PDW、PLT 均为非特异性指标, 后续研究可纳入阳性对照组, 如其他常见呼吸系统疾病(如新生儿肺炎、NRDS), 进一步验证并比较本模型在鉴别 MAS 与其他原因新生儿呼吸窘迫中的效能, 以明确其诊断特异性。第四, 因研究设计所限, 本研究仅关注入院时 RDW-SD/PLT、PDW/PLT 与 PCT 的静态结果, 未能持续关注整个治疗期间三个指标的动态变化, 故未能分析其与住院时间、机械通气时长、并发症发生率等纵向预后数据的相关性, 不能全面的得出其临床价值, 未来开展前瞻性研究验证其预后预测价值。尽管存在诸多不足, 但结果表明 RDW-SD/PLT、PDW/PLT 与 PCT 三项指标联合检测仍具有显著的协同诊断价值, 可以为 MAS 的早期、客观诊断及重症风险预警提供了一个廉价且有效的实验室新方案, 有望成为 MAS 的早期风险分层的实验室指标, 但这需要更多未来前瞻性临床研究来验证诊断价值。

参考文献

- [1] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 邱小汕. 实用新生儿学[M]. 第 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019.
- [2] 何晓光, 李金凤, 徐凤丹, 等. 胎粪污染羊水新生儿发生重度胎粪吸入综合征的临床特征及预警因素分析[J]. 中国当代儿科杂志, 2022, 24(6): 662-668.
- [3] 赵育弘, 张文雅, 王涛, 等. 降钙素原、红细胞分布宽度对早产儿败血症病情及预后评估的价值[J]. 中华围产医学杂志, 2019, 22(9): 641-647.
- [4] 李阳, 刘蕾, 付红敏, 等. 红细胞分布宽度与血小板计数比值对新生儿败血症的早期诊断价值[J]. 检验医学与临床, 2023, 20(8): 1082-1085, 1089.
- [5] 徐海涛, 黄彬, 卢安阳, 等. PDW/PLT、RDW/PLT 与脓毒症并发急性呼吸窘迫综合征患者病情和预后的相关性分析[J]. 疑难病杂志, 2022, 21(2): 145-150.
- [6] 冯艺, 熊涛, 屈艺, 等. 重症胎粪吸入综合征新生儿危险因素及并发症[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2013, 28(2): 89-91.
- [7] Wang, C., Ling, C., Yang, J., Guan, L. and Wang, X. (2024) Impact of Perinatal Factors on Meconium Aspiration Syndrome in Full-Term Newborns and the Construction of a Column Chart Prediction Model: An Observational Study. *Medicine*, **103**, e38279. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000038279>
- [8] Dini, G., Ceccarelli, S., Celi, F., Semeraro, C.M., Gorello, P. and Verrotti, A. (2024) Meconium Aspiration Syndrome: From Pathophysiology to Treatment. *Annals of Medicine & Surgery*, **86**, 2023-2031. <https://doi.org/10.1097/ms9.0000000000001835>
- [9] Gallo, D.M., Romero, R., Bosco, M., Gotsch, F., Jaiman, S., Jung, E., et al. (2023) Meconium-Stained Amniotic Fluid. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, **228**, S1158-S1178. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2022.11.1283>
- [10] 李峰, 尹会男. 血常规参数在脓毒症及感染性疾病评估中的作用[J]. 医学综述, 2017, 23(12): 2370-2373+2379.
- [11] Jat, S., Aarzo, Sharma, D., Choudhary, S. and Makwana, M. (2024) Red Cell Distribution Width as a Novel Predictor of Neonatal Sepsis: A Cross-Sectional Study. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, **6**, Article No. 122. <https://doi.org/10.1007/s42399-024-01746-7>
- [12] 石明娟. CRP 联合 RDW/PLT 比值诊断儿童早期感染的应用[J]. 医学理论与实践, 2023, 36(2): 307-308, 290.
- [13] Christensen, R.D., Yaish, H.M., Henry, E. and Bennett, S.T. (2015) Red Blood Cell Distribution Width: Reference Intervals for Neonates. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **28**, 883-888. <https://doi.org/10.3109/14767058.2014.938044>
- [14] Wang, B., Gong, Y., Ying, B. and Cheng, B. (2019) Relation between Red Cell Distribution Width and Mortality in Critically Ill Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *BioMed Research International*, **2019**, Article ID:

1942078. <https://doi.org/10.1155/2019/1942078>
- [15] 李琳霞, 赵琳, 李艳红, 等. 新生儿感染性肺炎血小板参数的动态变化[J]. 中华新生儿科杂志, 2010, 25(3): 172-173.
- [16] Ustundag, M., Orak, M., Karakoç, Y., Yildirim, Y., Celen, M. and Güloğlu, C. (2018) An Investigation of the Effects of the Mean Platelet Volume, Platelet Distribution Width, Platelet/Lymphocyte Ratio, and Platelet Counts on Mortality in Patients with Sepsis Who Applied to the Emergency Department. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, **21**, 667-671. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_44_17
- [17] 俞琳, 潘辉, 洪开昕, 等. 外周血血小板计数血小板分布宽度血小板平均体积及 Th1/Th2 细胞比值与支气管哮喘合并感染患儿病情变化的关系[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(1): 78-80.
- [18] Pontrelli, G., De Crescenzo, F., Buzzetti, R., Jenkner, A., Balduzzi, S., Calò Carducci, F., *et al.* (2017) Accuracy of Serum Procalcitonin for the Diagnosis of Sepsis in Neonates and Children with Systemic Inflammatory Syndrome: A Meta-Analysis. *BMC Infectious Diseases*, **17**, Article No. 302. <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2396-7>
- [19] 刘启星, 李莹, 江先锦. 白细胞、超敏 C 反应蛋白、降钙素原联合检测在新生儿胎粪吸入综合征中的应用价值[J]. 中国药物经济学, 2016, 11(5): 180-182.
- [20] 谢爱敏. 血小板计数、血小板体积及血清降钙素原水平联合检测在新生儿细菌感染性肺炎诊断中的应用意义[J]. 中国民康医学, 2020, 32(9): 95-96.
- [21] 陈健萍, 袁海超, 陈志凤. 胎粪吸入综合征患儿血清 PCT、CRP 水平及临床意义[J]. 哈尔滨医药, 2023, 43(2): 71-73.