

DOI: 10.14188/j.1671-8852.2025.0895

文章编号 1671-8852(2026)06-0786-07

早期外周动脉血 pH 值与早产儿 Apgar 评分相关性及其对早期结局预测价值

魏志洁^{1,2} 杨树杰¹ 甘斌¹ 何源¹ 郑洁^{1,2} 魏贤¹ 龙新月^{1,2}

¹武汉科技大学附属孝感医院 湖北 孝感 432100;

²武汉科技大学医学部医学院 湖北 武汉 430065

摘要 目的:探讨30 min内外周动脉血pH值与早产儿1 min Apgar评分相关性及其对早期结局的预测价值。方法:收集2019年1月至2023年12月新生儿科住院早产儿临床资料。根据外周动脉血pH值分为pH值 ≥ 7.25 组($n=897$)与pH值 < 7.25 组($n=536$),按照1 min Apgar评分分为正常Apgar评分组($n=910$)与低Apgar评分组($n=523$),采用Spearman相关分析、Logistic回归分析及受试者工作特征(ROC)曲线分析生后30 min内动脉血pH值与1 min Apgar评分相关性及其对早期结局的预测价值。结果:30 min内动脉血pH值与1 min Apgar评分呈正相关;pH值联合Apgar评分预测新生儿呼吸窘迫综合征和新生儿休克的曲线下面积(AUC)分别是0.713($P<0.001$)和0.664($P<0.001$);两项联合检测高于单项检测($P<0.05$)。结论:早产儿早期动脉血pH值与1 min Apgar评分呈正相关;pH值、Apgar评分对早产儿的早期结局有一定的预测价值。

关键词 外周动脉血气;pH值;早产儿;Apgar评分;早期结局

中图分类号 R722.1

文献标志码 A

Correlation between the pH value of early peripheral arterial blood and Apgar score in preterm infants and their predictive value for early outcomes

WEI Zhijie^{1,2}, YANG Shujie¹, GAN Bin¹, HE Yuan¹, ZHENG Jie^{1,2}, WEI Xian¹, LONG Xinyue^{1,2}

¹Xiaogan Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Xiaogan 432100, Hubei, China;

²School of Medicine, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, Hubei, China

Abstract

Objective: To investigate the correlation between peripheral arterial blood pH value within 30 minutes after birth and 1-minute Apgar score in preterm infants, as well as their predictive value for early outcomes. **Methods:** Clinical data of preterm infants admitted to the neonatal department from January 2019 to December 2023 were collected. The infants were divided into two groups based on peripheral arterial blood pH value within 30 minutes after birth: the pH ≥ 7.25 group ($n=897$) and the pH < 7.25 group ($n=536$). Additionally, they were divided into normal Apgar score group (≥ 7 , $n=910$) and low Apgar score group (< 7 , $n=523$) according to 1-minute Apgar score. Spearman correlation analysis, logistic regression analysis, and receiver operating characteristic (ROC) curve analysis were used to assess the correlation between arterial blood pH and 1-minute Apgar score, as well as

课题来源:湖北省儿科联盟医学科研项目(编号:HPAMRP20213)。

作者简介:魏志洁,女,1999—,医学硕士生,主要从事临床儿科学研究,E-mail: 1327865386@qq.com。

通信作者:杨树杰,E-mail: xgysj1969@126.com。

their predictive value for early outcomes. **Results:** Arterial blood pH value within 30 minutes after birth was positively correlated with 1-minute Apgar score ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the combined detection of pH and Apgar score had higher predictive value for neonatal respiratory distress syndrome (NRDS) and neonatal shock than either alone (AUC for NRDS was 0.713, $P<0.001$; AUC for neonatal shock was 0.664, $P<0.001$). The combined model was superior to single indicators ($P<0.05$). **Conclusion:** Early arterial blood pH in preterm infants is positively correlated with 1-minute Apgar score, and the combination of pH and Apgar score has predictive value for early adverse outcomes.

Key Words Peripheral Arterial Blood Gas; pH Value; Premature Infants; Apgar Score; Early Outcome

全世界每年约有1500万婴儿早产^[1],中国早产儿发生率呈逐年上升趋势^[2],早产和出生窒息是新生儿发病和死亡的主要原因^[3]。Apgar评分一直被作为评估新生儿出生时生命状况和复苏效果的简便实用初筛指标^[4],Apgar评分结合脐动脉血pH值辅助评估新生儿状态与诊断窒息已获得公认^[5-6]。然而由于技术和设备限制及操作规范性不足等多种因素大多数基层医院暂未能采用脐动脉血。外周动脉血pH值对新生儿某些疾病诊断具有重要价值^[5],且从新生儿身上采集的血液样本比从脐动脉采集的样本更能代表新生儿的生化状态^[7],然而关于外周动脉血pH值与Apgar评分的相关性及其对新生儿结局的预测价值的相关报道极少。本研究旨在通过分析早产儿生后30 min内外周动脉血pH值与1 min Apgar评分相关性及其对早产儿早期结局的预测价值,以期临床更好地运用外周动脉血气分析提供新的思路。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2019年1月至2023年12月武汉科技大学附属孝感医院新生儿科的早产儿为研究对象。纳入标准:(1)胎龄 <37 周新生儿;(2)出生后30 min内转入新生儿科并完成外周动脉血气分析检测。排除标准:(1)存在影响生长发育的先天性畸形或遗传代谢性疾病;(2)病历资料不完整。本研究已通过医院伦理委员会批准(KT-2024091406)。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集 查阅产科、新生儿科电子病历,收集母亲、患儿临床资料。包括:性别、胎龄、体质量、分娩方式、单/双胎、Apgar评分、血电解质、血糖、血气及相关诊断等。

1.2.2 胎龄 早产儿胎龄依据产科医生(末次月

经)计算为主,参考超声科医生产前超声检测和出生后新生儿医生胎龄评估。

1.2.3 外周动脉血气分析 早产儿生后入住新生儿科,均在相关复苏同时在生后30 min内用经肝素浸润后的1 mL注射器抽取桡动脉或股动脉血0.2~0.3 mL,立即封闭针头,把注射器在手掌间搓动让血样与肝素充分混匀后立即检测。所有标本均由专人采集,丹麦雷度ABL80血气分析仪检验。

1.2.4 Apgar评分 本院产儿科合作密切,Apgar评分由经过严格培训的高年资新生儿医生和助产士共同参与进行,双方按照评分表和要求共同讨论确定。

1.2.5 研究分组 外周动脉血pH值分组:根据第五版《实用新生儿学》将早产儿动脉血pH 7.25作为纠正酸中毒本身引起并发症的推荐临界值,本研究按照血气分析pH值分为pH值 ≥ 7.25 组和pH < 7.25 组^[4]。Apgar评分分组:8~10分为正常评分组, ≤ 7 分为低Apgar评分组^[6]。

1.2.6 以早产儿常见并发症为早期结局 指标包括:新生儿颅内出血、新生儿坏死性小肠结肠炎(necrotizing enterocolitis of newborn, NEC)、新生儿低血容量性休克、新生儿早发败血症(early-onset sepsis, EOS)、新生儿胃肠道出血、新生儿呼吸窘迫综合征(neonatal respiratory distress syndrome, NRDS)、新生儿高血糖、血 Na^+ 、血 K^+ 、血 Ca^{2+} 等,诊断参考第5版《实用新生儿学》^[4]。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0统计学软件进行数据处理。正态分布计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)描述,非正态分布计量资料以中位数(四分位数间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 描述,组间比较采用秩和检验;计数资料采用例(%)描述,组间比较采用 χ^2 检验及Fisher精确概率法,非正态分布采用Spearman相关分析;pH值与Apgar评分对结局的影响采用二元

logistic 回归分析,后采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线预测其诊断价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般结果 2019年1月—2023年12月期间本院新生儿科共收治1 631例早产儿,外院出生162例,资料不全33例,先天性畸形或遗传代谢病3例,最终纳入1 433例,其中入院时间12(10,14) min,男婴818例(57.08%),女婴615例(42.92%);剖宫产1 281例(89.39%),顺产152例(10.61%);单胎1 019例(71.11%),双胎414例(28.89%);胎龄(33.6 ± 1.7)周;出生体质量($1\,784\pm64$) kg;两种分组方式在胎龄、性别、分娩方式、胎龄、体质量差异无统计意义($P>0.05$)。

2.2 1 min Apgar 评分与 30 min 内外周动脉血 pH 值相关性 低 Apgar 评分组外周动脉血 pH 值明显低于正常 Apgar 评分组[7.25(7.21,7.31),7.28(7.23,7.32), $P<0.001$],外周动脉血 pH 值与 Apgar 评分存

在一定的相关性($r=0.14,P<0.001$)。见图 1。

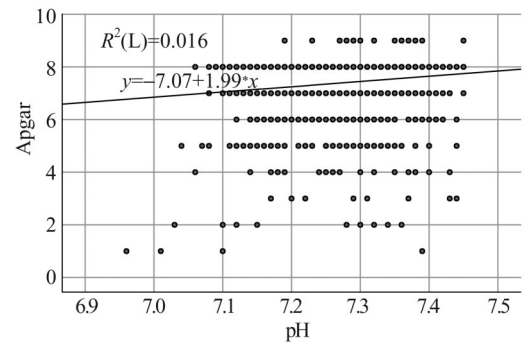


图 1 pH 值与 Apgar 评分关系图

2.3 30 min 内外周动脉血 pH 值与早产儿早期结局的差异化比较

2.3.1 组间相关指标比较 $pH<7.25$ 组新生儿颅内出血、新生儿低血容量性休克、EOS、NRDS 及新生儿高血糖发生率高于 $pH\geq7.25$ 组;低 Apgar 评分组新生儿颅内出血、新生儿低血容量性休克、EOS、新生儿胃肠道出血、NRDS 及新生儿高血糖发生率高于正常 Apgar 评分组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1、表 2。

表 1 $pH<7.25$ 组与 $pH\geq7.25$ 组早产儿早期结局的比较 [例(%); $M(P_{25},P_{75})$]

临床特征	$pH\geq7.25$ 组($n=897$)	$pH<7.25$ 组($n=536$)	Z/χ^2	P
新生儿颅内出血	91(10.1)	76(14.2)	5.304	0.021
NEC	3(0.3)	5(0.9)	— ^b	0.159
新生儿低血容量性休克	107(11.9)	98(18.3)	11.053	0.001
EOS	4(0.4)	11(2.1)	8.358	0.004
新生儿胃肠道出血	29(3.2)	27(5.0)	2.909	0.088
NRDS	401(44.7)	386(72.0)	101.077	<0.001
新生儿高血糖	5(0.6)	11(2.1)	6.790	0.009
血 Na^+ /mmol·L ⁻¹	145(143,147)	145(143,148)	-1.488	0.137
血 K^+ /mmol·L ⁻¹	3.87(3.61,4.51)	3.89(3.51,4.56)	-1.695	0.090
血 Ca^{2+} /mmol·L ⁻¹	1.19(0.88,1.82)	1.20(0.95,1.75)	-0.525	0.600

注:NEC. 新生儿坏死性小肠结肠炎;EOS. 新生儿早发败血症;NRDS. 新生儿呼吸窘迫综合征。^bFisher精确概率法。

表 2 正常 Apgar 评分组与低 Apgar 评分组早产儿早期结局的比较 [例(%); $M(P_{25},P_{75})$]

临床特征	正常 Apgar 评分组($n=910$)	低 Apgar 评分组($n=523$)	Z/χ^2	P
新生儿颅内出血	80(8.8)	87(16.6)	19.846	<0.001
NEC	2(0.2)	6(1.1)	— ^b	0.057
新生儿低血容量性休克	94(10.3)	111(21.2)	32.153	<0.001
EOS	5(0.5)	10(1.9)	5.953	0.015
新生儿胃肠道出血	26(2.9)	30(5.7)	7.331	0.007
NRDS	406(44.6)	381(72.8)	106.933	<0.001
新生儿高血糖	5(0.5)	11(2.1)	7.263	0.007
血 Na^+ /mmol·L ⁻¹	145(143,147)	145(143,147)	-1.471	0.141
血 K^+ /mmol·L ⁻¹	3.93(3.57,4.49)	3.97(3.60,4.60)	-1.068	0.285
血 Ca^{2+} /mmol·L ⁻¹	1.18(0.89,1.83)	1.23(0.94,1.74)	-0.477	0.634

注:NEC. 新生儿坏死性小肠结肠炎;EOS. 新生儿早发败血症;NRDS. 新生儿呼吸窘迫综合征。^bFisher精确概率法。

2.3.2 30 min 内外周动脉血 pH 值与 1 min Apgar 评分对早期结局的多因素分析 先进行单因素回归分析,对有意义的早期结局指标调整混杂因素包括:胎龄、体质量、Apgar 评分、pH 值,后进行多因素

二元 Logistic 回归分析。pH<7.25 是 EOS 的独立危险因素;pH<7.25、低 Apgar 评分均是新生儿低血容量性休克、NRDS 的独立危险因素。差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 3、表 4。

表 3 pH<7.25 与早期结局的关系

项目	OR ¹ (95%CI)	P	OR ² (95%CI)	P
新生儿低血容量性休克	1.652(1.226~2.225)	0.001	1.457(1.070~1.983)	0.017
NRDS	3.183(2.529~4.006)	<0.001	2.513(1.940~3.255)	<0.001
新生儿高血糖	0.268(0.092~0.774)	0.015	0.337(0.114~0.991)	0.049
EOS	4.678(1.482~14.765)	0.009	3.867(1.210~12.357)	0.023
新生儿颅内出血	1.463(1.057~2.026)	0.022	1.144(0.811~1.613)	0.444

注:NRDS. 新生儿呼吸窘迫综合征;EOS. 新生儿早发败血症。¹未调整混杂因素;²调整混杂因素,包括胎龄、体质量、1 min Apgar 评分。

表 4 低 Apgar 评分与早期结局的关系

项目	OR ¹ (95%CI)	P	OR ² (95%CI)	P
新生儿低血容量性休克	2.339(1.734~3.154)	<0.001	1.941(1.408~2.675)	<0.001
NRDS	3.331(2.639~4.204)	<0.001	1.916(1.464~2.508)	<0.001
新生儿高血糖	3.889(1.344~11.254)	0.012	1.844(0.569~5.973)	0.307
EOS	3.528(1.199~10.379)	0.022	2.298(0.716~7.376)	0.163
新生儿颅内出血	2.070(1.496~2.865)	<0.001	1.136(0.785~1.642)	0.499

注:NRDS. 新生儿呼吸窘迫综合征;EOS. 新生儿早发败血症。¹未调整混杂因素;²调整混杂因素,包括胎龄、体质量、pH 值。

2.4 30 min 内外周动脉血 pH 值与 1 min Apgar 评分预测早期结局的 ROC 曲线

2.4.1 pH 值、Apgar 评分及联合指标预测 NRDS 的 ROC 曲线分析 两项联合预测价值高于单项,差异有统计学意义($P<0.05$)。见图 2、表 5。

2.4.2 pH 值、Apgar 评分联合指标预测新生儿低血容量性休克的 ROC 曲线分析 两项联合预测价值高于单项,差异有统计学意义($P<0.05$)。见图 3、表 6。

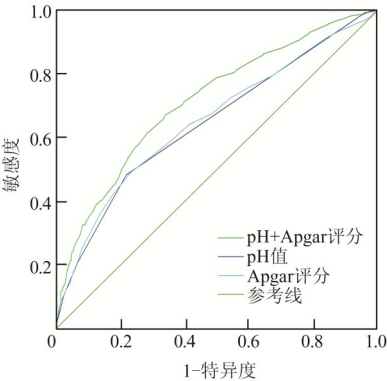


图 2 各项指标预测 NRDS 的 ROC 曲线

3 讨论

随着围产医学的发展,新生儿的死亡率在逐步下降,但早产儿死亡占比却在逐步上升^[8]。目前围产医学推荐 Apgar 评分结合脐动脉血气预测评估新

生儿生后早期的病情,但受到复苏措施的影响,早产儿 Apgar 评分面临越来越多质疑^[9-10],同时出生过程中影响患儿气体交换或血液循环的因素均能影响脐动脉血气 pH 值,脐动脉血仅反映患儿出生瞬

表 5 pH 值、Apgar 评分单个及联合指标预测 NRDS 的 ROC 曲线相关指标

变量名称	AUC	灵敏度	特异度	最佳截断值	约登指数	P	95%CI
pH 值	0.653	0.768	0.490	7.245	0.258	<0.001	0.625~0.681
Apgar 评分	0.647	0.780	0.484	7.5	0.264	<0.001	0.618~0.675
pH 值+Apgar 评分	0.713	0.672	0.658	—	0.330	<0.001	0.687~0.740

表 6 pH 值、Apgar 评分单个及联合指标预测新生儿低血容量性休克的 ROC 曲线相关指标

变量名称	AUC	灵敏度	特异度	最佳截断值	约登指数	P	95%CI
pH 值	0.577	0.538	0.605	7.265	0.143	<0.001	0.533~0.621
Apgar 评分	0.633	0.664	0.541	7.5	0.205	<0.001	0.589~0.676
pH 值+Apgar 评分	0.664	0.385	0.842	—	0.227	<0.001	0.624~0.704

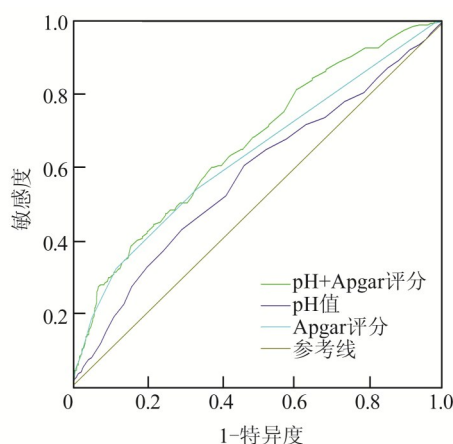


图3 各项指标预测新生儿低血容量性休克的ROC曲线

间的宫内状况^[11]。生后早期外周动脉血气可作为评估出生后新生儿氧合状态、电解质水平及酸碱状态的有效指标,基层医院受分娩时间点、人力资源的限制以及早产儿复苏、延迟期待结扎等相关因素的影响,脐动脉血气检测工作开展存在一定的困难,因此本院采用外周动脉血评估患儿生后代代谢状态。本研究针对早产儿Apgar评分和出生30 min内外周动脉血pH的相关性进行探讨,同时分析两者对早产儿早期结局的预测价值。

3.1 1 min Apgar评分与30 min内外周动脉血pH值有正相关性 Apgar评分反映宫内情况和是否需要紧急复苏已是共识^[12],本院产儿科合作,全程参与监产、复苏的新生儿科医师和助产士一起进行Apgar评分,最大限度地减少了Apgar评分的主观因素,Apgar评分结果相对客观,真实反映早产儿出生后早期的状态。外周动脉血pH值是通过新生儿外周动脉血检测的客观生理指标,可以用于评估新生儿缺氧程度,能更好体现新生儿的生化状态^[7],本研究显示1 min Apgar评分 ≤ 7 分的早产儿中,生后30 min内外周动脉血pH值明显低于正常Apgar评分,且两者存在正相关,这与国内外其他研究^[13-15]结果相似:Apgar评分与代谢性酸中毒存在显著相关性($P < 0.001$),pH值随Apgar评分升高而升高。早产儿脏器发育和生理机能不成熟,出生时发生缺氧的比例较高,生后出现低Apgar评分的概率明显增加,无氧酵解增加,由此造成乳酸堆积引起酸中毒比例也增加^[5]。因此需要我们围产医务人员重视早产儿规范的Apgar评分,对早产儿Apgar评分进行客观、合理运用,指导复苏团队准确把握黄金抢救时间点。

3.2 1 min Apgar评分与30 min内外周动脉pH值对早产儿早期结局的影响 近年来,国内外大量研

究关注Apgar评分与新生儿不良结局的关系。Apgar评分在新生儿结局预测方面仍然有重要意义^[16],极低的Apgar评分提示着高死亡率,预示着新生儿生存时间较短^[7]。本研究发现早产儿低Apgar评分组循环、消化、呼吸、神经等系统并发症、代谢异常及感染发生率高于正常Apgar评分组,与刘爽等^[17]研究结果1 min Apgar评分与脏器并发症发生率呈负相关结果相似。说明低Apgar评分早产儿可能更容易发生出生窒息缺氧,而缺氧将会导致细胞能量代谢障碍,ATP生成减少,细胞膜 Na^+ 泵功能受损,引起多器官细胞水肿,从而造成机体多器官功能损害甚至衰竭,需要围产医护对Apgar评分低的早产儿加强管理,监测早期不良结局并及时诊疗,改善早产儿预后及生存质量。

动脉血气分析是评估危重新生儿氧合和通气是否充分的金标准^[18],与患儿的预后密切相关^[19]。本研究结果显示生后30 min内外周动脉血 $\text{pH} < 7.25$ 组新生儿颅内出血、新生儿低血容量性休克、EOS、NRDS及新生儿高血糖发生率均高于 $\text{pH} \geq 7.25$ 组,与洪昆崑^[20]的研究证实外周动脉血pH在7.25发生多器官损害率较高结果类似。王晴晴等^[21]发现脐动脉血pH值与新生儿休克发生无明显统计学意义,与本研究结果不一致,说明早期外周动脉血pH值在预测新生儿休克方面优于脐动脉血pH值,值得临床关注和重视。早期动脉血 $\text{pH} < 7.25$ 提示代谢性酸中毒和/或呼吸性酸中毒存在,需要在临床实践中立即分析酸中毒的原因,积极治疗病因,同时注重改善患儿呼吸、循环和肾脏等脏器功能,否则容易导致早产儿神经系统、呼吸系统、循环系统及糖代谢的损害,发生EOS和新生儿休克等不良结局。

新生儿的生理成熟度、母体用药情况、先天性畸形等多种因素都可能影响Apgar评分,Apgar评分是对新生儿在这一个时间节点的生理状况的表述,存在一定局限性^[7]。本研究发现在 $\text{pH} < 7.245$ 和Apgar评分 < 7.5 时需警惕早产儿NRDS的发生,在 $\text{pH} < 7.265$ 和Apgar评分 < 7.5 时需警惕早产儿低血容量性休克的发生,同时发现Apgar评分与外周动脉pH值联合对早产儿发生NRDS、早产儿低血容量性休克的预测价值高于单项。KRAUS等^[22]研究结果证明脐动脉血气分析代谢性酸中毒对新生儿不良结局有预测价值,与本研究结果相似。DU等^[23]研究脐动脉血气联合肺部超声、miR-513a-3p对预测早产儿NRDS的结果与本研究相

似,提示早产儿肺发育不成熟,肺表面活性物质(PS)分泌及合成不足,导致肺泡萎陷,气体交换面积下降,是导致低氧血症和酸中毒的原因^[5]。休克早期因心输出量不足,组织灌溉不足出现代谢性酸中毒,在血气中表现为pH值下降及乳酸水平增加^[4]。袁文浩等^[24]研究发现外周动脉血气乳酸水平对新生儿休克有预测价值,与本研究相似,但预测价值高于本研究,考虑乳酸是组织缺氧低灌注后的直接代谢产物,而pH值变化还涉及血液缓冲系统,因此乳酸对休克的预测相对更敏感。本研究对于新生儿低血容量性休克预测效能还不够高,考虑其原因有部分为产时或产后母体、胎盘、脐带异常导致急性失血,本研究未纳入此类相关指标。今后进一步研究可加入母体孕期疾患因素,提高其预测和诊断的准确性。因此临床工作中,低Apgar评分早产儿出生后尽早完善外周动脉血气分析,可以帮助我们初步判断早产儿休克和呼吸窘迫综合征发生风险,及时启动患儿呼吸、循环支持及神经保护等措施,降低早产儿死亡率和伤残率。

本研究的局限性及结论:作为单中心回顾性研究,样本量有限;时间跨度5年,难免存在选择偏倚和信息偏倚;研究中数据多为偏态分布,可能会对结果产生一定的局限性。本研究表明早产儿生后30 min内外周动脉血pH值与其Apgar评分存在正相关,两者联合对诊断NRDS、新生儿低血容量性休克有一定预测价值。今后可扩大样本量进一步按照早产儿胎龄、体质量进行分层分组研究,更全面的调整混杂因素,如:母体用药、母体孕期疾患、胎儿成熟度等,以期进一步深入探讨不同胎龄早产儿早期外周动脉血pH值和低Apgar评分的相关性和临床价值。



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

参考文献

- [1] WALANI S R. Global burden of preterm birth[J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2020, 150(1): 31-33.
- [2] 张沂洁, 朱燕, 陈超. 早产儿发生率及变化趋势[J]. *中华新生儿科杂志*, 2021, 36(4): 74-77.
ZHANG Y J, ZHU Y, CHEN C. Incidence and trend of preterm infants[J]. *Chin J of Neonatol*, 2021, 36(4): 74-77.
- [3] DA FONSECA E B, DAMIÃO R, MOREIRA D A. Preterm birth prevention[J]. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*, 2020, 69: 40-49.
- [4] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2019.
SHAO X M, YE H M, QIU X S. *Practical neonatology*[M]. 5th Ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2019.
- [5] 黄国英, 孙锐, 罗小平. 儿科学[M]. 10版. 北京: 人民卫生出版社, 2025.
HUANG G Y, SUN K, LUO X P. *Pediatrics* [M]. 10th Ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2025.
- [6] 中华医学会围产医学分会新生儿复苏学组. 新生儿窒息诊断的专家共识[J]. *中华围产医学杂志*, 2016, 19(1): 3-6.
Neonatal Resuscitation Group, Society of Perinatal Medicine, Chinese Medical Association. Expert consensus on the diagnosis of neonatal asphyxia[J]. *Chin J Perinatology*, 2016, 19(1): 3-6.
- [7] 周洵, 唐文佩. 阿普加评分: 临床工具的演变与挑战[J]. *中华围产医学杂志*, 2024, 27(8): 698-703.
ZHOU X, TANG W P. Apgar score: Evolution and challenge of clinical tools[J]. *Chin J Perinatology*, 2024, 27(8): 698-703.
- [8] 蒋昊天, 陈超. 不同胎龄早产儿的生存状况及其变化趋势[J]. *中华围产医学杂志*, 2024, 27(10): 865-870.
JIANG H T, CHEN C. Survival status and its change trend of preterm infants with different gestational ages [J]. *Chin J Perinatology Med*, 2024, 27(10): 865-870.
- [9] SWEET D G, CARNIELLI V P, GREISEN G, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome: 2022 update[J]. *Neonatology*, 2023, 120(1): 3-23.
- [10] 章晓婷, 史源. Apgar评分的过去与未来 [J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2024, 40(2): 160-165.
ZHANG X T, SHI Y. The past and future of Apgar score[J]. *Chin J Applied Gynecology & Obstetrics*, 2024, 40(2): 160-165.
- [11] 韩欢, 应豪. 脐血气分析在产科临床中的应用[J]. *中华围产医学杂志*, 2018, 21(2): 112-117.
HAN H, YING H. Clinical application of umbilical cord blood gas analysis in obstetrics[J]. *Chin J Perinatology*, 2018, 21(2): 112-117.
- [12] YEAGLE K P, O'BRIEN J M, CURTIN W M, et al. Are gestational and type ii diabetes mellitus associated with the apgar scores of full-term neonates?[J]. *Int J Womens Health*, 2018, 10:603-607.
- [13] 刘永巧, 阿衣加马力·木合塔尔, 於涵, 等. 新生儿脐动脉血气与Apgar评分的相关性分析[J]. *中华新生儿科杂志(中英文)*, 2022, 37(2): 147-151.
LIU Y Q, AYIJAMALI MUHETAER, YU H, et al. Correlation analysis of umbilical arterial blood gas and Apgar score in neonates[J]. *Chin J Neonatology*,

- 2022, 37(2): 147-151.
- [14] CNATTINGIUS S, JOHANSSON S, RAZAZ N. Rates of metabolic acidosis at birth and apgar score values at 1, 5, and 10 min in term infants: A swedish cohort study[J]. *J Perinat Med*, 2020, 48(5): 514-515.
- [15] YILMAZ A, KAYA N, ÜLKERSOY İ, et al. The correlation of cord arterial blood gas analysis results and apgar scores in term infants without fetal distress[J]. *Turk Arch Pediatr*, 2022, 57(5): 538-543.
- [16] REYES-SAAVEDRA N, CASTELÁN-VILLAGRANA PC, MATA-MAQUEDA I, et al. Apgar values lower than 7 associated with mortality in premature newborns[J]. *Saudi Med J*, 2022, 43(3): 252-258.
- [17] 刘爽, 汤锋, 霍红. 新生儿脐动脉血气分析与 1 min Apgar 评分相关性的研究[J]. *中国现代医生*, 2017, 55(21):53-55.
LIU S, TANG F, HUO H. Study on the correlation between umbilical artery blood gas analysis and 1 min Apgar score in neonates[J]. *China Modern Doctor*, 2017, 55(21):53-55.
- [18] 曹云, 韩彤妍, 张谦慎, 等. 新生儿有创血气分析专家共识[J]. *中国循证儿科杂志*, 2023, 18(6):405-409.
CAO Y, HAN T Y, ZHANG Q S, et al. Expert consensus on invasive blood gas analysis in neonates[J]. *Chin J Evid Based Pediatr*, 2023, 18(6):405-409.
- [19] CAI Y, ZHANG X, WU X, et al. The value of umbilical artery blood gas analysis in the diagnosis and prognosis evaluation of fetal distress[J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(7): 4821-4829.
- [20] 洪昆蛟. 早期脑损伤与产后 1 h 内早产儿外周动脉血气 pH 值乳酸水平及低 Apgar 评分的相关性分析[J]. *中国妇幼保健*, 2023, 38(24): 4847-4851.
HONG K X. Association between early brain injury and peripheral arterial blood gas pH, lactate level and low Apgar score in preterm infants within 1 hour after delivery[J]. *Maternal and Child Health Care of China*, 2023, 38(24): 4847-4851.
- [21] 王晴晴, 朴梅花, 韩彤妍, 等. 脐动脉血 pH 值与 Apgar 评分的相关性及其围产期影响因素和对新生儿早期结局的影响[J]. *中华围产医学杂志*, 2020, 23(6): 415-441.
WANG Q Q, PIAO M H, HAN T Y, et al. Correlation between umbilical artery blood pH and Apgar score and its influence on perinatal factors and early neonatal outcomes[J]. *Chin J Perinatal Med*, 2020, 23(6): 415-441.
- [22] KRAUS A C, SAUCEDO A M, BYRNE J J, et al. A comparison of criteria for defining metabolic acidemia in live-born neonates and its effect on predicting serious adverse neonatal outcomes[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2023, 229(4): 439. e1-439. e11.
- [23] DU T, LEI H, DONG J, et al. Clinical evaluation of serum miR-513a-3p combined with arterial blood gas analysis parameters and lung ultrasound score in neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Ital J Pediatr*, 2024, 50(1): 227.
- [24] 袁文浩, 曾凌空, 蔡保欢, 等. 动脉血乳酸对于新生儿休克严重程度和预后判断的价值[J]. *中国当代儿科杂志*, 2018, 20(1):17-20.
YUAN W H, ZENG L K, CAI B H, et al. Value of arterial blood lactic acid in the evaluation of disease severity and prognosis in neonatal shock[J]. *Chin J Con-temp Pediatr*, 2018, 20(1):17-20.

(2025-08-05 收稿)

编辑 孙孝云