

新生儿脐动脉血气特点及酸血症的危险因素

—— 一项观察研究

熊颖 张乾富 何德华 奚经钰 邹海燕 李红 唐艳 刘旭

作者单位: 550004 贵州贵阳, 贵州中医药大学第一附属医院产科 (熊颖、奚经钰、邹海燕、李红)

550004 贵州贵阳, 贵州医科大学 (张乾富)

550004 贵州贵阳, 贵州医科大学附属第一医院重症医学科 (何德华、唐艳、刘旭)

通信作者: 刘旭, Email: icu-liuxu@qq.com

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2023.04.025

【摘要】 目的 了解新生儿脐动脉血气特点及酸血症发生的危险因素。方法 收集 2022 年 12 月 1—31 日贵州中医药大学第一附属医院新生儿脐动脉血气数据, 若满足下列任何一项 [pH 值 < 7.0, 剩余碱 (BE) < -12.0 mmol/L, 血乳酸 (Lac) \geq 6.0 mmol/L] 即被诊断为酸血症。以是否发生酸血症分组, 采用多因素 Logistics 回归方法分析酸血症的危险因素。结果 共纳入 180 例新生儿, 其中 11 例存在酸血症, 酸血症发生率为 6.1%。酸血症新生儿的 Lac \geq 6.0 mmol/L, 而其中 pH 值 < 7.0 的仅 1 例, BE < -12 mmol/L 的有 3 例。酸血症新生儿较非酸血症新生儿 pH 值和 BE 水平均更低 [pH 值: 7.09 (7.08, 7.17) 比 7.29 (7.25, 7.33), BE (mmol/L): -11.40 (-12.55, -8.75) 比 -2.90 (-4.50, -1.10), 均 $P < 0.001$], 血二氧化碳分压 (PCO₂) 和 Lac 水平均更高 [PCO₂ (mmHg; 1 mmHg \approx 0.133 kPa): 64.00 (59.00, 67.50) 比 51.00 (45.00, 57.00), Lac (mmol/L): 6.50 (6.25, 7.45) 比 2.40 (1.70, 3.70), 均 $P < 0.01$]。与非酸血症新生儿比较, 酸血症新生儿母亲分娩前患有感染性疾病、经阴道分娩率的比例均更高 (感染性疾病: 27.3% 比 5.4%, 经阴道分娩率: 81.8% 比 34.3%, 均 $P < 0.05$)。多因素回归分析结果显示, 分娩前母亲有感染性疾病 [优势比 (OR) = 6.066, 95% 可信区间 (95%CI) 为 1.090 ~ 29.231, $P = 0.027$]、经阴道分娩 (OR = 8.205, 95%CI 为 1.984 ~ 57.805, $P = 0.009$) 均为新生儿酸血症发生的独立危险因素。结论 新生儿酸血症以高乳酸血症为主要表现, 母亲有感染性疾病和经阴道分娩为新生儿酸血症的独立危险因素。

【关键词】 新生儿; 酸血症; 临床特征; 危险因素

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFC2001904); 贵州省科技计划项目 (2020-1Y330; ZK-2022-370; 2021-090)

Characteristics of umbilical artery blood gas in newborns and risk factors for acidemia: an observational study

Xiong Ying, Zhang Qianfu, He Dehua, Xi Jingyu, Zou Haiyan, Li Hong, Tang Yan, Liu Xu. Department of Obstetrics, the First Affiliated Hospital of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550004, Guizhou, China (Xiong Y, Xi JY, Zou HY, Li H); Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou, China (Zhang QF); Department of Intensive Care Unit, the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou, China (He DH, Tang Y, Liu X)

Corresponding author: Liu Xu, Email: icu-liuxu@qq.com

【Abstract】 Objective To understand the characteristics of umbilical artery blood gas in newborns and the risk factors for acidemia. **Methods** The umbilical artery blood gas data of neonates from the First Affiliated Hospital of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine from December 1 to 31, 2022 were collected. If any of the following conditions [pH value < 7.0, base excess (BE) < -12.0 mmol/L, lactic acid (Lac) \geq 6.0 mmol/L] was met, it was considered to be acidemia. The neonates were grouped based on the occurrence of acidemia, and a multivariate Logistic regression method was used to analyze the risk factors for acidemia. **Results** A total of 180 newborns were included, of which 11 cases had acidemia, with an incidence of 6.1%. The level of Lac in newborns with acidemia was \geq 6.0 mmol/L, only 1 case with pH value < 7.0 and 3 cases with BE < -12 mmol/L. The newborns with acidemia had lower pH value and BE levels compared to newborns without acidemia [pH value: 7.09 (7.08, 7.17) vs. 7.29 (7.25, 7.33), BE (mmol/L): -11.40 (-12.55, -8.75) vs. -2.90 (-4.50, -1.10), both $P < 0.001$], and the levels of blood partial pressure of carbon dioxide (PCO₂) and Lac were both higher [PCO₂

(mmHg; 1 mmHg \approx 0.133 kPa): 64.00 (59.00, 67.50) vs. 51.00 (45.00, 57.00), Lac (mmol/L): 6.50 (6.25, 7.45) vs. 2.40 (1.70, 3.70), both $P < 0.01$]. Compared with the newborns without acidemia, the proportion of acidemia newborns whose mothers suffered from infectious diseases before delivery and the rate of vaginal delivery were higher (infectious diseases: 27.3% vs. 5.4%, vaginal delivery rate: 81.8% vs. 34.3%, both $P < 0.05$). Multivariate regression analysis showed that the mother had infectious diseases before delivery [odds ratio (OR) was 6.066, 95% confidence interval (95%CI) was 1.090–29.231, $P = 0.027$], and vaginal delivery (OR was 8.205, 95%CI was 1.984–57.805, $P = 0.009$) were independent risk factors for neonatal acidemia. **Conclusions** The main manifestation of neonatal acidemia is hyperlactaemia. The independent risk factors of neonatal acidemia are mother's infectious diseases and vaginal delivery.

【Key words】 Neonate; Acidemia; Clinical characteristic; Risk factor

Fund Program: National Key Research and Development Plan Project (2018YFC2001904); Guizhou Provincial Science and Technology Project (2020-1Y330; ZK-2022-370; 2021-090)

新生儿脐动脉血气是评估新生儿酸碱状况最客观的指标^[1],同时结合其他指标(如 Apgar 评分)可判断新生儿是否窒息、是否有新生儿脑病高风险以及为后续治疗方案的选择提供依据^[2-5]。目前该方法的临床应用越来越广泛,根据《新生儿脐动脉血气分析临床应用专家共识(2021)》^[6],新生儿酸血症定义为脐动脉血气 pH 值 < 7.00 和/或剩余碱(base excess, BE) < -12.00 mmol/L 和/或血乳酸(lactic acid, Lac) ≥ 6.00 mmol/L,是新生儿围产期缺氧预后不良的因素。而部分研究显示,脐带动脉血 Lac 预测新生儿风险的效果与 pH 值及 BE 相当甚至更优^[7-10],但目前对新生儿血气特点及围产期临床特征的研究不多。

近期虽有国外学者指出孕妇的妊娠次数、羊水粪染、胎儿性别及分娩过程中氧疗措施会影响新生儿酸血症的发生^[11],但相关证据并不充分,酸血症的影响因素仍需进一步探索和明确。本研究探讨新生儿的脐动脉血气特征、围产期情况及酸血症的危险因素,以进一步加强对高风险新生儿的识别并及时干预,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 采用观察性研究方法,收集 2022 年 12 月 1—31 日在贵州中医药大学第一附属医院产科进行脐动脉血气检测的新生儿资料。

1.1.1 纳入标准 ① 在贵州中医药大学第一附属医院产科进行分娩的孕妇;② 有新生儿脐动脉血气结果。

1.1.2 排除标准 ① 采集脐动脉血过程不规范(根据《新生儿脐动脉血气分析临床应用专家共识(2021)》^[6]的采集标准);② 送检时间超过 20 min。

1.1.3 伦理学 本研究符合医学伦理学标准,并得到该院伦理委员会审批(审批号:2022-01),所有检测均获得过受检孕妇的知情同意。

1.2 血气采集方法 ① 物品准备:使用一次性人体动脉血样采集器、无菌产包、手术衣、无菌手套、无菌分娩台。② 消毒铺敷上台接生至胎儿娩出后 1~3 min,触及脐动脉搏动停止,将动脉采血器针栓调整到所需标本量的刻度处(1 mL),确定脐动脉,血气针头穿刺进入脐动脉,血液自动充盈至预设位置。③ 血气针从穿刺部位拔出后,立即用软橡皮塞封闭针头,安装采血器密封帽,排出多余气泡,送至新生儿科即时检测,后结扎脐带,所有的脐动脉血气检测都在 GEM 3500 血气分析仪上进行。

1.3 资料收集 收集产妇年龄、孕周、是否患有乙型肝炎(乙肝)等传染性疾病、妊娠期高血压、糖尿病及合并症、瘢痕子宫等既往病史,胎儿心率、新生儿体质量、新生儿是否畸形、分娩方式(包括经阴道分娩和剖宫产)、脐带胎盘是否异常、剖宫产或顺产分娩时间等临床资料。以酸血症新生儿的血气为标准,进行相关指标比较和分析。

1.4 统计学处理 采用 R 4.2.3 统计软件分析数据。不符合正态分布的计量资料采用中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$] 进行描述,总体差异采用 Fisher's 精确概率法进行检验;计数资料以例(%)进行描述,总体差异推断采用秩和检验。将有统计学意义的指标分别纳入单变量和多变量 Logistic 回归模型进行判断。有统计学差异采用 $P < 0.05$ 表示。

2 结果

2.1 脐动脉血气特征比较 共纳入 180 例新生儿。新生儿脐动脉血的 pH 值为 7.29(7.23, 7.33),血二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide, PCO_2)为 51.00(45.00, 58.00) mmHg(1 mmHg \approx 0.133 kPa),血氧分压(partial pressure of oxygen, PO_2)为 19.00(14.00, 24.00) mmHg, BE 为 -3.00(-5.12, -1.20) mmol/L, Lac 为 2.50(1.80, 4.20) mmol/L。见表 1。

表 1 酸血症与非酸血症新生儿脐动脉血气指标水平比较 [$M(Q_L, Q_U)$]

组别	例数 (例)	pH 值	PCO ₂ (mmHg)	PO ₂ (mmHg)	Lac (mmol/L)	BE (mmol/L)	HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)
酸血症	11	7.09 (7.08, 7.17)	64.00 (59.00, 67.50)	23.00 (17.00, 25.00)	6.50 (6.25, 7.45)	-11.40 (-12.55, -8.75)	20.00 (17.85, 21.60)	135.00 (134.00, 137.50)
非酸血症	169	7.29 (7.25, 7.33)	51.00 (45.00, 57.00)	19.00 (14.00, 23.00)	2.40 (1.70, 3.70)	-2.90 (-4.50, -1.10)	24.40 (22.50, 25.90)	135.00 (134.00, 137.00)
总体	180	7.29 (7.23, 7.33)	51.00 (45.00, 58.00)	19.00 (14.00, 24.00)	2.50 (1.80, 4.20)	-3.00 (-5.12, -1.20)	24.30 (22.17, 25.80)	135.00 (134.00, 137.00)
Z 值		5.188	-3.458	-0.882	-5.554	5.250	4.366	-0.250
P 值		<0.001	0.001	0.378	<0.001	<0.001	<0.001	0.802

指标	例数 (例)	K ⁺ (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)	Glu (mmol/L)	Hct (%)	TCO ₂ (mmol/L)	SO _{2c} (%)	THbc (g/L)
酸血症	11	5.00 (4.60, 5.10)	1.33 (1.27, 1.40)	4.70 (4.00, 4.80)	51.00 (50.00, 55.00)	22.10 (19.70, 23.65)	21.00 (12.50, 29.50)	15.80 (15.50, 17.05)
非酸血症	169	4.50 (4.20, 4.80)	1.35 (1.27, 1.43)	3.30 (2.70, 4.20)	47.00 (44.00, 50.00)	26.10 (24.00, 27.69)	22.00 (14.00, 34.00)	14.60 (13.60, 15.50)
总体	180	4.50 (4.20, 4.80)	1.35 (1.27, 1.43)	3.40 (2.77, 4.23)	48.00 (44.00, 51.00)	25.80 (23.87, 27.40)	22.00 (14.00, 33.25)	14.90 (13.60, 15.80)
Z 值		-2.562	0.717	-3.147	-3.052	4.107	0.965	-3.052
P 值		0.010	0.473	0.002	0.002	<0.001	0.335	0.002

注: PCO₂ 为血二氧化碳分压, PO₂ 为血氧分压, Lac 为血乳酸, BE 为剩余碱, HCO₃⁻ 为碳酸氢根离子, Na⁺ 为血钠, K⁺ 为血钾, Ca²⁺ 为钙离子, Glu 为血糖, Hct 为血细胞比容, TCO₂ 为血气中二氧化碳总量, SO_{2c} 为血红蛋白的氧饱和度, THbc 为总血红蛋白浓度; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa

11 例新生儿的脐动脉血气显示有酸血症, 1 例新生儿的 pH 值 < 7.0, 3 例 BE < -12 mmol/L, 11 例 Lac ≥ 6.0 mmol/L。酸血症与非酸血症新生儿的 pH 值、PCO₂、Lac、BE、碳酸氢根离子 (HCO₃⁻)、血钾 (potassium, K⁺)、血糖 (blood glucose, Glu)、血细胞比容 (hematocrit, Hct)、血气中二氧化碳总量 (total CO₂, TCO₂)、总血红蛋白浓度 (total hemoglobin concentration, THbc) 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。见表 1。

2.2 围产期的基线特征比较 以新生儿是否发生酸血症进行分组, 并对相关指标进行比较和分析, 结果显示, 与无酸血症新生儿比较, 酸血症新生儿的母亲在分娩前患有感染性疾病的比例明显更高 (27.3% 比 5.4%, $P = 0.028$), 且经阴道分娩的比例也更高 (81.8% 比 34.3%, $P = 0.005$); 而两组新生儿母亲的年龄、妊娠次数比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。见表 2。

2.3 新生儿酸血症的危险因素分析 将感染性疾病及分娩方式纳入多变量 Logistic 回归模型, 结果显示母亲分娩前患有感染性疾病 [优势比 (odds ratio, OR) 为 6.066, 95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 为 1.090 ~ 29.231, P 值为 0.027] 和经阴道分娩 (OR 值为 8.205, 95%CI 为 1.984 ~ 57.805, P 值为 0.009) 均为新生儿发生酸血症的独立危险因素。见表 3。

3 讨论

本研究中新生儿酸血症的发生率为 6.1%, 反映纳入本研究的新生儿中绝大多数脐动脉血 PO₂、BE 和 Lac 均在 2021 年版专家共识的正常值范围内

(BE: -5.60 ~ 2.70 mmol/L, PO₂ < 37.50 mmHg, Lac < 6.00 mmol/L)^[6]。但应注意有研究显示, 海拔高度可对新生儿血气的 BE、Lac 等产生影响, 海拔高度可能使脐动脉血的 BE 降低, 而 Lac 水平升高; 研究者们对出生于不同海拔的足月健康新生儿和剖宫产新生儿的血气结果分析发现, 海拔 2 400 m 组和海拔 3 500 m 组的新生儿较海拔 2 000 m 组新生儿, 其脐动脉血的 BE 值更低, 而 Lac 更高, 且差异显著^[12]。

既往研究显示, 短暂的轻度酸血症 (主要为 pH 值降低) 与新生儿不良结局有关^[13], 包括胃肠道功能不良和缺血缺氧性脑病^[14-15]。本研究中酸血症新生儿较非酸血症新生儿入住儿科监护病房 (pediatric intensive care unit, PICU) 的比例更高, 也表明酸血症新生儿的病情更重, 预后不良风险更高。另外本研究结果还显示, 酸血症新生儿不仅主要表现为 pH 值降低、PCO₂ 及 Lac 水平升高, 同时还存在更高的 K⁺、Glu、Hct 和 THbc 水平, 与新生儿窒息的特点比较相近^[16]。另外有研究通过采集脐动脉血进行电解质及血糖生化检查, 结果也显示窒息新生儿较非窒息新生儿有更高的血糖及尿素氮水平^[17]。近年还有学者进行了产前胎心率与新生儿脐动脉血气分析的联合监测, 结果显示窒息组新生儿血气分析 pH 值明显低于非窒息组; 新生儿窒息和胎心异常发生率随着 pH 值的降低而升高^[18]。上述结果均提示应注意监测脐动脉血气, 并重视对发生酸血症的新生儿其他检验检查结果的监测和评估。

脐动脉血气检测有利于更早发现高危新生儿。本研究结果表明, 较无酸血症的新生儿, 酸血症新生

表 2 酸血症与非酸血症新生儿及孕母的临床资料比较

因素	酸血症新生儿 (n=11)	非酸血症新生儿 (n=169)	Z 值	P 值	因素	酸血症新生儿 (n=11)	非酸血症新生儿 (n=169)	Z 值	P 值
母亲年龄 〔岁, M(Q _L , Q _U)〕	30(28, 34)	29(27, 32)	-0.917	0.359	胎儿畸形〔例(%)〕				0.817
感染性疾病〔例(%)〕				0.028	是	1(9.1)	5(3.0)		
有	3(27.3)	9(5.4)			否	11(90.9)	164(97.0)		
无	8(72.7)	159(94.6)			足月妊娠〔例(%)〕				0.968
妊娠合并症〔例(%)〕				0.739	是	10(90.9)	143(85.6)		
是	4(36.4)	51(30.4)			否	1(9.1)	24(14.4)		
否	7(63.6)	117(69.6)			分娩方式〔例(%)〕				0.005
妊娠次数 〔次, M(Q _L , Q _U)〕	1(1, 3)	2(1, 3)	0.555	0.579	经阴道分娩	9(81.8)	58(34.3)		
分娩次数 〔M(Q _L , Q _U)〕	1(1, 2)	1(1, 2)	0.057	0.955	剖宫产	2(18.2)	111(65.7)		
瘢痕子宫〔例(%)〕				0.373	产程	440	363	-1.423	0.155
是	0(0.0)	24(14.3)			〔min, M(Q _L , Q _U)〕	(410, 455)	(280, 433)		
否	11(100.0)	144(85.7)			难产〔例(%)〕				0.943
胎盘胎膜异常〔例(%)〕				0.943	是	0(0.0)	1(0.6)		
是	0(0.0)	9(5.3)			否	11(100.0)	168(99.4)		
否	11(100.0)	160(94.7)			出生时 Apgar 评分 〔分, M(Q _L , Q _U)〕	10(10, 10)	10(10, 10)	3.695	<0.001
脐带异常〔例(%)〕				1.000	1 min Apgar 评分 〔分, M(Q _L , Q _U)〕	10(10, 10)	10(10, 10)	3.920	<0.001
异常	0(0.0)	4(2.4)			5 min Apgar 评分 〔分, M(Q _L , Q _U)〕	10(10, 10)	10(10, 10)	0.255	0.799
正常	11(100.0)	165(97.6)			新生儿去向〔例(%)〕				0.146
胎心率〔次/min, M(Q _L , Q _U)〕	135 (133, 140)	139 (133, 144)	1.082	0.279	PICU	3(27.3)	15(8.9)		
新生儿体质量 〔g, M(Q _L , Q _U)〕	3 200 (3 000, 3 450)	3 300 (3 038, 3 500)	0.306	0.759	产科病房	8(72.7)	154(91.1)		

注: PICU 为儿科重症监护病房,产程为经阴道分娩时间或剖宫产手术时间,胎盘胎膜异常指球拍胎盘、胎膜早破、胎盘胎膜黄染,脐带异常包括脐带扭转、缠绕、过长或过短,胎儿畸形包括心脏发育异常如卵圆孔未闭、心室壁增厚等;分类变量采用 Fisher's 精确概率法比较组间差异

表 3 新生儿酸血症危险因素的多变量 Logistic 模型

变量名	β 值	χ ² 值	OR 值	95%CI	P 值
截距	-4.234	32.560	0.014	0.002 ~ 0.048	<0.001
感染性疾病	1.803	4.908	6.066	1.090 ~ 29.231	0.027
分娩方式 (经阴道分娩)	2.105	6.775	8.205	1.984 ~ 55.805	0.009

注: OR 为优势比, 95%CI 为 95% 可信区间

儿在出生时及出生后 1 min 的 Apgar 评分更低,入住 PICU 的比例更高。根据 2021 中国脐带动脉血气分析专家共识指南^[6],新生儿脐动脉血气分析的 pH 值 < 7.00 或 BE < -12.00 mmol/L, Lac ≥ 6.00 mmol/L,作为新生儿围产期缺氧预后不良的最高危值。以此为标准,本研究中的高危新生儿仅占酸血症新生儿的 3/11, 3 例高危新生儿中有 2 例收入 PICU。虽也有研究显示 pH、BE、Lac 水平预测新生儿不良结局有同等效能^[19], pH 值的高低与新生儿的不良事件发生明显相关^[20],但本研究中仅 1 例新生儿脐动脉血的 pH 值 < 7.0,但有 11 例新生儿脐动脉 Lac ≥ 6.0 mmol/L,因此酸血症的定义能将更多高风险新生儿纳入监

测,并便于及时干预。

本研究还表明,酸血症新生儿较非酸血症新生儿经阴道分娩的比例更高,且产程(分娩时间或剖宫产时间)相对更长。既往研究指出,第二产程 > 3 h 的新生儿有更低的血液 pH 值和更高的 Lac 水平,与本研究结果类似^[1, 21]。经阴道分娩为新生儿酸血症发生的独立危险因素,也可能是由于经阴道分娩的新生儿有更长的产程,而产程越长, pH 值则越低^[22]。也有研究指出,经阴道分娩过程中采用产钳辅助分娩的新生儿为不良事件发生高风险人群^[22],但本研究中酸血症和非酸血症新生儿比较使用产钳辅助的比例差异无统计学意义(1/11 比 3/169),其原因可能是本研究中极少新生儿使用产钳。既往研究发现初产新生儿脐动脉血 pH 值、实际碳酸氢盐、标准碳酸氢盐、BE 均低于经产新生儿,但本研究并未发现妊娠次数和分娩次数对新生儿酸血症有显著影响^[23]。本研究还显示母亲分娩前存在感染也是新生儿酸血症的独立危险因素,因此应高度关注该类

人群,并常规采集脐动脉血进行血气分析。此外,也提示孕妇在孕期应注意防止感染,以降低对新生儿的不良影响。

本研究也存在以下方面的不足,一方面发生酸血症的新生儿样本量比较小,仅 11 例。另一方面,部分研究提示宫缩过度活跃及缩宫素使用与新生儿的酸血症发生相关^[24],但本研究并未收集与分析分娩过程中的宫缩情况及缩宫素的使用等。

综上所述,新生儿酸血症发生率为 6.1%,其中主要表现为高乳酸血症。酸血症新生儿较非酸血症新生儿表现出更低的 pH 值、更高的 PCO₂ 和血乳酸水平。母亲分娩前有感染性疾病和经阴道分娩为新生儿发生酸血症的独立危险因素。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG Committee Opinion No. 348, November 2006: Umbilical cord blood gas and acid-base analysis [J]. *Obstet Gynecol*, 2006, 108 (5): 1319-1322. DOI: 10.1097/00006250-200611000-00058.
- ARMSTRONG L, STENSON B J. Use of umbilical cord blood gas analysis in the assessment of the newborn [J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2007, 92 (6): F430-434. DOI: 10.1136/adc.2006.099846.
- SABOL B A, CAUGHEY A B. Acidemia in neonates with a 5-minute Apgar score of 7 or greater - What are the outcomes? [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2016, 215 (4): 486.e1-6. DOI: 10.1016/j.ajog.2016.05.035.
- TUULI M G, STOUT M J, SHANKS A, et al. Umbilical cord arterial lactate compared with pH for predicting neonatal morbidity at term [J]. *Obstet Gynecol*, 2014, 124 (4): 756-761. DOI: 10.1097/AOG.0000000000000466.
- YEH P, EMARY K, IMPEY L. The relationship between umbilical cord arterial pH and serious adverse neonatal outcome: analysis of 51 519 consecutive validated samples [J]. *BJOG*, 2012, 119 (7): 824-831. DOI: 10.1111/j.1471-0528.2012.03335.x.
- 中华医学会围产医学分会新生儿复苏学组. 新生儿脐动脉血气分析临床应用专家共识(2021)[J]. *中华围产医学杂志*, 2021, 24 (6): 401-405. DOI: 10.3760/cma.j.cn113903-20210413-00346.
- NEACSU A, HERGHELEGIU C G, VOINEA S, et al. Umbilical cord lactate compared with pH as predictors of intrapartum asphyxia [J]. *Exp Ther Med*, 2021, 21 (1): 80. DOI: 10.3892/etm.2020.9513.
- WIBERG N, KALLEN K, HERBST A, et al. Relation between umbilical cord blood pH, base deficit, lactate, 5-minute Apgar score and development of hypoxic ischemic encephalopathy [J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2010, 89 (10): 1263-1269. DOI: 10.3109/00016349.2010.513426.
- ALLANSON E R, WAQAR T, WHITE C, et al. Umbilical lactate as a measure of acidosis and predictor of neonatal risk: a systematic review [J]. *BJOG*, 2017, 124 (4): 584-594. DOI: 10.1111/1471-0528.14306.
- GJERRIS A C, STAER-JENSEN J, JORGENSEN J S, et al. Umbilical cord blood lactate: a valuable tool in the assessment of fetal metabolic acidosis [J]. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 2008, 139 (1): 16-20. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2007.10.004.
- OLOFSSON P. Umbilical cord pH, blood gases, and lactate at birth: normal values, interpretation, and clinical utility [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2023, 228 (5S): S1222-S1240. DOI: 10.1016/j.ajog.2022.07.001.
- 中国高原新生儿联盟, 泽碧, 高瑾, 等. 云南高原地区健康足月新生儿脉搏血氧饱和度和脐动脉血气值的横断面调查[J]. *中国循证儿科杂志*, 2022, 17 (6): 432-437. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2022.06.005.
- BLIGARD K H, CAMEO T, McCALLUM K N, et al. The association of fetal acidemia with adverse neonatal outcomes at time of scheduled cesarean delivery [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2022, 227 (2): 265.e1-265.e8. DOI: 10.1016/j.ajog.2022.04.037.
- INDRIO F, MARCHESE F, RINALDI M, et al. Is acidemia at birth a risk factor for functional gastrointestinal disorders? [J]. *Eur J Pediatr*, 2022, 181 (10): 3625-3633. DOI: 10.1007/s00431-022-04565-x.
- 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. DOI: 10.1016/j.ajog.2023.03.031.
- 张卫红. 78 例新生儿窒息脐带动脉血气检测和分析 [J]. *广西医学*, 2008, 30 (1): 55. DOI: 10.3969/j.issn.0253-4304.2008.01.030.
- 杨庆妹, 王士红. 新生儿窒息脐血生化指标监测与临床意义 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2002, 9 (5): 285-287. DOI: 10.3321/j.issn:1008-9691.2002.05.014.
- 杨盼盼. 应用胎心监护联合脐动脉血气分析评估围生期窒息的临床价值 [J]. *中国社区医师*, 2021, 37 (26): 65-66. DOI: 10.3969/j.issn.1007-614x.2021.26.031
- KHAN S N, AHMED G S, ABUTALEB A M, et al. Is the determination of umbilical cord arterial blood gases necessary in all deliveries? Analysis in a high-risk population [J]. *J Perinatol*, 1995, 15 (1): 39-42. DOI: 10.1007/BF00286767.
- KNUTZEN L, SVIRKO E, IMPEY L. The significance of base deficit in acidemic term neonates [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2015, 213 (3): 373.e1-7. DOI: 10.1016/j.ajog.2015.03.051.
- 冯春艳. 分娩镇痛下新产程标准中第二产程时间对新生儿脐动脉血气的影响 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2021.
- LOH S F, WOODWORTH A, YEO G S. Umbilical cord blood gas analysis at delivery [J]. *Singapore Med J*, 1998, 39 (4): 151-155.
- 林梦文, 王慧, 孙谊然, 等. 初产产和是否患妊娠期糖尿病产妇的新生儿出生体质量、血糖、脐动脉血气对比观察分析 [J]. *山东医药*, 2022, 62 (33): 18-22. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.33.005.
- JONSSON M, NORDEN-LINDEBERG S, OSTLUND I, et al. Acidemia at birth, related to obstetric characteristics and to oxytocin use, during the last two hours of labor [J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2008, 87 (7): 745-750. DOI: 10.1080/00016340802220352.

(收稿日期: 2023-07-14)

(本文编辑: 邵文)