

经阴道分娩新生儿脐动脉血气影响因素的研究进展

马维潇, 任永变

延安大学医学院, 陕西 延安

收稿日期: 2026年3月2日; 录用日期: 2026年3月25日; 发布日期: 2026年4月2日

摘要

经阴道分娩中新生儿脐动脉血气分析作为评估胎儿产时缺氧及代谢状态的重要手段, 已成为围产期监测的关键指标。近年来, 随着临床和基础研究的不断深入, 关于影响新生儿脐动脉血气参数的多种因素逐渐被揭示。母体因素如年龄、基础疾病及产前状况, 分娩过程中的宫缩强度、时间及分娩方式, 及胎儿自身的适应能力和生理状态, 均对脐动脉血气值产生显著影响。然而, 现有研究在影响机制和干预策略上仍存在一定争议和不足。本文系统综述了近年来相关领域的研究进展, 重点分析了各类因素对脐动脉血气的具体作用及其临床意义, 旨在为临床监测和围产期管理提供科学依据, 推动新生儿产时缺氧风险的早期识别和有效干预, 提高围产期新生儿的预后质量。

关键词

经阴道分娩, 新生儿, 脐动脉血气, 影响因素, 缺氧, 代谢状态

Research Progress on Influencing Factors of Umbilical Artery Blood Gas in Neonates Delivered Vaginally

Weixiao Ma, Yongbian Ren

School of Medicine, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: March 2, 2026; accepted: March 25, 2026; published: April 2, 2026

Abstract

Umbilical cord arterial blood gas analysis during vaginal delivery, serving as a critical means of assessing fetal intrapartum hypoxia and metabolic status, has become a key indicator in perinatal

monitoring. In recent years, with the deepening of clinical and basic research, various factors influencing neonatal umbilical cord arterial blood gas parameters have gradually been revealed. Maternal factors such as age, underlying diseases, and prenatal conditions, as well as labor-related factors like uterine contraction intensity, duration, and mode of delivery, along with the adaptive capacity and physiological status of the fetus itself, all significantly affect umbilical cord arterial blood gas values. However, existing studies still present certain controversies and gaps regarding the underlying mechanisms and intervention strategies. This article systematically reviews recent advances in related fields, focusing on analyzing the specific effects and clinical significance of various factors on umbilical cord arterial blood gas, aiming to provide a scientific basis for clinical monitoring and perinatal management, promote early identification and effective intervention of neonatal intra-partum hypoxia risks, and improve the prognosis of perinatal newborns.

Keywords

Vaginal Delivery, Neonate, Umbilical Artery Blood Gas, Influencing Factors, Hypoxia, Metabolic State

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. 前言

新生儿脐动脉血气分析是评估胎儿在分娩过程中的氧合和代谢状态的重要手段,能够反映胎儿的应激反应及缺氧程度,对于判断新生儿围产期健康状况具有重要临床价值[1]。随着经阴道分娩作为常见分娩方式的广泛应用,如何准确理解和把握分娩过程中影响新生儿脐动脉血气参数的因素,成为临床和科研领域的热点问题。近年来,随着监测技术的提升和研究方法的创新,相关影响因素的研究不断深入,涵盖了母体状况、胎儿特征以及分娩过程的多方面因素,促进了对新生儿脐动脉血气变化机制的系统认识。

分娩方式是影响新生儿脐动脉血气的重要因素之一。研究表明,经阴道分娩的新生儿血气 pH 值普遍低于剖宫产新生儿,表现出一定程度的代谢性酸中毒,但总体血气参数仍处于正常范围内,说明经阴道分娩中胎儿存在短暂的缺氧应激,但不会引起严重的临床后果[2]。其核心病理生理机制为:经阴道分娩时子宫收缩的机械压迫的影响,胎盘绒毛间隙血流暂时减少,胎儿血氧供应不足,线粒体氧化磷酸化受阻,细胞启动无氧糖酵解替代供能。葡萄糖在胞质中经糖酵解生成丙酮酸,正常有氧条件下丙酮酸进入线粒体转化为乙酰辅酶 A 参与三羧酸循环;缺氧时丙酮酸无法进入线粒体,转而在乳酸脱氢酶催化下还原生成乳酸,同时消耗 NADH 生成 NAD⁺以维持糖酵解持续进行。乳酸持续堆积导致胎儿体内酸碱平衡打破, H⁺浓度升高,最终表现为脐动脉血气 pH 值下降及碱剩余负值增大。此外,分娩过程中应用的镇痛方式也会对血气分析结果产生影响,如硬膜外麻醉的使用与较低的 pH 值和更负的碱剩余相关,提示麻醉方式是调节新生儿血气状态的一个潜在变量[2]。

分娩过程中的具体阶段时长对脐动脉血气指标也有显著影响。新劳动管理模式下,第二产程时间明显延长,但研究发现在延长至三小时及以上时,脐动脉血气 pH、碱剩余及乳酸水平并未出现恶化,且新生儿转入 NICU 的比例无显著增加,提示在合理管理下,第二产程延长对新生儿血气及预后影响有限[3]。这一现象的病理生理基础在于胎儿自身的代偿机制:短期缺氧时,胎儿可通过增加心率、收缩外周血管优先保障心脑血管等重要器官供血,同时肾脏和肺脏(虽未完全成熟)参与酸碱调节,通过排出 H⁺、保留 HCO₃⁻

缓冲乳酸堆积带来的酸性负荷。只有当缺氧持续超出胎儿代偿能力时,才会出现乳酸大量蓄积、pH 值显著下降的严重酸中毒表现,这为临床上延长第二产程的管理提供了科学依据,减轻了过早干预的担忧。

胎儿因素也不可忽视。例如双胎妊娠中,第二胎脐动脉 pH 值通常低于第一胎,且胎儿间的分娩间隔时间较长时,第二胎出现酸中毒的风险增加,提示胎儿出生顺序及胎间时间是影响脐动脉血气的重要因素[4]。其病理生理机制与双胎共享胎盘资源导致的血流动力学变化相关:第一胎分娩时子宫收缩与产道挤压会暂时干扰胎盘血液循环,若胎间间隔过长,第二胎在宫内持续处于相对缺氧状态,无氧代谢增强,乳酸堆积速率超过代偿清除速率,最终导致血气指标恶化。胎儿生理状态及其在宫内的氧合变化也被证实会影响血气指标。研究显示,胎儿在妊娠晚期,尤其是 37 至 41 周间,胎儿氧合水平逐步升高,伴随代谢方式从无氧向有氧转变,这一生理过程对脐动脉血气的动态变化具有深远影响[5],其核心机制为胎儿肺成熟度提升与胎盘功能优化,使得血氧饱和度升高,线粒体有氧代谢占比增加,乳酸生成减少,脐动脉 pH 值维持在更稳定的正常范围。

母体因素亦对新生儿脐动脉血气有影响。母体的年龄、体质指数、妊娠合并症、高危妊娠因素及分娩用药均可能调节胎儿血气状态。例如,使用合成催产素和硬膜外麻醉与母体动脉血气参数的变化相关,且母体动脉血气与脐静脉血气相关性显著,间接反映了母体状况对胎儿血气的影响[6]。此外,麻醉方式不仅影响血气参数,还可能通过表观遗传机制调节新生儿的炎症反应及基因表达,提示麻醉管理在分娩中的重要性[7]。

产时紧急状况如胎儿窒息、脐带扭转等也会对脐动脉血气产生显著影响。胎儿心率监测及综合评分系统(如 iPREFACE 评分)已被用于预测胎儿酸中毒和新生儿窒息,帮助临床决策,提示及时干预对改善新生儿预后至关重要[8][9]。脐带异常如脐带扭转可导致严重酸中毒,需结合超声及血气分析作出快速诊断与处理[10]。此外,罕见疾病如胎儿-母体大出血亦可通过脐动脉血气快速诊断,指导新生儿救治[11]。

最后,技术操作及采样质量对脐动脉血气结果的准确性影响显著。系统的采样培训能有效降低采样不合格率,保证血气结果的生物学有效性,从而提升临床诊断和治疗的可靠性[12]。及时且规范的血气采样是确保评估胎儿产时状态的基础。

综上所述,近年来关于影响经阴道分娩中新生儿脐动脉血气的因素研究不断丰富,涵盖分娩方式、分娩过程时长、胎儿生理状态、母体因素、产时紧急状况及采样技术等多个层面。对这些影响因素的系统分析不仅深化了对新生儿血气变化机制的理解,也为临床上优化分娩管理、提升新生儿预后提供了理论依据和实践指导[1]-[5][7][8][10][12]。未来,结合多学科技术手段,进一步开展高质量前瞻性研究,将有助于完善新生儿脐动脉血气分析在围产期管理中的应用价值。

2. 主体

2.1. 母体因素对新生儿脐动脉血气的影响

2.1.1. 母体年龄与健康状况

母体年龄是影响新生儿脐动脉血气的重要因素之一。随着高龄孕妇比例的增加,相关研究显示高龄孕妇相较于年轻孕妇,脐动脉血气异常的风险明显升高。其主要机制可能与胎盘功能减退和血流动力学变化有关。高龄孕妇在妊娠期间,胎盘血流灌注能力下降,导致胎儿供氧不足,进而引起脐动脉血气中 pH 值降低及酸碱平衡紊乱[13]。此外,母体慢性疾病如妊娠期高血压、糖尿病等,亦可通过影响胎盘灌注和胎儿氧合状态,导致脐动脉血气异常。例如,妊娠期高血压与脐动脉 pH 值降低及代谢性酸中毒发生率升高相关,提示血流动力学障碍影响胎儿代谢状态[14]。因此,母体年龄及健康状况的评估对于预测和预防新生儿脐动脉血气异常具有重要意义。

2.1.2. 母体营养与代谢状态

母体的营养和代谢状态直接影响胎盘功能及胎儿氧合状态, 从而影响脐动脉血气参数。营养不良或过度营养均可能导致胎盘结构和功能异常, 影响氧气和营养物质的转运, 表现为脐动脉血气中氧分压(PO_2)降低及二氧化碳分压(PCO_2)异常。妊娠期糖尿病患者的新生儿脐动脉血气异常率显著升高, 提示代谢紊乱对胎儿的影响尤为显著[15]。此外, 母体肥胖、血糖控制不良等因素可加剧胎盘功能障碍, 增加胎儿缺氧风险, 导致脐动脉血气中酸中毒及代谢异常。合理的营养干预及代谢管理有助于改善胎盘功能, 优化胎儿氧合, 降低脐动脉血气异常的发生率。

2.1.3. 母体应激与用药情况

分娩期母体的应激反应会引起血流动力学的显著变化, 影响胎盘血流量和胎儿氧合状态, 进而影响脐动脉血气参数。研究显示, 母亲在分娩期间的情绪紧张和焦虑可导致胎儿缺氧, 表现为脐动脉血气中氧分压降低和酸碱平衡失调[16]。非药物干预能有效降低母体应激, 改善胎儿氧合, 提升脐动脉血气的氧分压水平。此外, 母体使用的麻醉药物及其他药物也对脐动脉血气有潜在影响。虽然部分研究指出围产期给予氧气治疗未必能改善脐动脉血气指标, 但药物对胎盘血流和胎儿代谢的影响需综合评估, 以避免负面效应[17]。因此, 合理管理母体应激及用药, 对于保障胎儿良好氧合和稳定脐动脉血气具有重要意义。

2.2. 分娩过程因素及其对脐动脉血气的影响

2.2.1. 分娩时间与宫缩模式

分娩时间的长短及宫缩模式的异常均可能对胎儿的氧合状态产生显著影响, 进而表现为脐动脉血气指标的变化。研究指出, 无论分娩时间过长还是过短, 都可能导致胎儿出现缺氧状态, 血气表现为 pH 值降低及乳酸水平升高, 反映胎儿发生代谢性酸中毒的风险增加。具体来说, 分娩时间过长可能导致胎儿持续处于应激状态, 宫缩频繁且强度异常加剧了胎盘血流的限制, 减少了胎儿氧气的供应, 加重了缺氧程度。另一方面, 过短的分娩时间则可能因胎儿快速通过产道而未能有效完成氧气交换, 导致急性缺氧。宫缩频率和强度的异常, 如宫缩过强或过频, 均会引起胎盘血流灌注减少, 从而限制胎儿的氧合, 增加缺氧风险。相关临床研究也显示, 通过有效的沟通及分娩预演等方法, 可减轻产妇焦虑, 缩短分娩时间, 促进顺产, 降低新生儿缺氧发生率, 间接提示良好的分娩时间管理和宫缩模式调控对优化脐动脉血气状态的积极作用[18]-[20]。

2.2.2. 胎位及分娩方式

胎位异常, 诸如臀位及横位, 显著增加了分娩难度, 延长了胎儿在产道中的受压时间, 导致胎儿缺氧时间延长, 从而影响脐动脉血气的表现。异常胎位常伴发宫缩不规律和分娩过程延长, 使胎儿更易发生代谢性酸中毒。助产操作如产钳及吸引器的使用, 虽能辅助顺利分娩, 但亦可能加重胎儿缺氧或机械性损伤的风险, 导致脐动脉血气异常。研究亦指出, 产钳使用较多的情况下, 脐动脉血气酸中毒的风险有所增加, 且可能增加新生儿不良结局的概率。因此, 合理判断胎位及选择适宜的分娩方式对保障胎儿血气状态具有重要意义[9] [21] [22]。

2.2.3. 脐带异常

脐带异常包括脐带绕颈、脐带压迫、脐带长度异常等, 是导致胎儿缺氧的常见原因。脐带绕颈及脐带压迫可直接导致胎盘血流受阻, 血氧供应不足, 表现为脐动脉血气中低氧血症及代谢性酸中毒。研究表明, 脐带绕颈的存在与脐动脉 pCO_2 升高及 pH 降低呈显著相关, 且与新生儿窒息的风险增加相关联。此外, 脐带长度异常亦可能影响血流动力学, 过短脐带限制胎儿运动, 增加压迫风险; 过长脐带则容易出现缠绕及打结, 增加缺氧发生率。脐带异常的早期诊断及妥善管理, 结合脐动脉血气分析, 对减少胎

儿缺氧相关不良事件具有重要价值[11][23][24]。

2.3. 胎儿自身因素及其对脐动脉血气的影响

2.3.1. 胎儿体重与生长发育状况

胎儿的体重及其生长发育状况是影响脐动脉血气的重要胎儿自身因素。宫内生长受限(Intrauterine Growth Restriction, IUGR)通常表现为胎儿发育异常缓慢, 伴随胎盘功能不全, 导致胎儿氧合不足和代谢紊乱, 进而引发脐动脉血气异常。研究显示, IUGR 胎儿因胎盘供氧不足, 常出现胎儿缺氧, 表现为脐动脉 pH 降低及碱缺乏增加等血气异常指标[25]。此外, IUGR 还可能导致胎儿脑部发育受损, 如小脑发育异常, 进一步增加新生儿神经系统异常的风险[26]。对于巨大儿(Macrosomia), 其代谢需求显著增加, 可能因耗氧量上升而出现脐动脉血气异常。巨大儿往往伴随母体糖尿病, 研究指出, 糖尿病孕妇所生胎儿出生体重及胎盘重量比例下降, 提示胎盘效率降低, 脐带血氧合指数也表现出一定的异常[27]。此外, 巨大儿的胎儿血液中炎症相关生物标志物水平亦可能升高, 影响胎儿的酸碱平衡和氧合状态[28]。因此, 胎儿体重异常, 尤其是 IUGR 和巨大儿, 均与脐动脉血气异常密切相关, 提示临床需要针对不同体重胎儿给予个体化管理, 以优化其产时氧合状态和后续预后。

2.3.2. 胎儿性别差异

胎儿性别是影响脐动脉血气和胎儿应激反应的重要因素。研究基于大规模医院数据库分析了胎儿性别对出生体重、胎盘重量及脐带血氧含量的影响, 发现女性胎儿的出生体重及胎盘重量均较男性胎儿低, 提示胎盘效率较低[29]。在脐带血气方面, 女性胎儿的脐静脉氧合较高, 可能由于母体子宫血流增加; 然而脐动脉氧含量较低, 表明女性胎儿系统性氧合较差, 且其氧气提取率较高, 可能反映其代谢需求增加[29]。男性胎儿在分娩应激中的耐受性较女性差, 更易出现脐动脉血气异常和缺氧状态。此外, 男性胎儿更易发生胎儿窘迫, 导致产时脐动脉 pH 下降和酸中毒的风险升高[30]。因此, 胎儿性别差异在脐动脉血气的变化中体现明显, 男性胎儿产时更易出现氧合不足和代谢异常, 提示临床在监测和干预时应考虑性别差异带来的风险。

2.3.3. 胎儿先天性疾病及遗传因素

某些胎儿先天性疾病, 尤其是先天性心肺疾病, 显著影响胎儿氧合状态, 导致脐动脉血气异常。例如, 患有复杂先天性心脏病的胎儿因血液循环异常, 常表现为脐动脉低氧血症和代谢性酸中毒[31]。胎儿心血管功能异常不仅影响氧气运载, 还可能引发脑部供血不足, 增加脑损伤风险。遗传代谢异常同样对胎儿酸碱平衡产生潜在影响, 如遗传性代谢病导致的乳酸酸中毒等, 均可反映在脐动脉血气变化中[32]。此外, 胎儿感染和炎症状态, 如母体感染导致的绒毛膜羊膜炎, 也会影响胎儿血气指标, 表现为脐动脉 pH 降低和酸中毒加重[33]。越来越多的研究表明, 胎儿炎症反应综合征与脐动脉血气异常密切相关, 提示需要重视遗传及先天性疾病对胎儿血气状态的影响, 结合产前诊断和产时监测, 优化管理策略, 降低不良结局发生率。

3. 结论

经阴道分娩中新生儿脐动脉血气的变化是一个复杂且多因素交织的过程, 既涉及母体的健康状况, 也与分娩过程中的生理变化以及胎儿自身的生物学特性密切相关。其核心病理生理主线均围绕“缺氧 - 无氧代谢激活 - 乳酸堆积 - 酸碱平衡紊乱”展开, 不同影响因素通过直接或间接途径干扰胎盘灌注或胎儿氧合利用, 最终反映在脐动脉血气参数的改变上。通过对现有文献的系统分析, 我们可以更加全面地理解这些影响因素的相互作用及其临床意义, 为未来的研究方向和临床实践提供指导。

首先, 母体慢性疾病如高血压、糖尿病等对脐动脉血气参数的影响已被多项研究证实。这些疾病通过影响胎盘功能和母体血流动力学, 间接导致胎儿供氧不足, 进而反映在脐动脉血气指标的异常上。然而, 不同研究在具体影响程度和机制上存在一定差异, 这可能与研究设计、样本量及疾病控制情况相关。因此, 未来研究需进一步细化疾病分型和控制状态, 结合分子生物学手段, 探讨其对胎盘微环境及胎儿代谢的具体影响路径。

其次, 分娩过程中的宫缩异常及脐带异常同样是影响脐动脉血气的重要因素。宫缩过强或过频可能导致胎儿暂时性缺氧, 而脐带绕颈、扭转等结构异常则可能直接限制血流, 导致缺氧加重。当前临床对这些风险因素的识别和干预已有一定经验, 但如何精准预测和实时监测仍是难点。未来结合现代影像学技术和生理监测手段, 开发动态评估模型, 将有助于提高临床干预的时效性和精准度。

此外, 胎儿自身的生理条件, 尤其是生长发育状况及性别差异, 对脐动脉血气也表现出显著影响。胎儿生长受限往往伴随血气参数异常, 提示其适应性和代偿机制的不足。性别差异的研究则揭示了胎儿在面对缺氧应激时可能存在的生理差异, 这为个体化围产期管理提供了新的视角。综合不同研究的观点, 我们认为应加强对胎儿性别及生长状态的系统评估, 结合血气分析, 制定更具针对性的监护和干预策略。

综上所述, 经阴道分娩中新生儿脐动脉血气的变化是多因素共同作用的结果, 单一因素难以全面解释其复杂性。未来研究应充分利用分子生物学技术与临床大数据, 深入解析母体疾病、分娩动态与胎儿生理状态之间的交互机制, 推动机制研究与临床应用的融合。同时, 围产期管理策略应向个体化、动态化方向发展, 既关注高危母体疾病的精准控制, 也重视分娩过程的实时监测和胎儿特异性差异的评估。通过多学科协作和技术创新, 能够有效降低新生儿缺氧相关并发症的发生率, 提升围产期安全性和新生儿预后质量。

参考文献

- [1] De Bernardo, G., De Santis, R., Giordano, M., Sordino, D., Buonocore, G. and Perrone, S. (2020) Predict Respiratory Distress Syndrome by Umbilical Cord Blood Gas Analysis in Newborns with Reassuring Apgar Score. *Italian Journal of Pediatrics*, **46**, Article No. 20. <https://doi.org/10.1186/s13052-020-0786-8>
- [2] Eshraghi, N., Karandish, H., Mazouri, A., Abdi, A., Kashaki, M. and Bordbar, A. (2024) Comparative Analysis of Neonatal Umbilical Cord Blood Gases across Various Delivery Modes at a Referral Center. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, **310**, 705-709. <https://doi.org/10.1007/s00404-024-07594-z>
- [3] Li, C., He, T., Zhou, J., Tan, Z., Zhang, P. and Yin, Y. (2022) Does a Longer Second Stage of Labor Worsen Umbilical Artery Blood Gas Parameters in Newborns?—A Retrospective Cohort Study of 2,140 Cases. *Annals of Translational Medicine*, **10**, Article No. 1208. <https://doi.org/10.21037/atm-22-4604>
- [4] Blitz, M.J., Rochelson, B., Benja-Athonsirikul, N., Shan, W., Greenberg, M. and Bracero, L.A. (2020) Effect of Chorionicity on Umbilical Cord Blood Acid-Base Analysis of the Second Twin. *Twin Research and Human Genetics*, **23**, 178-183. <https://doi.org/10.1017/thg.2020.10>
- [5] Filippi, L., Scaramuzzo, R.T., Pascarella, F., Pini, A., Morganti, R., Cammalleri, M., et al. (2023) Fetal Oxygenation in the Last Weeks of Pregnancy Evaluated through the Umbilical Cord Blood Gas Analysis. *Frontiers in Pediatrics*, **11**, Article ID: 1140021. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1140021>
- [6] Zaigham, M., Helfer, S., Kristensen, K.H., Isberg, P. and Wiberg, N. (2020) Maternal Arterial Blood Gas Values during Delivery: Effect of Mode of Delivery, Maternal Characteristics, Obstetric Interventions and Correlation to Fetal Umbilical Cord Blood. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, **99**, 1674-1681. <https://doi.org/10.1111/aogs.13936>
- [7] Oğuz, S.Ş., Kutman, G.H.K. and Oğuz, K. (2021) The Anesthetic Modality but Not the Mode of Delivery Seem to Modulate the Methylation Status of Cyclooxygenase-2 Promoter of the Newborns. *American Journal of Perinatology*, **40**, 1292-1299. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735898>
- [8] Ito, A., Hayata, E., Kotaki, H., Shimabukuro, M., Takano, M., Nagasaki, S., et al. (2024) The iPREFACE Score Is Useful for Predicting Fetal Acidemia: A Retrospective Cohort Study of 113 Patients Who Underwent Emergency Cesarean Section for Non-Reassuring Fetal Status during Labor. *AJOG Global Reports*, **4**, Article ID: 100343. <https://doi.org/10.1016/j.xagr.2024.100343>

- [9] Wong, L., Tse, W.T., Lai, C.Y., Hui, A.S.Y., Chaemsaitong, P., Sahota, D.S., *et al.* (2020) Bradycardia-to-Delivery Interval and Fetal Outcomes in Umbilical Cord Prolapse. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, **100**, 170-177. <https://doi.org/10.1111/aogs.13985>
- [10] Hashiramoto, S., Arakaki, T., Takita, H., Kaneko, M., Matsuoka, R. and Sekizawa, A. (2024) Prenatal Diagnosis of the Umbilical Cord Torsion at the Placental Cord Insertion Site: A Case Report and Literature Review. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, **50**, 1728-1731. <https://doi.org/10.1111/jog.16013>
- [11] Meng, S., Jia, Q., Tang, H., Chen, J. and Chang, Q. (2024) The Value of Umbilical Artery Blood Gas Analysis in the Rapid Diagnosis of Fetomaternal Hemorrhage. *Medicine (Baltimore)*, **103**, e38249. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000038249>
- [12] Kugelman, N., Bart, Y., Sghier, A., Kedar, R., Bardicef, M., Lavie, O., *et al.* (2021) Guided Training Has a Beneficial Effect on Umbilical Cord Blood Sampling Quality. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, **266**, 31-35. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.09.010>
- [13] Ni, J., Zhang, H., Xu, C., Qian, X., Yu, H., Tian, Z., *et al.* (2025) Effect of Goal-Directed Fluid Therapy on Hypotension from Spinal Anesthesia in Older Parturients Having Cesarean Section: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology Research and Practice*, **2025**, Article ID: 2753707. <https://doi.org/10.1155/anrp/2753707>
- [14] Bao, J., Liu, J., Qu, Y. and Mu, D.L. (2019) Predictive Value of Umbilical Arterial Cord pH on Complications during Hospitalization in Neonates after Cesarean Section. *Journal of Peking University. Health Sciences*, **51**, 159-164.
- [15] Tu, Z.L., Bai, R., Zhang, L.Y., *et al.* (2025) Effects of Continuous Positive Airway Pressure on Maternal and Neonatal Outcomes in Pregnant Women with Obstructive Sleep Apnea Syndrome. *Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery*, **60**, 171-176.
- [16] Masoudi, Z., Kasraeian, M. and Akbarzadeh, M. (2022) Assessment of Educational Intervention and Acupressure during Labor on the Mother's Anxiety Level and Arterial Oxygen Pressure of the Umbilical Cord of Infants (PO₂). A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Education and Health Promotion*, **11**, Article No. 86. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_685_20
- [17] Goda, M., Arakaki, T., Takita, H., Tokunaka, M., Hamada, S., Matsuoka, R., *et al.* (2023) Does Maternal Oxygen Administration during Non-Reassuring Fetal Status Affect the Umbilical Artery Gas Measures and Neonatal Outcomes? *Archives of Gynecology and Obstetrics*, **309**, 993-1000. <https://doi.org/10.1007/s00404-023-06952-7>
- [18] Liu, L.M., He, H.Y. and Lu, J.X. (2025) Effects of ADIET Communication and Delivery Rehearsal on Anxiety, Labor Process, and Outcomes in Vaginal Trial Delivery. *World Journal of Psychiatry*, **15**, Article No. 99509. <https://doi.org/10.5498/wjp.v15.i3.99509>
- [19] Yuan, C., Huang, C., Chen, J., Zou, P., Wang, L. and Shen, F. (2025) Retrospective Analysis of the Application Effect of Music Therapy Combined with Psychotherapy on the Labor Process and Delivery Outcome of Primiparas. *Noise and Health*, **27**, 413-421. https://doi.org/10.4103/nah.nah_38_25
- [20] Stjernholm, Y.V., Charvalho, P.d.S., Bergdahl, O., Vlastic, T. and Petersson, M. (2021) Continuous Support Promotes Obstetric Labor Progress and Vaginal Delivery in Primiparous Women—A Randomized Controlled Study. *Frontiers in Psychology*, **12**, Article ID: 582823. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.582823>
- [21] Bommarito, P.A., Stevens, D.R., Welch, B.M., Meeker, J.D., Cantonwine, D.E., McElrath, T.F., *et al.* (2024) Prenatal Exposure to Environmental Phenols and Fetal Growth across Pregnancy in the LIFECODES Fetal Growth Study. *Environment International*, **190**, Article ID: 108866. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108866>
- [22] Chevalier, G., Garabedian, C., De Stephano, V., Wojtanowski, A., Ould Hamoud, Y., Galan, L., *et al.* (2024) How Does Fetal Inflammatory Response Syndrome Change Fetal Response to Hypoxia? An Experimental Study in a Fetal Sheep Model. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, **103**, 2281-2288. <https://doi.org/10.1111/aogs.14948>
- [23] Zahedi-Spung, L.D., Raghuraman, N., Carter, E.B., Cahill, A.G. and Rosenbloom, J.I. (2022) Umbilical Artery Cord Gas Abnormalities in the Presence of a Nuchal Cord in Term Singleton Pregnancies: A Cohort Study. *American Journal of Perinatology*, **41**, 853-858. <https://doi.org/10.1055/a-1787-7408>
- [24] Pinette, M.G. and Tropepe, M. (2024) Umbilical Cord Abnormalities. *Clinical Obstetrics & Gynecology*, **68**, 111-118. <https://doi.org/10.1097/grf.0000000000000915>
- [25] Ohtani, T., Ichinose, M., Ariyoshi, Y., Irie, M., Toshimitsu, M., Sayama, S., *et al.* (2025) Doppler Abnormality Predisposes Preterm Infants with Fetal Growth Restriction to Postnatal Intestinal Disorder. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, **51**, e70075. <https://doi.org/10.1111/jog.70075>
- [26] Yawno, T., Sutherland, A.E., Pham, Y., Castillo-Melendez, M., Jenkin, G. and Miller, S.L. (2019) Fetal Growth Restriction Alters Cerebellar Development in Fetal and Neonatal Sheep. *Frontiers in Physiology*, **10**, Article No. 560. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00560>
- [27] Choo, S., de Vrijer, B., Regnault, T.R.H., Brown, H.K., Stitt, L. and Richardson, B.S. (2023) The Impact of Maternal Diabetes on Birth to Placental Weight Ratio and Umbilical Cord Oxygen Values with Implications for Fetal-Placental

- Development. *Placenta*, **136**, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2023.02.008>
- [28] Antoniou, M., Quansah, D.Y., Gilbert, L., Arhab, A., Schenk, S., Lacroix, A., *et al.* (2024) Association between Maternal and Fetal Inflammatory Biomarkers and Offspring Weight and BMI during the First Year of Life in Pregnancies with GDM: MySweetheart Study. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article ID: 1333755. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1333755>
- [29] Richardson, B.S., Rajagopaul, A., de Vrijer, B., Eastabrook, G. and Regnault, T.R.H. (2022) Fetal Sex Impacts Birth to Placental Weight Ratio and Umbilical Cord Oxygen Values with Implications for Regulatory Mechanisms. *Biology of Sex Differences*, **13**, Article No. 35. <https://doi.org/10.1186/s13293-022-00445-z>
- [30] Yamamoto, Y., Umehara, N., Yamashita, Y., Sato, M., Takehara, K. and Sago, H. (2022) Labor Risk Factors for Fetal Heart Rate Abnormality after Combined Spinal-Epidural Analgesia. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, **160**, 892-899. <https://doi.org/10.1002/ijgo.14421>
- [31] Charbonneau, L., Chowdhury, R.A., Marandyuk, B., Wu, R., Poirier, N., Miró, J., *et al.* (2023) Fetal Cardiac and Neonatal Cerebral Hemodynamics and Oxygen Metabolism in Transposition of the Great Arteries. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **61**, 346-355. <https://doi.org/10.1002/uog.26146>
- [32] Irmak, K., Tüten, N., Karaoglu, G., Madazli, R., Tüten, A., Malik, E., *et al.* (2019) Evaluation of Cord Blood Creatine Kinase (CK), Cardiac Troponin T (cTnT), N-Terminal-pro-B-type Natriuretic Peptide (NT-proBNP), and S100b Levels in Nonreassuring Foetal Heart Rate. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **34**, 1249-1254. <https://doi.org/10.1080/14767058.2019.1632285>
- [33] Muraoka, J., Kodama, Y., Ohashi, M., Goto, T. and Sameshima, H. (2021) Intrapartum Fetal Heart Rate Patterns and Perinatal Outcome in Chorioamnionitis at or Beyond 34 Weeks of Gestation. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, **47**, 1110-1117. <https://doi.org/10.1111/jog.14641>