

# 彩色多普勒超声胎儿血流动力学指标监测胎儿宫内窘迫的研究进展

宋娇娇<sup>1</sup>, 陈鲜霞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>青海大学研究生院, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海省人民医院超声科, 青海 西宁

收稿日期: 2022年4月12日; 录用日期: 2022年5月7日; 发布日期: 2022年5月16日

## 摘要

多参数血流动力学监测客观评价胎儿血液循环供血情况, 可早期对胎儿宫内窘迫做出诊断, 指导产科临床采取合理的干预措施, 对减少新生儿器官损伤、降低围产期死亡率、改善围产期保健、预测妊娠结局等具有重要的临床价值。

## 关键词

胎儿窘迫, 血流动力学

# Research Progress of Color Doppler Ultrasound Fetal Hemodynamic Indicators in Monitoring Fetal Distress

Jiaojiao Song<sup>1</sup>, Xianxia Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Qinghai University Graduate School, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Department of Ultrasound, Qinghai Provincial People's Hospital, Xining Qinghai

Received: Apr. 12<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 7<sup>th</sup>, 2022; published: May 16<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Multi-parameter hemodynamic monitoring can objectively evaluate fetal blood circulation and blood supply, which can make an early diagnosis of fetal distress and guide obstetrics to take reasonable intervention measures to reduce neonatal organ damage. It has important clinical value in

reducing perinatal mortality, improving perinatal health care, and predicting pregnancy outcomes.

## Keywords

Fetal Distress, Hemodynamic

Copyright © 2022 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

胎儿窘迫是指子宫内急性或慢性缺氧危及胎儿健康和生命,严重影响母婴安全和生活质量的综合症。这也是新生儿神经系统发育异常、其他器官系统并发症和围产期死亡率[1]的主要原因。一项流行病学调查显示,中国部分地区胎儿窘迫的发生率为 13.65% [2]。因此,提高围产期医学和优生学的质量,预测胎儿窘迫的早期风险,对在临床实践中迅速采取积极、科学的措施具有重要意义。然而,目前对胎儿窘迫及其严重程度的临床判断尚缺乏明确的定量指标。目前主要基于胎儿心率监测和羊水状态,病情不能快速诊断,说明胎儿窘迫的胎儿未得到所需的监测和干预治疗。彩色多普勒血流成像(CDFI)可以显示血管血流,测量其血流阻力指标,并完全反映。

近年来随着多普勒彩超技术发展,因其操作简便、零创伤、实时性强、可重复操作等特点在临床中应用愈来愈广泛,常作为对孕妇胎儿监测的首要辅助检查,在胎儿宫内窘迫中的作用也越来越明显。以彩色多普勒超声检测为基础,适当和及时的干预措施可以帮助降低围产期发病率和死亡率[3]。现就彩色多普勒超声胎儿血流动力学指标在胎儿宫内窘迫的应用进行综述。

## 2. 脐动脉与胎儿窘迫

胎儿脐动脉(umbilical artery, UA)充当胎儿和胎盘之间的纽带,并控制氧气和营养物质的交换。当出现功能障碍时,就会干扰胎儿的正常生长发育。脐动脉血流动力学的变化准确地反映了胎儿胎盘周期的血流动力学状态和胎儿的生理变化。脐动脉血流动力学变化的评估为胎儿窘迫的诊断、预测和评估提供了标准。随着胎龄的增加,胎盘逐渐成熟,绒毛血管发育并继续扩大,这会增加血流量并降低血流阻力[4]。胎儿脐动脉的 S/D、RI 和 PI 直接反映了血管在血液循环过程中的阻力。随着妊娠进展,血流量增加,胎盘循环阻力降低,脐动脉 S/D、PI、RI 水平逐渐降低[5]。但如果胎儿缺氧,胎儿外周血管阻力增加,则脐动脉 PI、RI、S/D 升高。临床多以 S/D 比值  $> 3.0$ 、RI  $> 0.6$  或 S/D 值高于相应孕周 95%百分位为异常[6]。综上所述,彩色多普勒超声通过检测脐动脉血流动力学参数变化,从而反映母体及胎儿的血流量,预测是否发生胎儿窘迫。脐动脉的血供的减少导致脐动脉的 RI 和 PI 的显著增加,而胎儿应激机制的激活旨在缓解缺氧。S/D 及 PI 值越高,说明胎儿宫内缺氧程度越大。

## 3. 大脑中动脉与胎儿窘迫

大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)是颈内动脉的主要分支,向大脑供应约 80%的血液,随着胎龄的增加完成发育,直接反映胎儿脑循环的各种动态变化。当子宫发生缺氧时,保证氧气供应的重要胎儿器官,如大脑和心脏,会使血流动力学发生显著变化,增加脑血流速度,降低脑动脉阻力指数,从而启动“脑保护效应”。在脑保护作用下,胎儿血流重新分布,外周血管阻力增加,脐静脉和静脉导管

内的血流量增加, 含氧量高的静脉血流入心脏, 为大脑提供血液供应。MCA 表现为不同程度的流速增加和阻力降低, 但如果持续缺氧, 胎儿一直处于这种脑保护状态, 则进入失代偿期, 对重要器官是不可逆的。在 MCA 超声上, PI 值、S/D 降低, PSV 上升, 但随着缺氧继续增加颅内压, PI 反而增加。进入失代偿期后, MCA 则出现舒张期血流消失, 甚至呈双相[7]。有学者对无并发症的单胎足月妊娠进行了前瞻性研究, 结果显示 MCA PI ( $r = -0.422, p < 0.001$ ) 在妊娠 37 至 42 周之间随着妊娠的进展显著降低[8]。当大脑主动脉搏流的 S/D、PI、RI 值逐渐下降时, 特别是当出现舒张末期血流量损失的波形时, 这可以预测高危妊娠情况的发生, 如胎儿窘迫。

#### 4. 肾动脉与胎儿窘迫

肾脏是胎儿血液灌流中最常见的器官之一, 肾动脉(renal artery, RA)提供充足的营养。肾动脉阻力指标 S/D、RI、PI 为肾血流阻力指标, 能有效反映肾脏内部供血情况。随着妊娠的进行, 肾动脉内的血管逐渐成熟, 血管直径增大, 血流阻力指数逐渐降低, 保证了胎儿肾脏的正常供血。当胎儿宫内缺氧时, 胎儿血流重新分布, 外周血管发生收缩, 肾动脉舒张期血流减慢, 阻力增加, 肾血流量减少, 当血流重新分布严重时, 舒张末期血流消失, 甚至会出现反向血流。肾动脉血流量的 S/D 比值能有效反映胎盘的血流量和胎盘的外周微循环阻力。S/D 升高说明胎儿供血不足, 胎盘循环阻力高, 提示胎儿缺氧。PI 值可以有效地反映收缩期和周期性的血流速度以及心动周期的血流动力学变化。梁晓冰等对 200 名足月孕妇进行了检查, 根据胎儿是否有宫内窘迫, 将她们分为观察组( $n = 26$ )和对照组( $n = 174$ ), 观察组胎儿脐动脉血流速度(S/D)、脐动脉血流速度(S/D)、阻力指数(RI)、搏动指数(PI)均显著高于对照组, 差异有统计学意义( $p < 0.05$ ) [9]。

#### 5. 主动脉峡部与胎儿窘迫

胎儿主动脉峡部(AOI)是左锁骨下动脉远端主动脉直径略微变细的地方。主动脉弓内的血流直接反映左右心室输出量与外周血管阻力的平衡。当这种不平衡发生时, 胎儿主动脉峡部出现舒张期反流, 说明胎儿宫内缺氧。主动脉峡部靠近心脏, 反映胎儿缺氧时的血流动力学变化。通过分析主动脉峡部的血流动力学比较来评估胎儿宫内缺氧非常重要[10]。胎儿外周血管阻力影响胎儿静脉回流, 当胎儿缺氧时, “脑保护作用”会增加流向大脑、心脏和其他器官的血流量, 并增加流回右心的血流量。因此, 通过动脉导管流向降主动脉的血流在胎儿右心室收缩对 AOI 正向流动的抵抗作用中变得更加明显, 从而改变 AOI 的血流频谱[11], 收缩末期 AOI 血流出现反向流速。罗兵等[12]研究也指出, 彩色多普勒超声不仅可以监测羊水变化量, 还可以监测胎儿血流动力学的变化。产前超声检测羊水、胎儿主动脉峡部相关指标对胎儿窘迫预测有显著价值[13]。

#### 6. 其他血流参数与胎儿窘迫

##### 6.1. 静脉导管与胎儿窘迫

静脉导管位于脐静脉和下腔静脉之间, 是胎儿期循环系统中重要而特殊的血管, 负责将含氧量高的血液直接输送到心脏供血。在胎儿的主要器官(心脏、脑)中, 对胎儿体内高氧血的分布起重要作用, 伴随宫内窘迫的胎儿血流动力学变化发生右心早于左心, 可表现为 A 波减低、并随病情进展发展为消失或反向[14]。

##### 6.2. Tei 指数与胎儿窘迫

Tei 指数作为全心功能的早期评估指标, 可以综合评估心脏的舒张和收缩功能, 具有不受胎儿心脏结

构影响, 可操作性和敏感性高的优点。在胎儿缺氧时, 酸中毒会导致胎儿心肌细胞能量代谢受损, 导致等张收缩延长、射血时间缩短和 Tei 指数增加。因此, Tei 指数的计算可以充分反映胎儿缺氧的严重程度[15]。

## 7. 多参数联合与胎儿窘迫

有研究发现, 胎儿大脑中动脉搏动指数和脐动脉多普勒比值与胎儿窘迫、监测异常、紧急剖宫产等显着相关( $p = 0.006$ )。1.94 临界值的敏感性、特异性、阳性率和阴性率分别为 80.95%、50%、17.5% 和 95.2%。38 周龄胎儿大脑中动脉到与脐动脉比值 1.94 对 38~40 周胎儿发生宫内窘迫的预测价值非常重要[16]。UA 和 MCA 的血流动力学指标可作为评估胎儿窘迫的基础, 并具有评估妊娠结局的重要临床特征[17], 合并诊断对胎儿窘迫具有较高的诊断价值。在预测胎儿宫内缺氧中, 彩超检测胎儿 MCA、UA 联合胎心监护比单纯的胎心监护或者彩色多普勒检测更安全可靠, 可以更及时地发现胎儿宫内缺氧情况[18]。郭林娜等[19]大样本研究表明, 孕 28 周以后, 处于不同胎龄的胎儿 UA 及 MCA 血流动力学参数有着特殊的变化特点, 应联合诊断以便提高胎儿发生宫内缺氧的诊断效能。路炜等[20]对多普勒超声测定肾动脉(RA)、大脑中动脉(MCA)、脐动脉(UA)阻力指数联合血清游离雌三醇(FE3)、激活素 A (ACTA)水平诊断羊水过少胎儿宫内窘迫的价值, 结果发现, 联合预测曲线下面积(AUC)为 0.918,  $AUC > 0.9$ , 具有较高预测价值。胎儿脐动脉(UA)、大脑中动脉(MCA)及静脉导管(DV)的血流动力学参数的联合应用有助于早期预测胎儿窘迫[21]。

综上所述, 彩色多普勒超声作为一种无创性、简单、快捷且敏感高的检查方法, 通过对胎儿脐动脉、大脑中动脉、肾动脉、主动脉峡部、动脉导管等血流动力学变化的监测, 在预测胎儿宫内缺氧方面具有重要的临床应用价值, 以提高胎儿宫内窘迫的诊断效能, 为临床尽早采取干预措施提供依据。

## 参考文献

- [1] Wood, C.E. and Keller-Wood, M. (2019) Current Paradigms and New Perspectives on Fetal Hypoxia: Implications for Fetal Brain Development in Late Gestation. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, **317**, R1-R13. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00008.2019>
- [2] 王流强, 丁芸, 辜艳丽. 超声监测胎儿大脑中动脉和脐动脉血流对胎儿宫内窘迫的诊断价值[J]. 中国数字医学, 2018, 13(6): 69-71.
- [3] Suryavanshi, M.R. and Katakdhond, S.S. (2019) Efficacy of Doppler Velocimetry of the Umbilical Artery in the Defined High-Risk Groups to Determine the Fetal Outcome. *International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and Gynecology*, **8**, 1724-1732. <https://doi.org/10.18203/2320-1770.ijrcog20191543>
- [4] Ciobanu, A., Wright, A., Syngelaki, A., Wright, D., Akolekar, R. and Nicolaides, K.H. (2019) Fetal Medicine Foundation Reference Ranges for Umbilical Artery and Middle Cerebral Artery Pulsatility Index and Cerebroplacental Ratio. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **53**, 465-472. <https://doi.org/10.1002/uog.20157>
- [5] Rizzo, G., Mappa, I., Rizzo, G. and D'Antonio, F. (2021) International Gestational Age-Specific Centiles for Umbilical Artery Doppler Indices: A Longitudinal Prospective Cohort Study of the INTERGROWTH-21st Project. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, **224**, 248-249. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.08.110>
- [6] 李红燕, 顾永忠, 王谢桐. 脐动脉血流监测的临床应用[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2010, 26(2): 92-95.
- [7] 景柏华, 陈倩. 胎儿大脑中动脉血流检测的临床意义[J]. 实用妇产科杂志, 2019, 35(12): 893-896.
- [8] Segev, M., Weissmann-Brenner, A., Weissbach, T., Kassif, E. and Weisz, B. (2021) Intra-Observer Variability of Doppler Measurements in Umbilical Artery (UA) and Middle Cerebral Artery (MCA) in Uncomplicated Term Pregnancies. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/14767058.2021.1888920>
- [9] 梁晓冰, 石波, 贺玉梅. 彩色多普勒超声监测胎儿肾动脉血流对宫内窘迫的预测作用及价值[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(12): 2284-2287.
- [10] 陈倬, 刘晓伟, 韩建成, 赵映, 杨旭, 何怡华. 胎儿超声心动图对正常胎儿主动脉峡部血流频谱分析的研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(8): 672-676.

- [11] 宋桃桃, 解丽梅. 产前超声评价子痫前期患者胎儿主动脉峡部收缩指数的临床价值[J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(11): 1018-1021.
- [12] 罗兵, 董凤群, 王义成, 程志华, 杨瑞敏, 焦桂青, 等. 多普勒超声检测羊水过少胎儿主动脉峡部血流参数的价值[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(6): 540-542.
- [13] 刘梦堃. 产前超声检测羊水和胎儿主动脉峡部预测胎儿窘迫的价值[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(24): 5829-5832.
- [14] 李静, 荆春丽, 陈春梅. 产前超声检测胎儿静脉导管与肺静脉血流频谱在评价高危胎儿心功能及不良预后中的应用[J]. 临床心血管病杂志, 2016, 32(9): 961-964.
- [15] 常贝, 李倩, 贾红娥. 多普勒超声检测 UA、MCA 阻力指数联合 Tei 指数预测胎儿窘迫的价值[J]. 中国现代医学杂志, 2019, 29(22): 63-67.
- [16] Masihi, S., Nikbakht, R., Barati, M., Momen Gharibvand, M. and Jadidi, A. (2019) Association between Fetal Middle Cerebral Artery and Umbilical Artery Doppler Ratio with Fetal Distress in 38-40 Weeks of Gestation. *The Journal of Obstetrics and Gynecology of India*, **69**, 509-513. <https://doi.org/10.1007/s13224-019-01250-2>
- [17] Yin, Q., Zhang, Y., Ma, Q., Gao, L., Li, P. and Chen, X. (2021) The Clinical Value of Blood Flow Parameters of the Umbilical Artery and Middle Cerebral Artery for Assessing Fetal Distress. *American Journal of Translational Research*, **13**, 5280-5286.
- [18] 宇雪豹, 范文涛, 柯和平, 宋晓艳. 胎儿脐动脉和大脑中动脉血流动力学检查联合胎心监护在胎儿宫内缺氧诊断中的价值[J]. 中国妇幼保健, 2018, 33(1): 191-193.
- [19] 郭琳娜, 柴义青, 黄帆, 吴钟瑜, 陈叙, 张志坤. 多普勒超声诊断胎儿宫内缺氧的大样本分析[J]. 天津医药, 2018, 46(4): 406-410.
- [20] 路炜, 牛占杰, 孟腾腾, 单倩倩. 多普勒超声联合血清 FE3、ACTA 预测孕妇羊水过少并胎儿窘迫[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(1): 38-42.
- [21] 张颖, 洪林巍, 王昕. 彩色多普勒超声血流动力学参数预测胎儿窘迫临床意义研究[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2018, 34(1): 110-113.