

# 胎儿主动脉弓缩窄产前超声特征对产后新生儿结局的预测价值

唐玉英,白艳,赵婧,何冠南,马丽琼,袁桃,柏禹竹,李钱梅  
(四川省妇幼保健院超声科,四川 成都 610000)

**【摘要】目的:** 探讨胎儿主动脉弓缩窄(CoA)产前超声特征对产后新生儿结局的预测价值。**方法:** 选取 128 例进行规律产检且产前超声提示胎儿 CoA 孕妇为研究对象,随访至出生后 0~2 周岁,根据出生后超声心动图诊断、手术证实,将新生儿结局分为 A 组(明显缩窄)与 B 组(轻度缩窄+正常)。比较两组产妇及新生儿一般资料、产前超声检查声像图特征[升主动脉内径(AAO)、远端主动脉弓狭窄处内径(DTAD)、狭窄处流速]。采用 Logistic 回归分析 AAO、DTAI、狭窄处流速与新生儿主动脉弓明显缩窄的关系,采用 ROC 分析 AAO、DTAI、狭窄处流速及其联合预测主动脉弓明显缩窄的价值。**结果:** 128 例孕妇随访正常新生儿 11 例,轻度缩窄 31 例,明显缩窄 86 例。A 组产妇年龄、超声检测孕周、BMI、妊娠糖尿病占比均高于 B 组( $P<0.05$ )。A 组 AAO、DTAI 均低于 B 组,A 组狭窄处流速高于 B 组( $P<0.05$ )。Logistic 回归分析校正年龄、超声检测孕周、BMI、妊娠糖尿病占比影响后,AAO、DTAI 值低、狭窄处流速高均是主动脉弓明显缩窄的风险指标( $P<0.05$ )。ROC 分析结果显示,AAO、DTAI、狭窄处流速联合及 DTAI 单独预测新生儿主动脉弓明显缩窄的 AUC 均较高,均具有良好的预测价值。**结论:** 产前 AAO、DTAI 及狭窄处流速在预测新生儿主动脉弓明显缩窄中具有重要临床价值,其中 DTAI 的预测价值最高,临床可优先采用 DTAI 进行预测,AAO、狭窄处流速作为辅助预测指标。

**【关键词】** 主动脉弓缩窄;新生儿结局;产前超声  
**【中图分类号】** R714.5      **【文献标志码】** A

## Predictive value of prenatal ultrasound characteristics of fetal constriction of the aorta in postpartum neonatal outcomes

TANG Yu-ying,BAI Yan,ZHAO Jing,HE Guan-nan,MA Li-qiong,YUAN Tao,BAI Yu-zhu,LI Qian-mei  
(Department of Ultrasound,Sichuan Provincial Maternity and Child Health Care Hospital,Chengdu 610000,Sichuan,China)

**【Abstract】Objective:** To explore the predictive value of prenatal ultrasound characteristics of fetal constriction of the aorta (CoA) in postpartum neonatal outcomes. **Methods:** A total of 128 pregnant women with fetal CoA indicated by prenatal ultrasound who underwent regular prenatal examinations were enrolled,and all were followed up till 0~2 years old after fetal birth. According to echocardiographic diagnosis and surgical confirmation after birth,neonatal outcomes were divided into group A (significant constriction) and group B (mild constriction + normal). The maternal and neonatal general data and prenatal ultrasonogram characteristics [ascending aortic diameter (AAO),distal transverse aortic arch (DTAA),flow velocity at the stenosis site] in the two groups were compared. The relationship between AAO,DTAA,flow velocity at the stenosis site and significant CoA was analyzed by Logistic regression analysis,and predictive value of AAO,DTAA,flow velocity at the stenosis site and combined detection in significant CoA was analyzed by ROC curves. **Results:** Among 128 pregnant women after follow-up,there were 11 cases with normal neonates,31 cases with mild constriction and 86 cases with significant constriction. The age of puerperae,gestational weeks detected by ultrasound,BMI and proportion of gestational diabetes mellitus in group A were higher than those in group B ( $P<0.05$ ). AAO and DTAI in group A were lower than those in group B,and flow velocity at the stenosis site was faster than that in group B ( $P<0.05$ ). After correcting the influences of age,gestational age detected by ultrasound,BMI and the proportion of gestational diabetes mellitus,Logistic regression analysis showed that low AAO,low DTAA and high flow velocity at the stenosis site were risk factors of significant CoA ( $P<0.05$ ). The results of ROC curves analysis showed that AUC values of AAO combined with DTAA and flow velocity at the stenosis site,and DTAI alone for predicting significant CoA were greater,showed good predictive value. **Conclusion:** Prenatal AAO,DTAI and flow velocity at the stenosis site have significant clinical predictive value in CoA. Among them,DTAI has the highest predictive value. In clinical

practice,DTAI can be the first choice for prediction,while AAO and flow velocity at the stenosis site can be applied as auxiliary predictive indexes.

【Key words】Constriction of the aorta; Neonatal outcome; Prenatal ultrasound

先天性心脏病是最常见的出生缺陷之一,是导致婴幼儿死亡和致残的主要原因<sup>[1]</sup>。主动脉弓缩窄(coarctation of the aorta, CoA)指先天性主动脉弓降部缩窄,通常发生在左锁骨下动脉远端、动脉导管插入点周围,是导管依赖性先天性心脏病<sup>[2]</sup>。该病变的特征是主动脉弓局限性狭窄,常发生于主动脉峡部,可合并其他心内畸形,以合并室间隔缺损最常见,也可同时合并两种以上或复杂心内结构畸形。CoA 会导致左心室后负荷增加,迅速引发新生儿严重心力衰竭、休克、甚至死亡<sup>[3-4]</sup>。然而,受胎儿-母体血流循环特殊性等因素限制,产前准确诊断 CoA 并精准预测其产后结局,一直是胎儿心脏病学领域的重大挑战与核心目标<sup>[5]</sup>。在这一预测体系中,产前超声所评估的缩窄严重程度,是决定新生儿结局关键<sup>[6]</sup>。对于存在明显解剖结构狭窄或合并其他心内畸形的胎儿,其危害在出生后即刻显现且极为凶险,可导致新生儿迅速出现严重的低心排血量、低氧血症、代谢性酸中毒等严重并发症,危及新生儿生命<sup>[7]</sup>。相比之下,轻度缩窄的胎儿由于狭窄程度不重,在动脉导管闭合后,侧支循环得以逐渐建立代偿,患儿可能在新生儿期甚至婴儿期仅表现为轻微或无症状<sup>[8]</sup>。目前国内外对 CoA 胎儿产前超声特征与产后手术需求的相关性分析尚不够充分,缺乏对多维超声特征与精细化新生儿结局的系统性预测模型研究。因此,本研究通过分析胎儿 CoA 的产前超声特征与产后预后之间的关联,以辅助对 CoA 患儿从胎儿期到婴幼儿期的无缝衔接和个体化精准管理,最终改善其长期预后。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2023 年 7 月四川省妇幼保健院进行规律产检且产前超声提示胎儿 CoA 的 128 例孕妇为研究对象,随访至出生后 0~2 周岁,根据超声心动图诊断或手术证实,将新生儿结局分

为 A 组(明显缩窄,含中度缩窄和重度缩窄)、B 组(轻度缩窄和正常)。明显缩窄:产后新生儿主动脉弓局部明显狭窄,主动脉峡部或缩窄段直径与横膈膜水平降主动脉直径之比 $\leq 0.5$ ,狭窄处流速 $\geq 3.0$  m/s;轻度缩窄:产后新生儿主动脉弓局部稍窄,缩窄段直径与横膈膜水平降主动脉直径之比 $>0.5$ ,狭窄处流速 $>1.5$  m/s, $<3.0$  m/s。正常新生儿:产后新生儿主动脉弓内径正常,降主动脉流速 $\leq 1.5$  m/s。

纳入标准:(1)产前超声提示胎儿 CoA<sup>[9]</sup>;主动脉弓局部细窄,流速快,升主动脉内径细,心室比例失调(右室横径/左室横径 $>1.6$ ),大动脉比例失调(肺动脉内径/主动脉内径 28 周前 $\geq 1.46$ ,28 周后 $\geq 1.85$ );(2)均为单胎;(3)产妇年龄 20~45 岁;(4)产妇及家属知情同意;(5)本研究通过本院伦理委员会审批。排除标准:(1)新生儿畸形;(2)合并其他严重脏器功能障碍新生儿;(3)其他遗传疾病新生儿。

### 1.2 方法

产前超声检查:孕 22~32 周(中位孕周 26 周)采用 GE Voluson E10、三星 W10、飞利浦 Elite 等高档彩色多普勒超声仪。孕妇仰卧位或侧卧位使用多切面连续扫查,在主动脉弓长轴切面、主动脉弓冠状切面、三血管气管切面动态观察升主动脉及远端主动脉弓情况,在图像清晰前提下测量远端主动脉弓最窄处内径(DTAI),在左室流出道切面测量升主动脉内径(AAO),在主动脉弓最窄处获取狭窄处流速。见图 1。

### 1.3 观察指标

(1)比较产妇[年龄、超声检测孕周、体质质量指数(BMI)、分娩方式、合并疾病等]和新生儿(性别、出生胎龄)一般资料;(2)比较两组孕妇产前 AAO、DTAI、狭窄处流速;(3)采用 Logistic 回归分析校正一般资料影响后,分析 AAO、DTAI、狭窄处流速与新生儿主动脉弓明显缩窄的关系;(4)采用受试者工作特征(ROC)曲线分析 AAO、DTAI、狭窄处流速及其联合预测新生儿主动脉弓明显缩窄的价值。



图 1 产前超声检查

A. 主动脉弓长轴切面测量峡部最窄处内径;B. 主动脉弓冠状切面测量最窄处内径;C. 三血管气管切面测量主动脉弓最窄处内径;D. 左室流出道切面测量升主动脉内径;E. 主动脉弓狭窄处测血流速度。

1.4 统计学分析

各组数据分析采用 SPSS 27.0 统计学软件。满足正态分布且方差齐的计量资料采用( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用两样本独立  $t$  检验比较组间差异;计数资料用[ $n(\%)$ ]表示,组间差异采用独立样本  $\chi^2$  检验,采用 Logistic 回归分析 AAO、DTAI、狭窄处流速与新生儿主动脉弓明显缩窄的关系,采用 ROC 分析 AAO、DTAI、狭窄处流速及其联合预测新生儿主动脉弓明显缩窄的价值。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 新生儿结局

128 例随访至出生后 0~2 周岁,主动脉弓明显缩窄 86 例,其中合并复杂心内畸形 5 例,未足月终止妊娠;37 例新生儿因中重度缩窄或合并其他心内畸形(室间隔缺损、肺动脉狭窄等)行手术治疗;44 例新生儿为孤立 CoA 或合并轻微心血管畸形者超声心动图随诊,计划择期手术。轻度缩窄 31 例,正常 11 例,均定期超声心动图随诊观察,生长发育可,目前无明显不适。见表 1。

| 表 1 新生儿结局              |     |        |
|------------------------|-----|--------|
| 新生儿结局                  | 例数  | 百分比(%) |
| 主动脉弓明显缩窄               | 86  | 67.19  |
| 合并复杂心内畸形               | 5   | 3.91   |
| 合并其他心内畸形(室间隔缺损、肺动脉狭窄等) | 37  | 28.91  |
| 孤立 CoA/合并轻微心血管畸形       | 44  | 34.38  |
| 轻度缩窄                   | 31  | 24.22  |
| 正常                     | 11  | 8.59   |
| 合计                     | 128 | 100.00 |

2.2 产妇和新生儿一般资料比较

A 组和 B 组出生胎龄、分娩方式、妊娠高血压、新生儿性别比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。A 组产妇年龄、超声检测孕周、BMI、妊娠糖尿病占比均高于 B 组( $P<0.05$ )。见表 2。

2.3 两组产前超声参数比较

两组产前 AAO、DTAI、狭窄处流速比较,A 组 AAO、DTAI 均低于 B 组( $P<0.001$ );狭窄处流速高于 B 组( $P<0.05$ )。见表 3。

2.4 Logistic 回归分析 AAO、DTAI、狭窄处流速与新生儿主动脉弓明显缩窄的关系

Logistic 回归分析校正产妇年龄、超声检测孕周、BMI、妊娠糖尿病占比影响后,采用变量赋值 A 组=1,B 组=0,结果显示,AAO、DTAI 低值、狭窄处流速高均是预测新生儿主动脉弓明显缩窄的风险指标( $P<0.05$ )。见表 4。

表 2 产妇和新生儿一般资料比较[ $n(\%)$ , $\bar{x} \pm s$ ]

| 资料                      | A 组( $n=86$ )    | B 组( $n=42$ )    | $t/\chi^2$ 值 | $P$ 值  |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------|--------|
| 产妇年龄(岁)                 | 29.69 $\pm$ 4.06 | 25.14 $\pm$ 4.14 | 4.614        | <0.001 |
| 超声检测孕周(周)               | 28.16 $\pm$ 3.16 | 25.34 $\pm$ 3.08 | 4.779        | <0.001 |
| 出生胎龄(周)                 | 38.59 $\pm$ 4.99 | 38.74 $\pm$ 5.34 | 0.260        | 0.796  |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) | 29.06 $\pm$ 1.13 | 28.45 $\pm$ 1.46 | 2.599        | 0.011  |
| 分娩方式                    |                  |                  | 2.568        | 0.109  |
| 剖宫产                     | 21(24.42)        | 16(38.10)        |              |        |
| 顺产                      | 65(75.58)        | 26(61.90)        |              |        |
| 妊娠高血压                   |                  |                  | 0.116        | 0.734  |
| 是                       | 25(29.07)        | 11(26.19)        |              |        |
| 否                       | 61(70.93)        | 31(73.81)        |              |        |
| 妊娠糖尿病                   |                  |                  | 7.746        | 0.005  |
| 是                       | 38(44.19)        | 8(19.05)         |              |        |
| 否                       | 48(55.81)        | 34(80.95)        |              |        |
| 新生儿性别                   |                  |                  | 0.017        | 0.897  |
| 男                       | 42(48.84)        | 20(47.62)        |              |        |
| 女                       | 44(51.16)        | 22(52.38)        |              |        |

表 3 两组产前超声参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别            | AAO(mm)         | DTAI(mm)        | 狭窄处流速(m/s)      |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A 组( $n=86$ ) | 3.12 $\pm$ 1.03 | 1.55 $\pm$ 0.35 | 1.14 $\pm$ 0.28 |
| B 组( $n=42$ ) | 4.01 $\pm$ 1.15 | 2.38 $\pm$ 0.45 | 0.84 $\pm$ 0.24 |
| $t$ 值         | 4.416           | 11.440          | 5.954           |
| $P$ 值         | <0.001          | <0.001          | <0.001          |

表 4 Logistic 回归分析 AAO、DTAI、狭窄处流速与新生儿主动脉弓明显缩窄的关系

| 因素    | $\beta$ 值 | SE 值  | Wald 值 | OR 值  | 95%CI        | $P$ 值  |
|-------|-----------|-------|--------|-------|--------------|--------|
| AAO   | -1.293    | 0.334 | 14.962 | 0.274 | 0.143~0.528  | <0.001 |
| DTAI  | -0.500    | 0.209 | 5.723  | 0.607 | 0.403~0.914  | 0.017  |
| 狭窄处流速 | 1.871     | 0.872 | 4.604  | 6.495 | 1.176~35.878 | 0.032  |

2.5 ROC 分析 AAO、DTAI、狭窄处流速及其联合预测新生儿主动脉弓明显缩窄的价值

AAO、DTAI、狭窄处流速联合及 DTAI 单独预测新生儿主动脉弓明显缩窄的 AUC 均较高,均具有良好的预测价值。见表 5。

表 5 AAO、DTAI、狭窄处流速及其联合预测新生儿主动脉弓明显缩窄的 ROC 参数

| 变量    | AUC 值 | SE 值  | 95%CI       | 敏感度<br>(%) | 特异度<br>(%) | 截断值      | $P$ 值  |
|-------|-------|-------|-------------|------------|------------|----------|--------|
| AAO   | 0.699 | 0.049 | 0.603~0.794 | 78.60      | 57.00      | 3.265 mm | <0.001 |
| DTAI  | 0.931 | 0.025 | 0.881~0.980 | 90.50      | 83.70      | 1.76 mm  | <0.001 |
| 狭窄处流速 | 0.790 | 0.040 | 0.712~0.867 | 81.00      | 64.00      | 0.99 m/s | <0.001 |
| 联合    | 0.929 | 0.029 | 0.872~0.986 | 85.70      | 90.70      | —        | <0.001 |

3 讨论

随着高分辨率胎儿超声心动图技术的飞速发展和普及,先天性心脏病的产前诊断率得到了前所未有的提升<sup>[10]</sup>。CoA 作为预后差异巨大的疾病,在很大程度上取决于诊断的早晚、是否伴有其他严重心脏畸形、以及治疗是否及时和成功。其产前精准评估已成为胎儿心脏病学领域的焦点和难点<sup>[11]</sup>。主动脉弓明显缩窄会导致流向体循环的血流通道骤然



受阻,构成危及生命的“新生儿危重主动脉缩窄”。产前诊断的价值不仅在于发现异常,更能够准确预测出生后的病理严重程度,从而指导个体化的围产期管理<sup>[12]</sup>。

本研究结果显示,A 组 AAO、DTAI 值均低于 B 组,狭窄处流速高于 B 组。AAO、DTAI 低值、狭窄处流速高均是预测新生儿主动脉弓明显缩窄的风险指标;DTAI 单独预测主动脉弓明显缩窄的价值最高,AAO、DTAI 和狭窄处流速联合检测可以进一步提高预测的特异度。结果提示,临床上可优先采用 DTAI 指标进行单独预测,辅以 AAO、狭窄处流速检查,进一步提高预测的特异度。主动脉弓缩窄是一种解剖结构性疾病,主要病理基础是主动脉弓(特别是峡部)狭窄,可以影响整个左心系统-主动脉路径的血流动力学<sup>[13]</sup>。在胎儿期,由于循环主要依赖于左、右心室共同射血,且右心系统占优势,右心排血量比左心排血量多 20%~30%<sup>[14]</sup>。因此,大部分胎儿期主动脉及主动脉弓明显缩窄处流速不会像出生后一样,表现出明显增高,但会明显高于同胎龄正常胎儿。黄雨等<sup>[15]</sup>研究结果显示,CoA 胎儿 AAO 小于正常胎儿,远端横弓及峡部发育不良是主动脉缩窄的一部分,这意味着缩窄的病变范围更广,程度更重,本研究结果与其类似。AAO、DTAI、狭窄处流速这三个指标完整地反映了主动脉弓缩窄的病理生理核心,其中 DTAI 最为关键<sup>[16]</sup>。DTAI 通过主动脉弓最窄处内径,可以直观反映结构性狭窄的程度,直接量化病变特征,且不受胎儿循环代偿机制等因素干扰,稳定性好,诊断价值更高。

本研究通过整合 AAO、DTAI 与狭窄处流速的动态演变规律,优化预测阈值,且通过 ROC 参数和 ROC 曲线图拟定各指标的截断值(DTAI:1.76 mm、狭窄处流速:0.99 m/s、AAO:3.265 mm)。截断值可以为临床诊疗提供清晰的决策分界线,其中 DTAI 低于截断值 1.76 mm 可提示新生儿出生后主动脉弓明显缩窄可能性大,临床医生应进一步检查,全面评估心脏结构及预后,并制定针对性治疗策略。若 DTAI 高于截断值 1.76 mm 提示新生儿可能为轻度缩窄或正常,可以同时结合 AAO、狭窄处流速等其他指标进行综合判断,定期监测、随访。

综上,产前胎儿 AAO、DTAI 及狭窄处流速在预测新生儿主动脉弓明显缩窄中具有重要临床价值,临床可优先采用 DTAI 进行预测,AAO、狭窄处流速作为辅助预测指标,以截断值作为参考,共同指导临床诊疗,实现早期干预并改善新生儿结局。

## 参考文献

- [1] 吴娟,张玲玲,齐欣欣,等.超声血流成像评估先天性心脏病胎儿母体螺旋动脉[J].中国超声医学杂志,2025,41(1):58-61.
- [2] Villalain C,D'Antonio F,Flacco ME,et al. Diagnostic accuracy of prenatal ultrasound in coarctation of aorta: systematic review and individual participant data meta-analysis[J]. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology,2024,63(4):446-456.
- [3] Chetan D, Mertens LL. Challenges in diagnosis and management of coarctation of the aorta[J]. Current Opinion in Cardiology,2022,37(1):115-122.
- [4] Cherpak BV, Davydova YV, Kravchenko VI,et al. Management of percutaneous treatment of aorta coarctation diagnosed during pregnancy[J]. Journal of Medicine and Life,2022,15(2):208-213.
- [5] Wang HH,Wang XM,Zhu M,et al. A clinical prediction model to estimate the risk for coarctation of the aorta:From fetal to newborn life[J]. Journal of Obstetrics and Gynaecology Research,2022,48(9):2304-2313.
- [6] 牟孙凡,李倩,王媛,等.孕中晚期胎儿主动脉弓狭窄的超声诊断参数分析及其影响因素分析[J].现代生物医学进展,2023,23(8):1551-1554,1595.
- [7] 管海辰,王晓芳,周启昌,等.胎儿主动脉弓离断的超声心动图和病理学超微结构特征[J].中南大学学报(医学版),2024,49(4):595-602.
- [8] Geggel RL. Coarctation of the aorta:delay in diagnosis and referral basis from infancy to adulthood[J]. The Journal of Pediatrics,2022,242:57-62.
- [9] 中华医学会超声医学分会妇产超声学组.胎儿主动脉缩窄超声检查中国专家共识(2022 版)[J].中华超声影像学杂志,2022,31(3):203-207.
- [10] 申俊君,潘微,张旭,等.产前超声诊断主动脉缩窄的相关指标及其价值研究[J].中华超声影像学杂志,2019,28(6):505-510.
- [11] Arya B,Maskatia SA. Coarctation of the aorta:Prenatal assessment,postnatal management and neonatal outcomes[J]. Seminars in Perinatology,2022,46(4):151584.
- [12] 李天刚,聂芳,杨兰,等.二维联合时间-空间关联成像在胎儿主动脉弓缩窄诊断中的应用[J].中国医学影像学杂志,2020,28(9):696-699.
- [13] El Sherif NE,Taggart NW. Covered stents in the management of aortic coarctation and right ventricular outflow tract obstruction[J]. Current Cardiology Reports,2022,24(1):51-58.
- [14] 李胜利,罗国阳.胎儿畸形产前超声诊断学[M].第 2 版.北京:科学出版社,2017.
- [15] 黄雨,申俊君,杨柳青,等.胎儿主动脉缩窄超声心动图诊断指标的综合评估[J].岭南心血管病杂志,2024,30(2):167-175.
- [16] Limongelli G,Monda E,Lioncino M,et al. Aortic root diameter in highly-trained competitive athletes:reference values according to sport and prevalence of aortic enlargement[J]. Canadian Journal of Cardiology,2023,39(7):889-897.

(收稿日期:2025-10-25

修回日期:2025-12-31)